

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



**TESIS DE GRADO**

**EVALUACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE FORRAJE HIDROPÓNICO  
EN CEBADA (*Hordeum vulgare*) A DIFERENTES DOSIS DE  
CALDO DE HUMUS DE LOMBRIZ EN LA ESTACIÓN  
EXPERIMENTAL DE PATACAMAYA**

**POR:**

**IVER GONZALO CONDORI GUTIERREZ**

**LA PAZ – BOLIVIA**

**2019**

**UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRES**  
**FACULTAD DE AGRONOMIA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA**

**EVALUACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE FORRAJE HIDROPÓNICO EN  
CEBADA (*Hordeum vulgare*) A DIFERENTES DOSIS DE CALDO DE HUMUS  
DE LOMBRIZ EN LA ESTACIÓN EXPERIMENTAL DE PATACAMAYA**

*Tesis de Grado como requisito*

*parcial para optar el Título de*

*Ingeniero Agrónomo*

**IVER GONZALO CONDORI GUTIERREZ**

**Asesores:**

Ing. M.Sc. Medardo Wilfredo Blanco Villacorta .....

**Tribunal Revisor:**

Ing. Simon Cocarico Yana .....

Ing. M.Sc. Carlos Lopez Blanco .....

Ing. M.Sc. Marcelo Tarqui Delgado .....

**APROBADA**

Presidente Tribunal Examinador .....

**DEDICATORIA:**

*A las personas más importantes en mi vida que siempre estuvieron listas para brindarme toda su ayuda, ahora me toca regresar un poquito de todo lo inmenso que me han otorgado.*

*Con todo mi cariño esta tesis se las dedico a ustedes;*

*Papá Teodosio Condori Alfaro, Mamá Fernanda Gutiérrez Mamani (Q.E.P.D.)*

*A mis Hermanos (Sofía, Ángel, Johnny; María) y mis queridos sobrinos (Kevin, Anthony, Luigi, Graciela, Carla, Yomara, Daniela)*

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios por darme la vida y estar siempre presente en todas mis actividades guiandome por el camino del bien y ayudandome siempre a levantarme en los momentos más difíciles.

A mis padres Teodocio Condori Alfaro, Fernanda Gutierrez Mamani por brindarme su apoyo incondicional durante toda mi formación profesional.

A la carrera de Ingenieria Agronómica, De la Facultad de Agronomía de la Universidad Mayor de San Andres, por abrirme las puertas del conocimiento científico y de esta manera darme la oportunidad de estudiar y superarme.

A todos los docentes de la carrera de Ingenieria Agronomica, por proporcionarme una formación científica y humana que seran los pilares fundamentales para el desarrollo de mi profeción.

A mi asesor de tesis Ing. M.Sc. Wilfredo Blanco, por asesorarme en mi tesis y facilitar todas las herraminetas para la elaboración de este trabajo.

## CONTENIDO

ÍNDICE DE TEMAS .....	i
ÍNDICE DE CUADROS .....	vi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	vii
INDICE DE ANEXOS.....	viii
RESUMEN.....	ix
SUMMARY.....	x

## ÍNDICE DE TEMAS

1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. OBJETIVOS .....	2
1.1.1. Objetivo general .....	2
1.1.2. Objetivos específicos .....	2
1.1.3. Hipótesis.....	2
2. REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
2.1. La hidroponía.....	3
2.2. Hidroponía simplificada.....	4
2.3. Forraje verde hidropónico .....	5
2.3.1. Forraje.....	5
2.3.2. Forraje verde hidropónico .....	5
2.4. Ventajas y desventajas del forraje verde hidropónico .....	6
2.4.1. Ventajas del forraje verde hidropónico.....	6
2.4.2. Desventajas del forraje verde hidropónico .....	7

2.5.	Producción de forraje verde hidropónico.....	7
2.5.1.	Selección de semillas .....	8
2.5.2.	Lavado y desinfección de la semilla.....	8
2.5.3.	Pre-germinación .....	8
2.5.4.	Germinación .....	9
2.5.5.	Siembra de la semilla .....	9
2.5.6.	Riego.....	9
2.5.7.	Riego con solución nutritiva .....	10
2.5.7.1.	pH de la solución nutritiva .....	10
2.5.8.	Cosecha .....	11
2.5.9.	Rendimiento .....	11
2.6.	El cultivo de la cebada .....	13
2.6.1.	Variedades lanzadas .....	13
2.6.2.	Clasificación Taxonómica de la cebada .....	13
2.6.3.	Características de la cebada .....	14
2.6.4.	Requerimientos nutritivos de la cebada bajo sistema hidropónico ...	14
2.6.5.	Rendimientos del cultivo de cebada .....	15
2.6.5.1.	Rendimientos de cebada en campo .....	15
2.6.5.2.	Rendimientos de cebada bajo sistema hidropónico.....	15
2.7.	Humus .....	16
2.8.	Humus de lombriz.....	16
2.8.1.	Composición del humus de lombriz .....	17
2.8.2.	Características del humus de lombriz .....	17
2.8.3.	Las características más importantes del humus de lombriz son:.....	18

2.8.4.	Propiedades del humus de lombriz.....	19
2.8.4.1.	Propiedades químicas.....	19
2.8.4.2.	Propiedades físicas.....	20
2.8.4.3.	Propiedades biológicas.....	20
2.8.4.4.	Propiedades nutricionales.....	20
2.8.5.	Té o caldo de humus de lombriz.....	21
2.8.6.	Acción del té de humus como abono foliar.....	21
2.8.7.	Acción del caldo de humus de lombriz en la hidroponía.....	21
3.	LOCALIZACIÓN.....	23
3.1.	Características Climáticas.....	24
3.2.	Temperatura.....	24
4.	MATERIALES Y METODOS.....	25
4.1.	Materiales.....	25
4.1.1.	Material biológico.....	25
4.1.2.	Materiales e insumos.....	25
4.1.3.	Material de laboratorio.....	25
4.1.4.	Material de gabinete.....	26
4.2.	Método.....	26
4.2.1.	Obtención del material biológico.....	26
4.2.2.	Acondicionamiento de las bandejas hidropónicas.....	26
4.2.3.	Acondicionamiento de la infraestructura hidropónica.....	27
4.2.4.	Área obscura.....	28
4.2.5.	Proceso de hidratación y siembra de semilla.....	28
4.2.6.	Evaluación de crecimiento de FVH.....	29

4.2.7.	Elaboración y aplicación del abono foliar caldo de humus de lombriz 30	
4.3.	Variables de respuesta .....	30
4.4.	Diseño experimental .....	31
4.4.1.	Modelo lineal aditivo DCA.....	31
4.4.2.	Croquis del experimento .....	32
4.4.3.	Descripción de los tratamientos .....	32
5.	RESULTADOS Y DISCUSIONES .....	33
5.1.	Variables de respuesta .....	33
5.2.	Determinación de germinación de semillas .....	33
5.3.	Determinación de altura de planta .....	34
5.3.1.	Análisis de varianza de altura .....	34
5.3.2.	Comparación de medias en desarrollo de altura de FVH.....	35
5.4.	Análisis de rendimiento de forraje verde hidropónico .....	36
5.4.1.	Rendimiento en materia verde .....	36
5.4.1.1.	Análisis de varianza del rendimiento de materia verde .....	36
5.4.1.2.	Comparación de medias en rendimiento de materia verde.....	37
5.4.2.	Rendimiento en materia seca .....	39
5.4.2.1.	Análisis de varianza de materia seca .....	39
5.4.2.2.	Comparación de medias de rendimiento de materia seca .....	39
5.5.	Análisis de calidad nutritiva de FVH.....	41
5.5.1.	Nitrógeno total .....	42
5.5.2.	Materia orgánica .....	42
5.5.3.	Fósforo total.....	43

5.5.4.	Cenizas .....	44
5.5.5.	Potasio total.....	45
5.5.6.	Proteína cruda .....	45
5.6.	Análisis de evaluación económica .....	46
5.6.1.	Costos de producción .....	46
5.6.2.	Análisis de variables económicas .....	47
5.6.2.1.	Ingreso de la producción del FVH .....	47
5.6.2.2.	Relación Beneficio/Costo para cada tratamiento de FVH .....	47
6.	CONCLUSIONES .....	49
7.	RECOMENDACIONES.....	51
8.	BIBLIOGRAFIA.....	52
<b>ANEXOS</b>	.....	<b>60</b>

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1.	Clasificación taxonómica de la cebada .....	13
Cuadro 2.	Comparación bromatológica de la cebada en diferentes formas.....	16
Cuadro 3.	Porcentaje de germinación de las semillas .....	33
Cuadro 4.	Análisis de varianza de altura de planta.....	34
Cuadro 5.	Comparación de desarrollo de altura de FVH .....	35
Cuadro 6.	Análisis de Varianza para el rendimiento de la materia verde.....	37
Cuadro 7.	Rendimiento de materia verde .....	37
Cuadro 8.	Análisis de Varianza para la materia seca .....	39
Cuadro 9.	Rendimiento en materia seca .....	40
Cuadro 10.	Datos de laboratorio del análisis bromatológico.....	41
Cuadro 11.	Costos de producción por cada tratamiento.....	46
Cuadro 12.	Ingresos de la producción del forraje verde hidropónico .....	47
Cuadro 13.	Relación Beneficio/Costo para cada tratamiento .....	47
Cuadro 14.	Análisis de costos de producción, rendimiento y B/C.....	48

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Ubicación de la Provincia Aroma .....	23
Figura 2.	Ubicación del Centro Experimental de Patacamaya .....	24
Figura 3.	Bandejas con perforaciones en la base .....	27
Figura 4.	Interior del ambiente.....	27
Figura 5.	Área oscura.....	28
Figura 6.	Hidratación de la semilla con agua destilada .....	28
Figura 7.	Oreo y siembra de la semilla .....	29
Figura 8.	Altura de la cebada.....	30
Figura 9.	Germinación de las semillas de cebada .....	33
Figura 10.	Prueba de duncan de la altura de la planta .....	36
Figura 11.	Rendimiento en materia verde .....	38
Figura 12.	Rendimiento en materia seca .....	40
Figura 13.	Análisis del forraje verde hidropónico para nitrógeno total .....	42
Figura 14.	Análisis del forraje verde hidropónico para la materia orgánica .....	43
Figura 15.	Análisis del forraje verde hidropónico para el fosforo total .....	44
Figura 16.	Análisis del forraje verde hidropónico para la ceniza .....	44
Figura 17.	Análisis del forraje verde hidropónico para el potasio total.....	45
Figura 18.	Análisis del forraje verde hidropónico para la proteína cruda .....	46

## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1.	Ambiente del estudio de investigación.....	61
Anexo 2.	Bandejas hidropónicas .....	61
Anexo 3.	Bandejas con perforaciones en la base.....	62
Anexo 4.	Interior del ambiente, para el área oscura .....	62
Anexo 5.	Interior del ambiente, para el área clara .....	63
Anexo 6.	Desinfección de la semilla con agua destilada.....	63
Anexo 7.	Pesaje y preparación del caldo de humus de lombriz .....	64
Anexo 8.	Oreo de la semilla .....	64
Anexo 9.	Semillas de cebada en la fase de germinación.....	65
Anexo 10.	siembra en las bandejas .....	65
Anexo 11.	Estante con las bandejas para la producción .....	66
Anexo 12.	Porcentajes de emergencia de las plántulas .....	66
Anexo 13.	Bandejas de la investigación con los diferentes tratamientos.....	67
Anexo 14.	Medición de la altura de la plántula.....	67
Anexo 15.	Registro de las temperaturas máximas, mínimas y el promedio del mismo ambiente.....	68
Anexo 16.	Registro de la humedad relativa y el promedio del mismo ambiente .....	68
Anexo 17.	Respaldo de laboratorio del tratamiento 1.....	69
Anexo 18.	Respaldo de laboratorio del tratamiento 2.....	70
Anexo 19.	Respaldo de laboratorio del tratamiento 3.....	71
Anexo 20.	Respaldo de laboratorio del tratamiento 4.....	72

## RESUMEN

La investigación se realizó en el departamento de La Paz, Provincia Aroma, Municipio de Patacamaya. En los predios de la Estación Experimental de Patacamaya, Facultad de agronomía – UMSA, la cual está ubicada a una altitud de 3789 msnm, entre las Coordenadas geográficas: 17°15'41" de Latitud sur y 67°56'39" Longitud oeste del meridiano de Greenwich.

El objetivo fue evaluar la producción de FVH en cebada (*hordeum vulgare*) a diferentes dosis de caldo de humus de lombriz en la Estación Experimental de Patacamaya; las dosis del caldo de humus de lombriz fueron 4, con semilla de cebada de var. Cervecera, en bandejas teniendo un total de 64 y 8 bandejas por tratamiento.

Se adoptó el diseño completamente al azar, evaluando el tipo de forraje y los niveles de abonamiento de 0%, 5%, 10% y 15% de caldo de humus de lombriz en agua, de acuerdo a los resultados obtenidos existe una influencia en los factores agronómicos y calidad nutricional.

En la evaluación de la variable altura de planta de FVH se observó una diferencia significativa entre tratamientos, donde el T3 presento promedio de 19,0 cm superando a los T2, T4 y T1 con 7,7 cm como el mínimo.

En el rendimiento de materia verde se observó que los rangos fueron, 13,9 Kg/m<sup>2</sup> a 10,0 Kg/m<sup>2</sup> a diferencia del rendimiento de la materia seca 3,1 Kg/m<sup>2</sup> a 1,1 Kg/m<sup>2</sup>.

El análisis nutricional del FVH en la cebada con la aplicación de diferentes dosis de caldo de humus de lombriz es altamente nutritivo en los tratamientos T3 y T2 a diferencia de los tratamientos del T4 y T1 que son pobres nutricionalmente.

De acuerdo en el análisis económico preliminar, se establece que el tratamiento T3 con un B/C de 1,48 Bs. Seguido del T2, a diferencia del T4 y T1. Donde se concluye que el T3 y T2 son económicamente factibles para la producción con un 5 % y 10% de dosis.

## SUMMARY

The investigation was conducted in the department of La Paz, Aroma Province, Municipality of Patacamaya. On the grounds of the Experimental Station of Patacamaya, Faculty of agronomy - UMSA, which is located at an altitude of 3789 meters above sea level, between the geographic coordinates: 17 ° 15'41 "south latitude and 67 ° 56'39" west longitude of the Greenwich meridian.

The objective was to evaluate the production of hydroponic forage in barley (*hordeum vulgare*) at different doses of earthworm humus broth in the experimental station of Patacamaya; the doses of earthworm humus broth were four, the barley seed used was var. Brewery, in trays having a total of 64, 8 trays per treatment.

The design was adopted completely at random, evaluating the type of forage and the levels of foliar fertilization at levels of 0, 5, 10 and 15% of humus broth in the irrigation water, according to the results obtained there is an influence on the agronomic factors and nutritional quality.

In the evaluation of the plant height variable of FVH a significant difference between treatments was observed, where the T3 presented an average of 19.00 cm exceeding the T2, T4 and T1 with an average of 7,7 cm.

In the yield of green matter it was observed that the ranges were 13,9 Kg/m<sup>2</sup> to 10,0 Kg/m<sup>2</sup> as opposed to the yield of dry matter 3,1 Kg/m<sup>2</sup> to 1,1 Kg/m<sup>2</sup>.

The nutritional analysis of the FVH in the barley with the application of different doses of worm is highly nutritious in the treatments T3 and T2 unlike the treatments of the T4 and T1 that are poor nutritional.

According to the preliminary economic analysis, it is established that the T3 treatment with a B/C de 1,48 Bs. Followed by the T4 and T1. Where that concludes that the T3 and T2 are economically feasible for production with a 5% and 10%.

## **1. INTRODUCCIÓN**

En la actualidad los cultivos hidropónicos están de moda por los problemas que limitan en el desarrollo óptimo de la producción en forraje para el ganado, esto debido por la pérdida de la fertilidad de los suelos cultivables, debido a un deficiente manejo y la poca disponibilidad de los recursos hídricos.

En las zonas alto andinas el deterioro de la fertilidad del suelo se debe principalmente al manejo, y claramente esto va acompañado de las condiciones agroclimáticas adversas; el monocultivo, el sobrepastoreo, el uso de agroquímicos generando un deterioro en el suelo concibiendo en poco tiempo la erosión y desertización de suelos cultivables, también por el sistema de riego o los recursos hídricos, la cual limita al productor.

Los abonos orgánicos se fundamentan en el aprovechamiento de la biomasa de las plantas, residuos vegetales post-cosecha, excrementos de animales, lodos residuales, desechos industriales, agroindustriales y urbanos. Son desechos sólidos, líquidos y semilíquidos que procesados y aplicados al suelo mejoran sus condiciones físicas, químicas y biológicas.

En la actualidad los cultivos hidropónicos representan un gran avance técnico en medianas y pequeñas explotaciones y con ciertas ventajas sobre los cultivos extensivos, siempre que se tomen las precauciones necesarias. El forraje verde hidropónico (FVH), surge como una alternativa y una forma de solución al problema de alimentación ganadera. Estudios y prácticas recientes han demostrado que es un medio práctico para una producción expectable de biomasa forrajera, por su rapidez de desarrollo y su contenido nutricional.

## **1.1. OBJETIVOS**

### **1.1.1. Objetivo general**

- Evaluación de la producción de forraje hidropónico en cebada (*hordeum vulgare*) a diferentes dosis de caldo de humus de lombriz en la estación experimental de Patacamaya.

### **1.1.2. Objetivos específicos**

- Evaluar la germinación y las características agronómicas de forraje verde hidropónico de cebada bajo los tratamientos de caldo de humus de lombriz.
- Evaluación de la productividad y calidad de forraje verde hidropónico en los diferentes tratamientos.
- Evaluación económica de la productividad de forraje verde hidropónico bajo los tratamientos de caldo de humus de lombriz.

### **1.1.3. Hipótesis**

**Ho=** No existe diferencia en la producción de FVH de cebada bajo diferentes dosis de caldo de humus de lombriz.

## **2. REVISIÓN DE LITERATURA**

### **2.1. La hidroponía**

Etimológicamente el concepto hidroponía deriva del griego y significa literalmente trabajo o cultivo (PONOS) en agua (hydros). Hidroponía se define como la ciencia de cultivo de plantas sin el uso de tierra, pero con el uso de un medio inerte como: arena gruesa, cascarilla de arroz, grava, aserrín entre otros, a los que se les agrega una solución de nutrientes con todos los elementos esenciales requeridos por la planta para su crecimiento y desarrollo normal (Sánchez, 2004).

Según la FAO (2001), indica que la Hidroponía es una técnica que permite cultivar en pequeña o gran escala, sin necesidad de suelo como sustrato. Incorporando los nutrientes que la planta necesita para crecer a través del riego (mediante soluciones nutritivas) se puede efectivizar el cultivo.

Las raíces reciben una solución nutritiva equilibrada disuelta en agua; con todos los elementos químicos esenciales para el desarrollo de la planta, pueden crecer en una solución mineral o bien, en un medio inerte como arena lavada, grava o perlita.

Los investigadores en fisiología vegetal descubrieron en el siglo XIX que las plantas absorben los minerales esenciales por medio de iones inorgánicos disueltos en el agua. En condiciones naturales, el suelo actúa como reserva de nutrientes minerales, pero el suelo no es esencial para que la planta crezca, cuando los nutrientes minerales de la tierra se disuelven en agua, las raíces de la planta son capaces de absorberlos, casi cualquier planta terrestre puede crecer con hidroponía, pero algunas pueden hacerlo mejor que otras.

Para Izquierdo (2001), la hidroponía es una técnica estándar en la investigación biológica, en la educación y un popular hobby. Hoy en día esta actividad está tomando mucho auge en los países donde las condiciones para la agricultura resultan adversas,

combinando la hidroponía con un buen manejo de invernadero se llegan a obtener rendimientos superiores de los que se obtienen en cultivos a cielo abierto.

Así mismo indica que es una forma sencilla, limpia y de bajo costo, para producir vegetales de rápido crecimiento y generalmente ricos en elementos nutritivos, con esta técnica de agricultura a pequeña escala se utilizan los recursos que las personas tienen a la mano, como materiales de desecho, espacios sin utilizar, tiempo libre hoy puede decirse que la hidroponía o cultivo sin suelo, ha conseguido estándares comerciales y que algunos alimentos, plantas ornamentales se producen de esta manera; esto ocurre por diversas razones que tienen que ver con la falta de suelos adecuados, por suelos contaminados, microorganismos que producen enfermedades a las plantas o por usar aguas subterráneas que degradaron la calidad de esos suelos.

Para Duran, (2009) menciona que el forraje verde hidropónico es el resultado del proceso de germinación de granos de cereales o leguminosas (maíz, sorgo, cebada y alfalfa) que se utiliza durante un periodo de 9 a 15 días, captando energía del sol y asimilando los minerales de la solución nutritiva. Se utilizan técnicas de Hidroponía sin ningún sustrato. El grano germinado alcanza una altura promedio de 25 cm, el animal consume la parte aérea formada por tallo y las hojas verdes, los restos de la semilla y la raíz. Hidroponía de alta tecnología

Para Meza *et al.* (2005), el cultivo hidropónico está orientado al mercado, para maximizar la relación costo/beneficio del empresario, por la venta de su producción, emplea alta tecnología e inversión, con poca mano de obra, generalmente se ubica en áreas rurales.

## **2.2. Hidroponía simplificada**

Desde el año 1991, la FAO, ha tenido una activa labor en el desarrollo y difusión sobre los usos de la Hidroponía Simplificada, como parte de una estrategia de Seguridad Alimentaria, para poblaciones de escasos recursos, en áreas periurbanas y rurales.

Caldeiro, *et al.* (2003), Mencionan que la hidroponía simplificada es una rama de baja inversión dentro de la hidroponía, se maneja los conceptos generales de Hidroponía, pero presenta diferencias con la hidroponía de alta tecnología utilizada en Estados Unidos, Europa y Australia, su objetivo principal es que la familia pueda auto alimentarse y generar ingresos, se adapte a poblaciones carenciadas, ya que emplea una tecnología sencilla, requiere poca inversión y utiliza mano de obra familiar.

## **2.3. Forraje verde hidropónico**

### **2.3.1. Forraje**

Para Boada (1998), se denomina forraje a la planta, prateada o temporal, que se corta y se suministra a los animales en el establo, junto con los pastos constituyen los alimentos voluminosos. Se llaman alimentos voluminosos aquellos que contengan más del 18 % de fibra bruta; los alimentos voluminosos comprenden los pastos, forrajes y otros subproductos vegetales, se caracterizan por su riqueza en celulosa, hemicelulosa y lignina, también contienen alta cantidad de azúcares.

Calderón (2001), indica que los cultivos hidropónicos también se emplean para la producción de forraje y alimento a partir de semillas de trigo, cebada y maíz, principalmente, para aves y animales herbívoros en granjas y zoológicos.

### **2.3.2. Forraje verde hidropónico**

Según Navarrete (2008), 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.

Sánchez (2005), define que el Forraje Verde Hidropónico (FVH) consiste en la germinación de granos (semillas de cereales o de leguminosas) y su posterior crecimiento bajo condiciones ambientales controladas (luz, temperatura y humedad) en ausencia del suelo, usualmente se utilizan semillas de avena, cebada, maíz, trigo y sorgo

Así mismo menciona que el FVH es un sistema de producción de biomasa vegetal de alta sanidad y calidad nutricional producido muy rápidamente (9 a 15 días), en cualquier época del año y en cualquier localidad geográfica, siempre y cuando se establezcan las condiciones mínimas necesarias para ello.

Según Izquierdo (2001), la tecnología es complementaria y no competitiva a la producción convencional de forraje a partir de especies aptas (avena, cebada, mezclas de trébol y gramíneas, alfalfa, etc.) para cultivo forrajero convencional, usualmente se utilizan semillas de leguminosas o cereales, tales como Avena, Cebada, Maíz, Alfalfa y otros, libres de pesticidas, hongos y bacterias perjudiciales.

#### **2.4. Ventajas y desventajas del forraje verde hidropónico**

Existen diferentes puntos de vista en lo que se refiere a la producción de Forraje Verde Hidropónico y dentro de los aspectos más relevantes citados por (Izquierdo, 2001), y la (FAO, 2001), se citan las siguientes:

##### **2.4.1. Ventajas del forraje verde hidropónico**

- a) **Ahorro de agua.**- En el sistema de producción de FVH las pérdidas de agua por evapotranspiración, escurrimiento superficial e infiltración son mínimas al comparar con las condiciones de producción convencional en especies forrajeras.
- b) **Eficiencia en el uso del espacio.**- El sistema de producción de FVH puede ser instalado en forma modular en la dimensión vertical que optimiza el uso del espacio útil.
- c) **Eficiencia en el tiempo de producción.**- La producción de FVH apta para alimentación animal tiene un ciclo de 10 a 12 días. En ciertos casos, por estrategia de manejo interno de los establecimientos, la cosecha se realiza a los 14 o 15 días.

- d) *Calidad del forraje para los animales.***- El FVH es un forraje succulento de alta digestibilidad de aproximadamente 20 a 30 cm de altura (dependiendo del período de crecimiento) y de plena aptitud comestible para animales. Su alto valor nutritivo se obtiene debido a la germinación de los granos.
- e) *Inocuidad.***- El FVH representa un forraje limpio e inocuo sin la presencia de hongos e insectos. Asegura la ingesta de un alimento conocido por su valor alimenticio y su calidad sanitaria.
- f) *Costos de producción.***- Las inversiones necesarias para producir FVH dependerán del nivel y de la escala de producción. Los costos fijos en la producción de FVH son bajos ya que no requiere de maquinaria para preparación de suelos en cada siembra como el método tradicional.
- g) *Diversificación e intensificación de actividades productivas.***- este método permite diversificar los cultivos, aunque se puede realizar monocultivos sin los problemas que implica esta práctica para el suelo.

#### **2.4.2. Desventajas del forraje verde hidropónico**

Necesidad de un mayor conocimiento técnico para que el cultivo se desarrolle correctamente.

Los sustratos utilizados en algunas ocasiones no permiten que se fijen correctamente los nutrientes.

#### **2.5. Producción de forraje verde hidropónico**

Para realizar una producción de FVH se debe tener en cuenta las siguientes recomendaciones.

### **2.5.1. Selección de semillas**

Aquino (2010), recomienda que estas semillas deben tener un porcentaje de germinación no inferior al 80 % con el fin de obtener la mayor cantidad de plántulas posibles, la elección del grano a ser utilizada para la hidroponía dependerá de la disponibilidad local y el costo, no se recomienda el uso de semilla certificada por el alto costo que representa frente a la semilla de origen ancestral.

Por su parte Pérez (1999) , señala que para la producción de forraje verde hidropónico no es necesario tener una semilla certificada ya que estas tienen agregados químicos además que es un costo adicional, las características de una buena semilla sin ser certificada son:

El porcentaje de humedad al 12%.

Semillas que no estén dañadas rotas o partidas.

Semillas frescas.

Con un 80 % de viabilidad.

### **2.5.2. Lavado y desinfección de la semilla**

Según FAO (2001), aconseja lavar y desinfectar la semilla con una solución de hipoclorito de sodio al 1% durante un tiempo no menor a 30 segundos y no mayor a 3 minutos ya que podría afectar su viabilidad, posteriormente se debe enjuagar la semilla con agua limpia con la finalidad de eliminar patógenos como hongos bacterias y contaminantes.

### **2.5.3. Pre-germinación**

Pérez (1999), menciona “El sistema consiste en activar la semilla, se remoja durante 24 horas con agua limpia, se drena el agua para que la semilla pueda respirar y se deja reposando durante 24 horas en los recipientes “

#### **2.5.4. Germinación**

Rodríguez (2000), indica que la germinación inicia desde el momento en que se somete a la 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.

Así mismo explica que los alimentos almacenados en los cotiledones se movilizan a través del agua absorbida por la semilla, estos se descomponen mediante la respiración y sirven de sostén para la nueva planta y su desarrollo, hasta que la planta pueda tomar los nutrientes del suelo o sustrato y empiece a fabricar su propio alimento”.

Carballido (2007), indica la importancia del proceso de pre germinación para la producción de FVH y menciona que las semillas tales como gramíneas, la germinación dura de 2 a 3 días, este proceso se facilita gracias al tratamiento de hidratación que se le da a la semilla en la etapa de pre germinación.

#### **2.5.5. Siembra de la semilla**

Izquierdo (2001), sugiere que una vez hidratadas y desinfectadas las semillas se debe proceder a sembrar una cantidad de semillas que no supere el 1,5 cm de altura del colchón de semillas el cual va servir como el colchón radicular, en el caso de la cebada una densidad que no supere a los 2,5 - 3 kg/m<sup>2</sup>, se debe asegurar que se deje una capa uniforme sin espacio, se puede cubrir con plástico o periódico ya que este proceso favorece la germinación y evita la resecación de las semillas.

#### **2.5.6. Riego**

Garduño (2011), indica los cultivos hidropónicos es imprescindible el uso de un sistema de riego para suplir las necesidades de agua de las plantas y suministrarle los nutrientes necesarios a través de la misma, los sistemas de riego que pueden utilizarse van desde uno manual hasta el más sofisticado con controladores automáticos de dosificación de nutrientes, pH y programador automático de riego.

Alvarez (2012), indica es importante que el forraje verde hidropónico este siempre húmedo pero no inundado, para esta labor se realizaran riegos permanentes a lo largo de todo el día por medio de un sistema de riego automático o manual, la dosis adecuada esta alrededor de 0,5 l/m<sup>2</sup> los 4 primeros días hasta llegar a 1 y 1,5 l/m<sup>2</sup> esto dependerá de las condiciones climáticas a la que esté sometido.

El consumo de agua para la producción de forraje en comparación al gasto de agua en un cultivo convencional es menor por ejemplo para la producción de 1 kilo de materia seca de Avena en condiciones de campo se necesitan 635 litros de agua en promedio, mientras que si trabajáramos en la producción Forraje Verde Hidropónico FVH, y de la misma gramínea, se necesitarían tan solo un máximo de 20 litros de agua. Destacamos que a nivel del FVH se llega a esto en 14 días, las plantas crecen significativamente más rápido y más vigorosas al estar el agua y los nutrientes totalmente disponibles, (Sanchez s/f).

#### **2.5.7. Riego con solución nutritiva**

Langlais y Ryckewaert (2001), indican que la solución nutritiva debe aportar todos los elementos nutritivos que la planta necesita, a saber macro elementos tales como nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio y azufre y oligoelementos entre los cuales están el hierro, el zinc, el cobre, el boro, el manganeso y el molibdeno.

Cuando brotan las primeras hojas se comienza con la aplicación de la solución nutritiva. Esta aplicación se suspende a los 12 o 13 días aplicando exclusivamente agua para eliminar todo rastro de sales minerales provenientes de la solución de riego (FAO, 2001).

##### **2.5.7.1. pH de la solución nutritiva**

El pH de una solución indica el grado de acidez o alcalinidad además es un indicador indirecto de la disponibilidad de los nutrientes ya que varía de acuerdo al pH de la

solución nutritiva, por eso es recomendable mantenerlo dentro de un rango que va de 5,5 a 6,5 esto según (Urrestarazu, 2004).

### **2.5.8. Cosecha**

Se debe tomar en cuenta el tiempo de cosecha ya que existe una relación directa con “el valor nutritivo del FVH también varía con el tipo de cereal utilizado y el tiempo de cosecha” (Hidalgo, 1985). La cosecha se la realiza cuando la plántula ha alcanzado una altura promedio de 15 a 25 cm, este desarrollo demora entre 10 y 15 días, dependiendo de la temperatura las condiciones ambientales, el invernadero y la frecuencia de riego. Como resultado se obtendrá un gran tapete radicular ya que las raíces se entrecruzan unas con otras por la densidad de siembra.

### **2.5.9. Rendimiento**

Navarrete (2008), menciona que la producción de granos germinados para su uso forrajero bajo control de temperatura y humedad relativa 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 periodo de 10 a 15 días.

### **3.2.3. Factores que influyen en la producción de los FVH**

Según la FAO (2001) entre los factores que condicionan el éxito o fracaso de la producción de los FVH podemos mencionar:

**a) Calidad de la semilla:** La semilla a utilizarse en la producción de los FVH está ligada al precio de la misma, sin embargo esto no reemplaza la importancia de utilizar un material con un porcentaje de germinación no menor al 75 %.

FAO (2001), indica que la densidad de siembra adecuada para tener un rendimiento óptimo de forraje hidropónico es de 5 kg de semilla por metro cuadrado, con una temperatura que oscila entre 16 a 20 °C y una humedad relativa de 85 %.

Las dosis óptimas de semillas a sembrar por metro cuadrado oscilan entre 2 a 3,4 kilos considerando que la disposición de las semillas o “siembra” no debe superar los 1,5 centímetros de altura en la bandeja Para ello se distribuirá una delgada capa de semillas pre- germinadas (Izquierdo, 2001).

- b) Iluminación:** la radiación solar es básica para el crecimiento vegetal, a la vez que es promotora de varios procesos fisiológicos.
- c) Temperatura:** El rango más óptimo para la producción de los FVH es de 18 a 26 °C. Cada especie presenta requerimientos de temperatura óptimos.
- d) Humedad:** la humedad relativa que debe existir dentro del invernadero no puede ser inferior al 90 %. Humedades más altas provoca problemas sanitarios, mientras que humedades más bajas puede provocar el desecamiento del ambiente y deshidratación del forraje con su respectiva disminución en la producción.

El módulo Utayapu posee las condiciones adecuadas de temperatura y humedad (mayor a 85%) para realizar cultivo de FVH en el altiplano (Gallardo, 1997).

- e) Calidad del agua de riego:** Otro factor singular en la producción de los FVH es la condición de que el agua a ser usada debe tener una característica de potabilidad.
- f) pH:** El pH del agua de riego debe oscilar en rangos entre 5,2 y 7.
- g) Conductividad:** El rango más óptimo de CE de una solución nutritiva está entre 1,5 a 2,0 mS/cm.
- h) Concentración de CO<sub>2</sub>:** El tener un control de la concentración de CO<sub>2</sub> ofrece una oportunidad de elevar la producción de los FVH, ya que se incentiva a una mayor actividad fotosintética.

## 2.6. El cultivo de la cebada

Institución Interamericano de Cooperación para la Agricultura "IICA" (1993), indica que la importancia del cultivo de cebada en nuestro país radica en que se la utiliza para el consumo humano, para la alimentación de los animales, en berza y en grano, y como materia prima para la industria cervecera. Respecto a los suelos donde se cultiva la cebada en nuestro país, debemos indicar que varían de acuerdo a su formación, pero de modo general carecen de fertilidad natural.

### 2.6.1. Variedades lanzadas

Las variedades que han sido recomendadas a partir del año 1970 a las siguientes: Promesa-76 (CI 23). IBTA-80 (Grignon), Kochala-80 (Abyssinianplerci). Todas son exóticas con resistencia a la roya amarilla, a excepción de Promesa, cuya resistencia se quebró. El rendimiento de estas variedades a nivel del agricultor fluctúa de 1500 a 2000 kg/ha (IICA, 1993).

### 2.6.2. Clasificación Taxonómica de la cebada

Rojas (1990), clasifica a la cebada de la siguiente manera: (como se muestra en el cuadro 1)

**Cuadro 1. Clasificación taxonómica de la cebada**

<b>Reino.</b>	<b>Plantae</b>
División.	Magnoliophyta
Clase.	Liliopsida
Orden.	Poales
Familia.	Poaceae
Género.	Hordeum
Especie.	Vulgare
Nombre científico.	<i>Hordeum vulgare</i>
Nombre común.	Cebada

### **2.6.3. Características de la cebada**

El Producción de Forrajes Programa de Desarrollo Lechero del Altiplano P.D.L.A. (2005), menciona que la cebada es una especie de cultivo anual de la familia de las gramíneas, cultivado ampliamente en el altiplano norte y altiplano central, esto por su buena adaptabilidad a las zonas altas que tienen diversas condiciones climáticas a lo largo del año.

La cebada, al igual que el resto de los cereales es un alimento que proporciona una gran energía (354 kcal/100g), el poder energético de la cebada procede principalmente de su riqueza en hidratos de carbono (76,38 %).

La raíz de la planta es fasciculada y en ella se pueden identificar raíces primarias y secundarias, el tallo de la cebada es una cañahueca que presenta de siete a ocho entre nudos, separados por diafragmas nudos los entrenudos son más largos a medida que el tallo crece desde la región basal. Las hojas están conformadas por la vaina basal y la lámina, las cuales están unidas por la lígula y presentan dos prolongaciones membranosas llamadas aurículas. Las hojas se encuentran insertadas a los nudos del tallo por un collar o pulvinus, que es un abultamiento en la base de la hoja. Su espiga es la inflorescencia de la planta; se considera una prolongación del tallo, la cual es similar a la de las demás plantas gramíneas, y presenta reducción del periantio.

### **2.6.4. Requerimientos nutritivos de la cebada bajo sistema hidropónico**

Sánchez (2004), considera que la producción de forraje demora entre 12 a 15 días, en un tiempo tan corto, no se presentará deficiencia de molibdeno, por lo que no es imprescindible su empleo y no tiene mayor influencia en los rendimientos, con lo que se prescindiría de fuentes de molibdeno en la formulación.

Marulanda (2003), indica que si los elementos menores (Cu, B, Fe, Mn, Zn y Mo) no existieran en la solución nutritiva, las plantas podrían crecer pero las cosechas serían de mala calidad (mal color, consistencia y/o sabor), no habría asimilación de los otros

elementos nutritivos o se presentarían alteraciones importantes en el desarrollo de las plantas hasta hacerlas improductivas.

### **2.6.5. Rendimientos del cultivo de cebada**

Según el P.D.L.A. (2005), la cebada es una especie de cultivo anual de la familia de las gramíneas, cultivado ampliamente en el altiplano norte y altiplano central, esto por su buena adaptabilidad a las zonas altas que tienen diversas condiciones climáticas a lo largo del año, tiene una densidad de siembra de 80 a 100 kg/ha.

#### **2.6.5.1. Rendimientos de cebada en campo**

Se incluyó que el estado óptimo de cosecha, la cebada tiene un rendimiento promedio de materia verde de 12 TM/ha con un 42 % de MS (5.4 TM/MS/ Ha) en el forraje fresco bajo el sistema tradicional (Catrileo, *et al*, 2001).

Según el P.D.L.A. (2005), la cebada es uno de las importantes cultivos en el altiplano porque es más precoz que la avena, de germinación más rápida, resistente a condiciones adversas, de ciclo vegetativo más corto asegurando la cosecha y tiene en rendimiento promedio de 5,25 ton/ha en materia seca.

#### **2.6.5.2. Rendimientos de cebada bajo sistema hidropónico**

Trabajos de validación de tecnología sobre FVH, han obtenido cosechas de 12 a 18 kilos de F.V.H. 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 el siguiente cuadro 2, se compara el valor nutricional del forraje de cebada en diferentes formas en materia seca y comparada con otras formas de cebada como fuente de alimentos, donde se puede apreciar su ventaja en todos los indicadores de calidad.

**Cuadro 2. Comparación bromatológica de la cebada en diferentes formas**

Nutriente analizado	Análisis nutritivo de la cebada			
	Cebada hidropónica	Cebada concentrada	Heno	Paja
Energía (Kcal/Kg MS)	3216	3000	1680	1392
Proteína Cruda (%)	25	30	9,2	3,7
Digestibilidad (%)	81,6	80	47	39
Kcal Digestible/ kg	488	2160	400	466
kg Proteína digestible/ tn	46,5	216	35,75	12,41

Fuente: Sepúlveda (1994).

## 2.7. Humus

Según Chilón (1997), el humus es una sustancia bastante compleja, compuesta por productos de descomposición avanzada, productos resintetizadas por los microorganismos y sustancias estrictamente húmicas.

Se caracteriza por su baja densidad, relación C/N =10, alta CIC, alta capacidad retentiva de humedad, color oscuro; el humus es la base de la fertilidad del suelo, porque influencia las características físicas, químicas y biológicas del suelo (Chilón, 1997).

## 2.8. Humus de lombriz

Pérez, *et al.* (2008), indican que el humus de lombriz es una fuente de abono utilizada en la producción de cultivos. Resulta de la recolección de deyecciones de lombrices, las cuales son mantenidas en criaderos acondicionados para tales fines, denominados camas lombriceras, es un sustrato estabilizado de gran uniformidad, contenido nutrimental y con una excelente estructura física, porosidad, aireación, drenaje y capacidad de retención de humedad (Capistrán *et al.*, 2004).

Se llama **humus** a la materia orgánica degradada a su último estado de descomposición por efecto de microorganismos. En consecuencia, se encuentra químicamente estabilizada como coloide; regula la dinámica de la nutrición vegetal en el suelo. Esto puede ocurrir en forma natural en los bosques en un periodo de 5 años

promedio o en un lapso de un año en el cual la materia defecada es comida por otras lombrices y así sucesivamente miles de veces (Villalba, s/f).

### **2.8.1. Composición del humus de lombriz**

El abono producido por las lombrices no tiene restricciones para su uso y contribuye a lograr resultados positivos en el crecimiento y desarrollo de las plantas. Es un material natural que no es tóxico para los humanos, los animales, las plantas o el ambiente a diferencia de los fertilizantes químicos, este puede ser utilizado puro, sin riesgo de afectar a las plantas, además de mejorar la producción de ellas, también conserva e incrementa la fertilidad de los suelos, mejora su estructura, retiene de manera óptima el agua y el aire, reduce la contaminación y tiene sustancias activas que favorecen las condiciones del suelo y de las plantas que crecen sobre él (Capistrán *et al.*, 2004).

La composición y calidad de la lombricomposta está en función del valor nutritivo de los desechos que consume la lombriz. Un manejo adecuado de los desechos, una mezcla bien balanceada, permite obtener un material de excelente calidad (Martinez, 1996).

Sin embargo, se puede mencionar que esta contiene altas tasas de microorganismos como bacterias, actinomicetos, y hongos (Corlay *et al.*, 1999). También contiene niveles medios de fitohormonas como citoquininas, giberelinas, y auxinas. Así mismo se ha consignado que tiene un alto nivel de actividad enzimática de los grupos deshidrogenasa, fosfatasa y ureasa.

Es sobresaliente su contenido de materia orgánica (55-70%), humina, ácidos húmicos y ácidos fúlvicos su pH generalmente oscila entre 6,7 y 7,2, contiene la mayoría de los nutrientes esenciales requeridos por las plantas (macro y micronutrientes) (Capistrán, *et.al*, 2004).

### **2.8.2. Características del humus de lombriz**

Villalba (s/f), hace una comparación entre el humus de lombriz y otros abonos orgánicos en la cual resalta las siguientes características.

- Es muy concentrado (1 tonelada de humus de lombriz equivale a 10 toneladas de estiércol).
- No se pierde el nitrógeno por la descomposición.
- El fósforo es asimilable; en los estiércoles.
- Tiene un alto contenido de microorganismos y enzimas que ayudan en la desintegración de la materia orgánica (la carga bacteriana es un billón por gramo).
- Tiene un alto contenido de auxinas y hormonas vegetales que influyen de manera positiva en el crecimiento de las plantas.
- Tiene un pH estable entre 7 y 7,5.
- La materia prima de alimento de las lombrices puede ser cualquier tipo de residuo o desecho orgánico, también se utiliza la arte orgánica de la basura. Entre otros se debe tomar en cuenta los siguientes parámetros:
- PH neutro, en un rango entre 6,8 a 7,2.
- Contenidos de materia orgánica superiores a 28%.
- Nivel de nitrógeno superior a 1,5%.
- Relación C/N en un rango entre 9 y 13.
- Contenidos de cenizas no superiores a 30%.

### **2.8.3. Las características más importantes del humus de lombriz son:**

Alto porcentaje de ácidos húmicos y fúlvicos. Su acción combinada permite una entrega inmediata de nutrientes asimilables y un efecto regulador de la nutrición, cuya actividad residual en el suelo llega hasta cinco años.

Alta carga microbiana (40 mil millones por gramo seco) que restaura la actividad biológica del suelo.

Opera en el suelo mejorando la estructura, haciéndolo más permeable al agua y al aire, aumentando la retención de agua y la capacidad de almacenar y liberar los nutrientes requeridos por las plantas en forma sana y equilibrada.

Es un fertilizante bio-orgánico activo, emana en el terreno una acción biodinámica y mejora las características organolépticas de las plantas, flores y frutos.

Su pH es neutro y se puede aplicar en cualquier dosis sin ningún riesgo de quemar las plantas. La química del HUMUS de lombriz es tan equilibrada y armoniosa que nos permite colocar una semilla directamente en él sin ningún riesgo.

#### **2.8.4. Propiedades del humus de lombriz**

En cuanto a las propiedades del humus de lombriz (Villalba, s/f; Capistrán *et al.*, 2004) se puede clasificar en:

##### **2.8.4.1. Propiedades químicas**

Según Villalba, (s/f) lo clasifica de la siguiente manera:

- a) Incrementa la disponibilidad de Nitrógeno, Fósforo y Azufre, fundamentalmente Nitrógeno.
- b) Incrementa la eficiencia de la fertilización, particularmente Nitrógeno.
- c) Estabiliza la reacción del suelo, debido a su alto poder de tampó Inactiva los residuos de plaguicidas debido a su capacidad de absorción
- d) Inhibe el crecimiento de hongos y bacterias que afectan a las plantas.

#### **2.8.4.2. Propiedades físicas**

Según Villalba, (s/f) lo clasifica de la siguiente manera:

- a) Mejora la estructura, dando soltura a los suelos pesados, compactos y lijosos de los suelos sueltos y arenosos, por consiguiente mejora su porosidad.
- b) Mejora la permeabilidad y ventilación.
- c) Reduce la erosión del suelo. Incrementa la capacidad de retención de humedad.
- d) Confiere un color oscuro en el suelo ayudando a la retención de energía calorífica.
- e) Favorece un buen desarrollo de las raíces de las plantas.

#### **2.8.4.3. Propiedades biológicas**

Según Villalba, (s/f) lo clasifica de la siguiente manera:

- a) El lombrihumus es fuente de energía la cual incentiva a la actividad microbiana.
- b) Al existir condiciones óptimas de aireación, permeabilidad, PH y otros, se incrementa y diversifica la flora microbiana.
- c) El lombricompost contiene altas poblaciones de microorganismos que colaboran en los procesos de formación del suelo, solubilizan nutrientes para ponerlos a disposición de las plantas y previenen el desarrollo de altas poblaciones de otros microorganismos causantes de enfermedades en las plantas.

#### **2.8.4.4. Propiedades nutricionales**

Es importante tener presente que el lombricompost contiene, además de los macronutrientes nitrógeno, fósforo, potasio, magnesio y calcio, pequeñas cantidades de micronutrientes como boro, zinc, hierro, manganeso y cobre. Significa que el

lombricompost proporciona una dieta completa a las plantas (Villalba, s/f; Capistrán *et al.*, 2004).

#### **2.8.5. Té o caldo de humus de lombriz**

El té de humus es una difusión líquida de una rica composta siendo un abono muy potente para la alimentación de cualquier tipo de planta, con el proceso de “extraer” los minerales y microorganismos que están en el humus de la composta se produce un líquido de manera 100% natural, orgánico y además rico en minerales y así se hacen disponibles para las plantas (Capistrán *et al.*, 2004).

#### **2.8.6. Acción del té de humus como abono foliar**

Escariata (2013), indica “Como se sabe, los nutrientes se absorben directamente a través de las hojas de la planta ellos se abren camino por las raíces, pero también estimulan la actividad en las hojas, que a su vez estimula el desarrollo de raíces, ya que la planta comienza a exigir más agua.”

Almaguer *et al.* (2012), Mencionan que el humus de lombriz sólido puede ser tratado con agua y obtener soluciones acuosas que contienen la concentración de los elementos solubles más importantes presentes en el mismo a lo que se denomina comúnmente como “humus líquido” que al ser aplicado foliar mente actúa como estimulador del crecimiento, además de proveer al cultivo de algunos de los principales nutrientes solubles en el mismo.

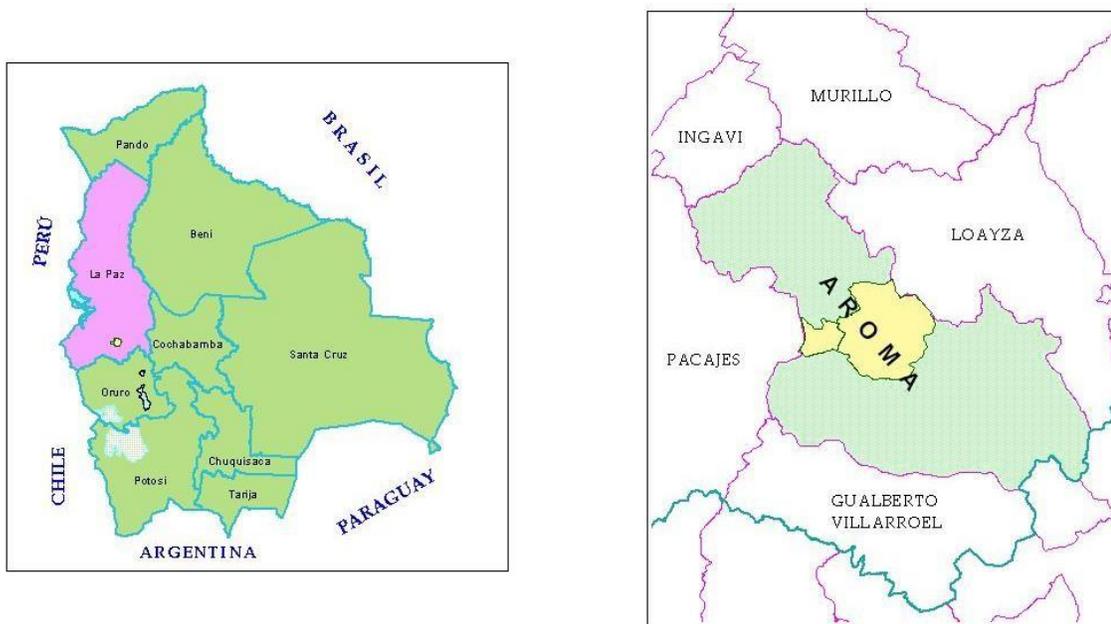
#### **2.8.7. Acción del caldo de humus de lombriz en la hidroponía**

El humus de lombriz es considerado el abono orgánico con mejor potencial de la utilización, ya que se produce fácilmente en bajos costos. Gonzales (2003), informa que la utilización de abonos orgánicos, como humus de lombriz, tiene signos muy favorables en la producción de forraje hidropónico, en México Nicola (2002), trabajando con vermi compost, llegó a la conclusión de que esta se puede utilizar como fuente nutricional a la lechuga cultivo en sistema hidropónico, pero si se utiliza aislada, que no ofrece una

adecuada concentraciones para el crecimiento del cultivo, debido a la baja concentración de nitrógeno, siendo necesarios complementación con nutrientes inorgánicos además de elegir la solución nutritiva, la determinación del período ideal de cosecha es también importante en el sistema de producción de forraje hidropónico.

### 3. LOCALIZACIÓN

El área de estudio se encuentra ubicada en el Municipio Patacamaya, Quinta Sección de la Provincia Aroma del departamento de La Paz, se sitúa a 101 kilómetros de la sede de Gobierno, por la carretera interdepartamental La Paz – Oruro al sudoeste de la capital del departamento de La Paz, a una altitud promedio de 3.789 m.s.n.m. (Plan de Desarrollo Municipal de Patacamaya, 2016).



Fuente: Cayllante M., 2017

**Figura 1. Ubicación de la Provincia Aroma**

La Estación Experimental de Patacamaya se encuentra geográficamente situada entre las coordenadas 17°15'41" de Latitud sur y 67°56'39" de Longitud oeste, en el centro de la provincia Aroma, de acuerdo a las Cartas del Instituto Geográfico Militar, (PDM. Patacamaya, 2016).



## **4. MATERIALES Y METODOS**

### **4.1. Materiales**

Los materiales utilizados se desglosan de la siguiente manera:

#### **4.1.1. Material biológico**

- Semilla de cebada (Variedad: Cervecero)
- Caldo de Humus de lombriz

#### **4.1.2. Materiales e insumos**

- Estantes metálicos
- Bandejas hidropónicas
- Regaderas
- Termómetro de máximas y mínimas
- Baldes y bañadores
- Flexo metro
- Plástico negro
- Alambre de amarre
- Detergente
- Lavandina
- Cal

#### **4.1.3. Material de laboratorio**

- Termómetro
- Equipo calorímetro de bomba de oxígeno
- Mufla
- Balanza de precisión

#### **4.1.4. Material de gabinete**

- Planilla de evaluación
- Computador
- Impresora

#### **4.2. Método**

##### **4.2.1. Obtención del material biológico**

Los materiales biológicos utilizados en la investigación fueron:

- a) **Semilla de cebada**, se utilizó la variedad cervecera procedente de la semillera de la ciudad intermedia Patacamaya, dichas semillas son de producción comercial del lugar.
- b) **Abono liquido (caldo de humus de lombriz)**, procedente de la producción de humus de lombriz, de la Estación Experimental de Patacamaya, dependiente de la Facultad de Agronomía – UMSA.

##### **4.2.2. Acondicionamiento de las bandejas hidropónicas**

Se utilizó bandejas de una dimensión de 0,60 x 0,40 m la misma que contaba con 14 celdas cada una de 0,04 x 0,04 m, se hizo perforaciones en la base (figura 3), con el fin de darle a la semilla la debida oxigenación para el crecimiento del sistema radicular y no exista la pudrición de las raíces y la formación de hongos indeseables, a su vez para el drenaje de exceso de agua durante el riego la adición de riego.



Fuente: Elaboración propia

**Figura 3. Bandejas con perforaciones en la base**

#### **4.2.3. Acondicionamiento de la infraestructura hidropónica**

Para la producción de forraje verde hidropónico se utilizó un ambiente controlado, donde se acondiciono dividiéndolo en dos áreas denominadas, área obscura para el tratamiento pre - germinativo y el área clara destinada a la producción final y desarrollo del FVH, las dimensiones del ambiente son de 3,5 X 5 m teniendo un área de 17,5 m<sup>2</sup> la misma se puede observar en la figura 4.



Fuente: Elaboración propia

**Figura 4. Interior del ambiente**

#### 4.2.4. Área oscura

Esta área se caracteriza por realizar la germinación de los granos los cuales fueron evaluados por especie, las semillas estuvieron en oscuridad para que por procesos fisiológicos se produzca el desarrollo de las raíces.



Fuente: Elaboración propia

**Figura 5. Área oscura**

#### 4.2.5. Proceso de hidratación y siembra de semilla

Se realizó un tratamiento pre germinativo de las semillas (figura 6), el cual consistió en la hidratación con agua destilada, por un lapso de 48 Horas.



Fuente: Elaboración propia

**Figura 6. Hidratación de la semilla con agua destilada**

Pasada las 48 horas se realizó el oreo y secado de las semillas para luego sembrar en las bandejas hidropónicas (figura 7),



Fuente: Elaboración propia

**Figura 7. Oreo y siembra de la semilla**

#### **4.2.6. Evaluación de crecimiento de FVH**

Una vez que las semillas presentaron el desarrollo de las raicillas y con el brote de las primeras hojas, la planta está capacitada para realizar la fotosíntesis (figura 8)

En el área clara las condiciones óptimas de luminosidad, oxigenación y nutrientes que se aplicaron de manera foliar en el agua de riego, con diferentes niveles de caldo de humus de lombriz, para lo cual se tomaron los de crecimiento, todos los días con el fin de evaluar el desarrollo vegetativo con el abonamiento foliar bajo diferentes dosis de caldo de humus de lombriz.



Fuente: Elaboración propia

**Figura 8. Altura de la cebada**

#### **4.2.7. Elaboración y aplicación del abono foliar caldo de humus de lombriz**

Para la elaboración del caldo de humus se utilizó una relación de 1:2 por cada kg de humus de lombriz se usó 2 litros de agua. Se aplicó el abono foliar en el FVH con las concentraciones elaboradas al 5%, 10%, 15%, respectivamente. En el evaluación de toma de datos meteorológicos de temperatura y humedad relativa.

#### **4.3. Variables de respuesta**

Los parámetros de evaluación fueron:

##### **Objetivo 1.**

- Germinación de semillas, obtenidas en porcentaje en los diferentes tratamientos.
- Altura de planta, medido en centímetros a partir de la base del cuello de la planta.

##### **Objetivo 2.**

- Productividad de rendimiento en materia verde KgMV/m<sup>2</sup> y materia seca KgMS/m<sup>2</sup>.

- Calidad de nutrientes del forraje verde hidropónico (FVH) mediante el análisis bromatológico en: Nitrógeno, Materia orgánica, Fosforo, Cenizas, Potasio, Proteína cruda y Materia seca.

### **Objetivo 3.**

- Costos de producción: costos fijos (construcción del ambiente hidropónico, estantes, bandejas de producción y equipos) y costos variables (semilla de cebada, caldo de humus de lombriz, hipoclorito de sodio y mano de obra)
- Ingreso Bruto, Relación Beneficio/Costo.

### **4.4. Diseño experimental**

Se utilizó el diseño completamente al azar (DCA) por existir condiciones experimentales homogéneas dentro un ambiente controlado.

#### **4.4.1. Modelo lineal aditivo DCA**

El modelo lineal aditivo del presente diseño experimental es el siguiente.

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

Dónde:

$Y_{ij}$  = Es una observación cualquiera de la variable de respuesta.

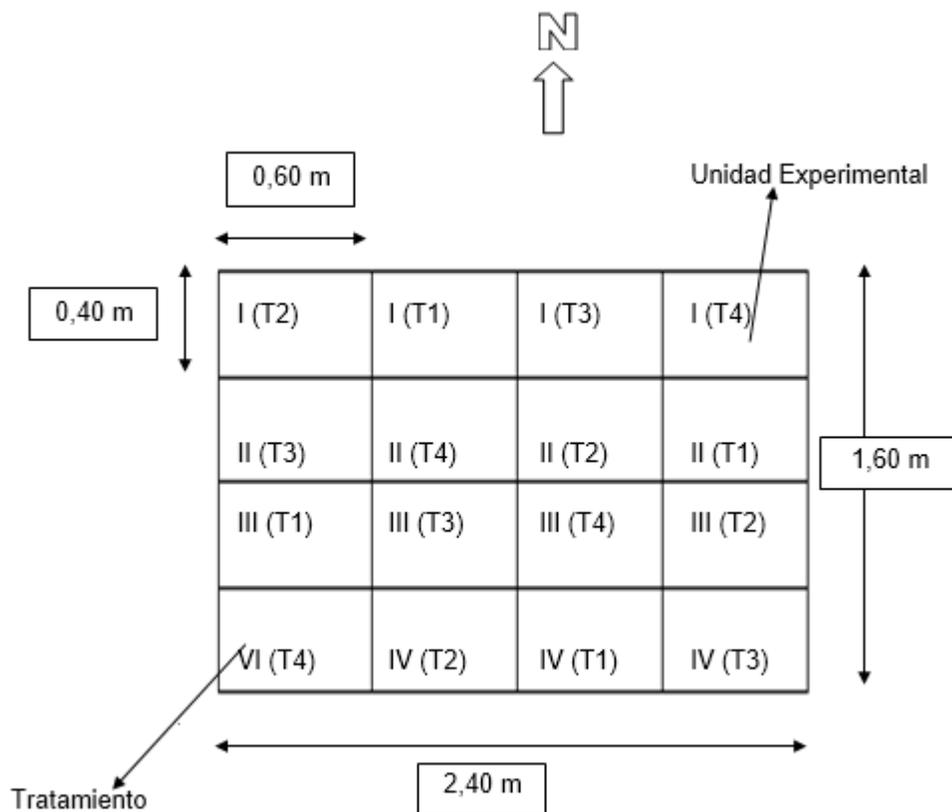
$\mu$  = Media poblacional

$\beta_j$  = Efecto del j – esimo nivel del factor B.

$\alpha_i$  = Efecto del i – èsimo nivel del factor A.

$E_{ij}$  = Efecto del error experimental de la variable de respuesta

#### 4.4.2. Croquis del experimento



#### 4.4.3. Descripción de los tratamientos

**T1** a<sub>1</sub>= Cebada sin caldo de humus de lombriz (Testigo)

**T2** a<sub>2</sub>= Cebada con 5% caldo de humus de lombriz

**T3** a<sub>3</sub> = Cebada con 10% caldo de humus de lombriz

**T4** a<sub>4</sub> = Cebada con 15% caldo de humus de lombriz

## 5. RESULTADOS Y DISCUSIONES

### 5.1. Variables de respuesta

### 5.2. Determinación de germinación de semillas

La prueba de germinación, realizada de forma directa en bandejas de contención, bajo condiciones controladas, determinó el porcentaje de germinación de las semillas de cebada cervecera en los tratamientos establecidos, con manifestación de emergencia de la radícula (figura 9).



Fuente: Elaboración propia

**Figura 9. Germinación de las semillas de cebada**

Los porcentajes de germinación obtenidos en los diferentes tratamientos se detallan en el siguiente cuadro.

**Cuadro 3. Porcentaje de germinación de las semillas**

Tratamiento	Porcentaje de germinación
T1	85 %
T2	94 %
T3	98 %
T4	89 %
Promedio	91,5 %

Fuente: Elaboración propia

Los resultados obtenidos hasta los 4 días manifiestan el porcentaje de germinación del máximo que alcanzo el T2 con 98% y como mínimo el T1 con 85%. Con un promedio de 91,5% de germinación de semillas de cebada var. Cervecera y el porcentaje promedio de semillas no germinadas fueron de 8,5% respectivamente.

La germinación de semillas a los tratamientos tiene su influencia en localidad de la semilla acompañada por la temperatura, las cuales fueron registradas para el caso promedio de 14,3°C

### 5.3. Determinación de altura de planta

#### 5.3.1. Análisis de varianza de altura

El análisis de varianza (ANVA) del cultivo de plántulas de FVH hasta los 15 días de desarrollo (cuadro 4), manifiesta que los tratamientos, presentan diferencia altamente significativa, indicando heterogeneidad estadística, influyendo en el desarrollo de altura de la FVH en los diferentes tratamientos con la aplicación de niveles de caldo de humus de lombriz.

**Cuadro 4. Análisis de varianza de altura de planta**

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>Fc</b>	<b>Ft(<math>\alpha=0.05</math>)</b>
Tratamiento	3	283,136719	94,378906	39,4788*	3,49 **
Error	12	28,6275	2,390625		
Total	15	311,824219			

Fuente: Elaboración propia

CV=12,29%

Referente al (CV) coeficiente de variación (cuadro 4), con valores de 12,29%, lo cual indica la confiabilidad de los datos, con manejo eficiente del experimento.

### 5.3.2. Comparación de medias en desarrollo de altura de FVH

Analizando los tratamientos de desarrollo altura de FVH de cebada, con la prueba de Duncan (cuadro 5), existen diferencia significativa entre los tratamientos, es decir un componente de formación en desarrollo de la altura en heterogeneidad. El tratamiento T3 con 19 cm de altura promedio es superior a los otros tratamientos con 13,3 cm el T2 y 10,3 cm el T4. El tratamiento T1 (testigo) presenta el valor mínimo de 7,7 cm de altura.

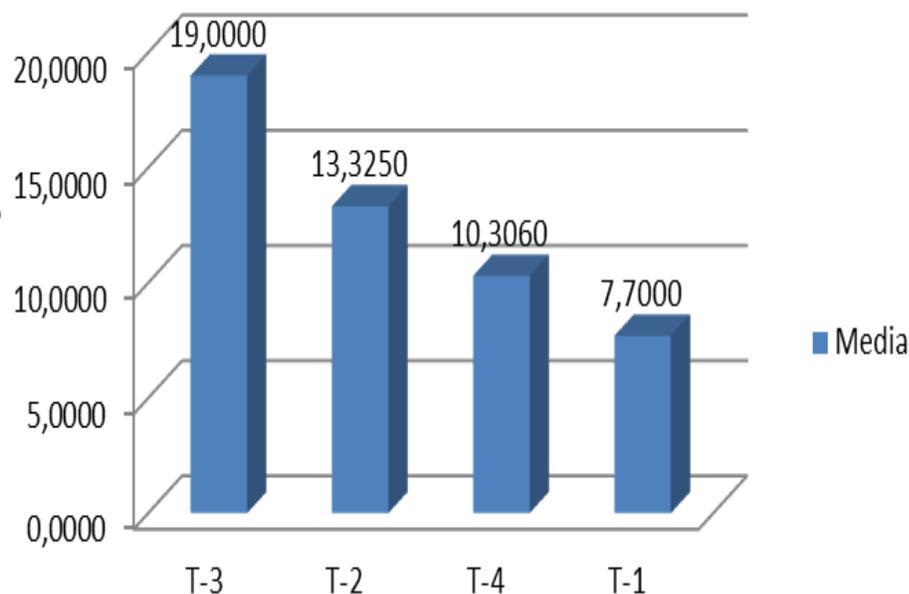
**Cuadro 5. Comparación de desarrollo de altura de FVH**

Tratamiento	Media	Prueba de Duncan (P < 0.05)			
T-3	19,0000	A			
T-2	13,3250		B		
T-4	10,3060			C	
T-1	7,7000				D

Fuente: Elaboración propia

En este sentido (Quispe, 2013), en un estudio realizado en el rendimiento de cebada registró datos de altura de planta, obteniendo un promedio de 17,95 cm en 18 días. Datos que muestran una diferencia con respecto a los datos obtenidos en el presente estudio debido al tiempo de producción, dicha diferencia se debió al periodo de producción ya que en el presente trabajo se realizó la cosecha a los 15 días.

Así mismo, las plantas registradas en el ensayo fueron comparativamente iguales a lo descrito por la (FAO, 2001), que sugirió que el forraje verde hidropónico es un suculento alimento de aproximadamente 20 – 30 cm. en condiciones de invernadero.



Fuente: Elaboracion propia

**Figura 10. Prueba de duncan de la altura de la planta**

Asimismo Huiza (2015), en el caso de la cebada con respecto a la aplicación de tres niveles de té de humus de lombriz se observan los grupos A, B, C y D. Por todo lo expuesto de la variable altura de planta a la cosecha, se observa que el tipo de forraje y la concentración del té de humus influyen en el desarrollo de la planta.

#### **5.4. Análisis de rendimiento de forraje verde hidropónico**

##### **5.4.1. Rendimiento en materia verde**

##### **5.4.1.1. Análisis de varianza del rendimiento de materia verde**

El análisis de varianza (ANVA) del rendimiento de materia verde del FVH hasta los 15 días de desarrollo en los tratamientos, presentan diferencia altamente significativa, indicando la heterogeneidad estadística, influida en el rendimiento de materia verde en el cultivo de cebada con las diferentes dosis de caldo de humus de lombriz.

**Cuadro 6. Análisis de Varianza para el rendimiento de la materia verde**

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>Fc</b>	<b>Ft(<math>\alpha=0.05</math>)</b>
Tratamiento	3	9,646858	3,215619	25,4896*	3,49 **
Error	12	0,307495	0,025625		
Total	15	9,954353			

Fuente: Elaboración propia

CV=7,06%

Referente al coeficiente de variación (CV), con 7,06%, lo cual indica la confiabilidad de los datos, con manejo eficiente del experimento. Según (Ochoa, 2018) categoriza valores menores al 10% de CV se considera como datos excelentes.

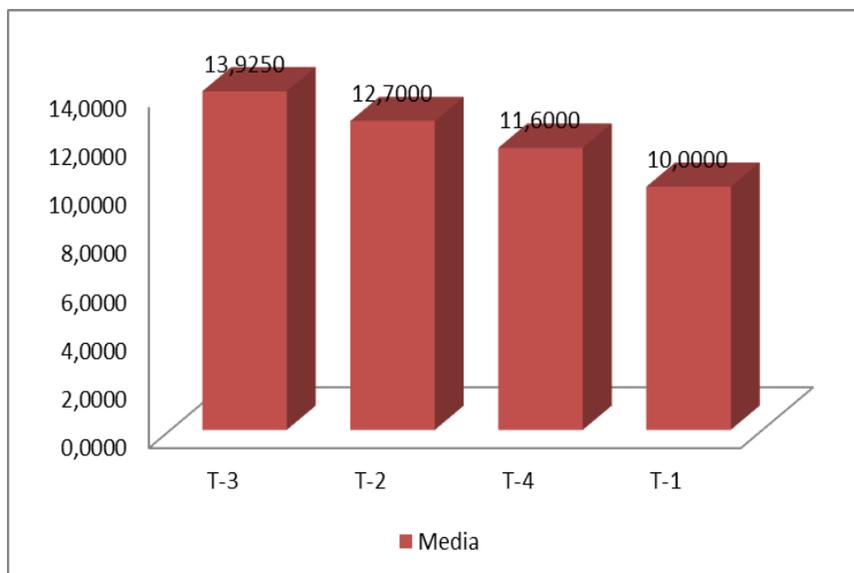
#### 5.4.1.2. Comparación de medias en rendimiento de materia verde

**Cuadro 7. Rendimiento de materia verde**

Tratamiento	Media	Prueba de Duncan (P < 0.05)			
T-3	13,9250	A			
T-2	12,7000		B		
T-4	11,6000			C	
T-1	10,0000				D

Fuente: Elaboración propia

Analizando los tratamientos en el rendimiento de materia verde de cebada FVH, con la prueba de Duncan (cuadro 7), existe diferencia significativa al ( $<0,05$ ), entre los tratamientos lo que significa que hay comportamiento heterogéneo.



Fuente: Elaboración propia

**Figura 11. Rendimiento en materia verde**

Analizando los resultados de la figura 11, indica valores diferentes entre los tratamientos siendo que el T3 presenta un valor máximo de 13,9 Kg/m<sup>2</sup>, seguido del T2 con 12,7 Kg/m<sup>2</sup>, T4 con 11,6 Kg/m<sup>2</sup> y como mínimo el T1 con 10,0 Kg/m<sup>2</sup>.

Los datos son superiores a los obtenidos por Ralde (2000), en el rendimiento de la masa verde. Pero Gallardo (1996), obtuvo valores más inferiores con 9,6 Kg/m<sup>2</sup> en la cebada, por lo tanto la producción de FVH bajo una nutrición orgánica supera a rendimientos obtenidos de manera química así mismo supera los rendimientos de la producción de forrajes de manera convencional.

Asimismo Huiza (2015), Concuerta con los resultados obtenidos en el presente trabajo con respecto a la altura de planta a la cosecha, se observa que el crecimiento fue mayor a otros trabajos realizados en el cultivo, el abonamiento foliar al cual fue sometido tuvo influencia en los resultados de crecimiento.

## 5.4.2. Rendimiento en materia seca

### 5.4.2.1. Análisis de varianza de materia seca

El rendimiento en materia seca del forraje verde hidropónico se obtuvo luego de la cosecha, este parámetro se expresó en kg/m<sup>2</sup>.

**Cuadro 8. Análisis de Varianza para la materia seca**

FV	GL	SC	CM	Fc	Ft( $\alpha=0.05$ )
Tratamiento	3	48,635254	16,211752	28,0522*	3,49 **
Error	12	0,935059	0,077922		
Total	15	49,576313			

Fuente: Elaboración propia

CV = 2,31%

En el cuadro 8. En los resultados que se observan en el análisis de varianza para la variable rendimiento en materia seca se aprecia que los rendimientos de cebada son estadísticamente diferentes, es decir que los factores de dosis indica que hubo dependencia de cada uno de estas.

También se puede observar el dato de coeficiente de variación, cuyo valor de 2,31% indica que los datos son altamente confiables, según Ochoa (2010).

### 5.4.2.2. Comparación de medias de rendimiento de materia seca

En la cuadro 9, los datos de rendimiento en materia seca, son similares a los obtenidos por Mendoza (2009) en su trabajo realizado en producción de cebada (*Hordeum vulgare*) bajo sistema hidropónico, en cuatro soluciones nutritivas. Cuyos resultados dieron rangos de rendimientos de 3.5 Kg/m<sup>2</sup> – 2.82 Kg/m<sup>2</sup>. Según Castañon *et al.* (2010), indica que los nutrientes de un alimento radica en que los rumiantes regulan su consumo de alimento básicamente por el consumo de materia seca, ya que constituye el denominador común en la determinación del valor nutritivo de los distintos alimentos.

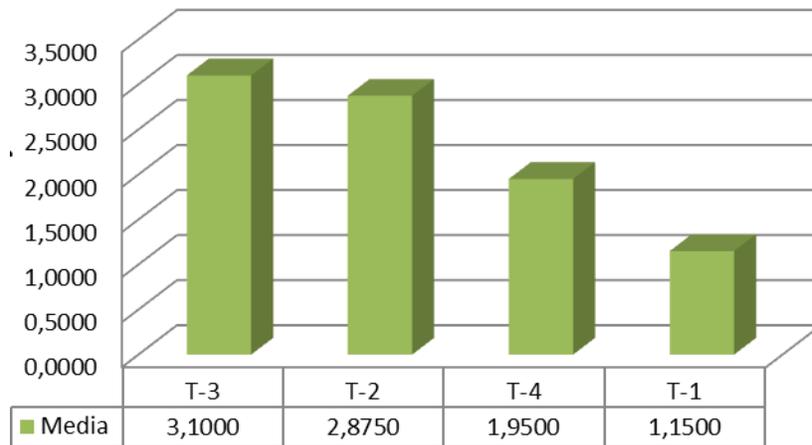
**Cuadro 9. Rendimiento en materia seca**

Tratamiento	Media	Prueba de Duncan (P < 0.05)
T-3	3,1000	A
T-2	2,8750	A
T-4	1,9500	B
T-1	1,1500	C

Fuente: Elaboración propia

En la figura 12, los datos que se observan son los valores del porcentaje de materia seca de cada tratamiento mostrando los mejores resultados en el tratamiento T3, seguidamente del T2, T4 y el inferior el T1.

Pero Luna (2013), reporto rangos de rendimiento promedio de FVH de cebada en materia seca por unidad de superficie, 9,80 kg/m<sup>2</sup> del método Tarrillo, seguido por el método FAO de 9,48 kg/m<sup>2</sup> y 9,39 kg/m<sup>2</sup> por el método La Molina.



Fuente: Elaboración propia

**Figura 12. Rendimiento en materia seca**

Los componentes principales de la materia seca son polisacáridos de la pared celular y lignina, además de componentes del protoplasma, incluyendo proteínas, lípidos, aminoácidos, ácidos orgánicos y determinados elementos, como potasio, que existen

como iones pero que no forman parte esencial de compuestos orgánicos alguno (Gallardo, 1997).

El mismo autor agrega que el alto contenido de agua del forraje es una ventaja para los animales, en especial durante la época de estiaje, donde el recurso agua es escaso y la existente queda congelada, en el invierno, hasta pasado el mediodía.

### 5.5. Análisis de calidad nutritiva de FVH

De acuerdo a los análisis bromatológicos resultados en laboratorio de FVH en diferentes tratamientos existen diferencia referente a un valor nutricional.

Los datos que observamos en el cuadro 10, nos muestra la diferencia del valor nutritivo del forraje verde hidropónico, en la cual se observa que el tratamiento T3 tiene los rangos más altos a diferencia de los otros tratamiento y se detallan cada una de las mismas a continuación.

**Cuadro 10. Datos de laboratorio del análisis bromatológico**

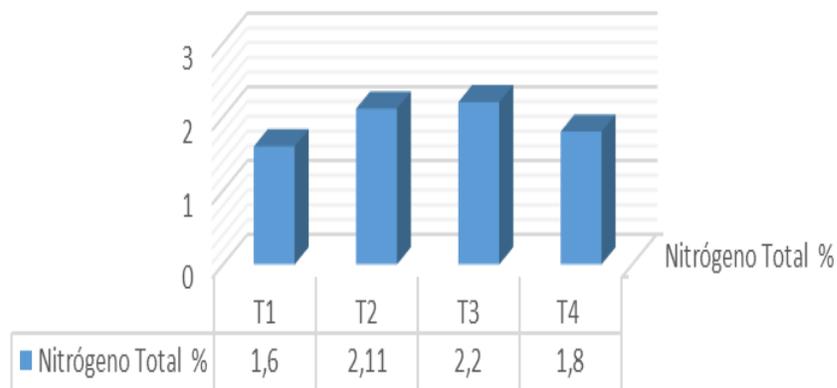
Parámetros	Unidad	T1	T2	T3	T4	Rango Max.	Rango Min.	Promedio
Nitrógeno Total	%	1,6	2,11	2,2	1,8	2,2	1,6	1,9
Materia Orgánica	%	70	91	98	82	98	70	85,3
Fosforo Total	Mg/kg	401	520	653	439	653	401	503,3
Cenizas	%	2,5	2,7	2,9	2,6	2,9	2,5	2,7
Potasio Total	Mg/kg	2532	5875	6788	6444	6788	2532	5409,8
Proteína Cruda	%	11	12	13	12	13	11	12,0
Materia Seca	%	15	20	21	19	21	15	18,8

Fuente: Elaboración propia

### 5.5.1. Nitrógeno total

En la presente investigación se obtuvieron valores de nitrógeno no menores a 1,67% del tratamiento T1 y un máximo de 2,2% correspondiente al tratamiento T3 y un promedio de 1,9%. Como podemos observar en la figura 13, entonces estos valores alcanzados de nitrógeno son similares a los obtenidos por Mendoza (2009), que en su trabajo realizado en producción de cebada (*Hordeum vulgare*) obtuvo valores de nitrógeno de 1,71 a 2,1%.

Pero Andriolo (1999), menciona que el contenido de nitrógeno en los materiales hidropónicos es mayor a edades tempranas. Lo anterior se debe a que en las plantas jóvenes el crecimiento está relacionado principalmente, con un aumento en la superficie de las hojas que son los órganos ricos en nitrógeno.



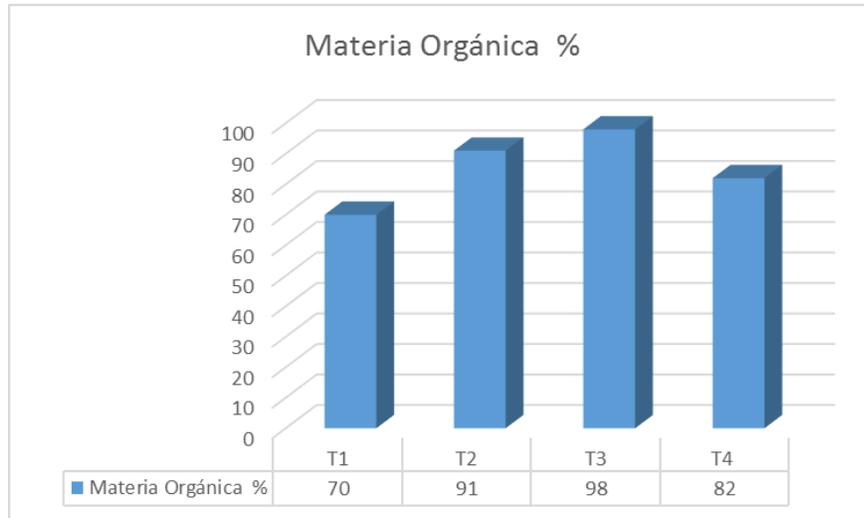
Fuente: Elaboración propia

**Figura 13. Análisis del forraje verde hidropónico para nitrógeno total**

### 5.5.2. Materia orgánica

En la figura 14, se observa claramente la uniformidad de los rangos destacándose el tratamiento T3 con 98% y un mínimo en el T1 con 70% y un promedio de 85,3% de materia orgánica.

Gómez (2007), Registro promedios de materia orgánica en forraje verde hidropónico de 96,62%, 96,59% y 96,47%. Pero Ortega (2004), encontró valores similares que van desde 95,86% a 96,29% de materia orgánica.



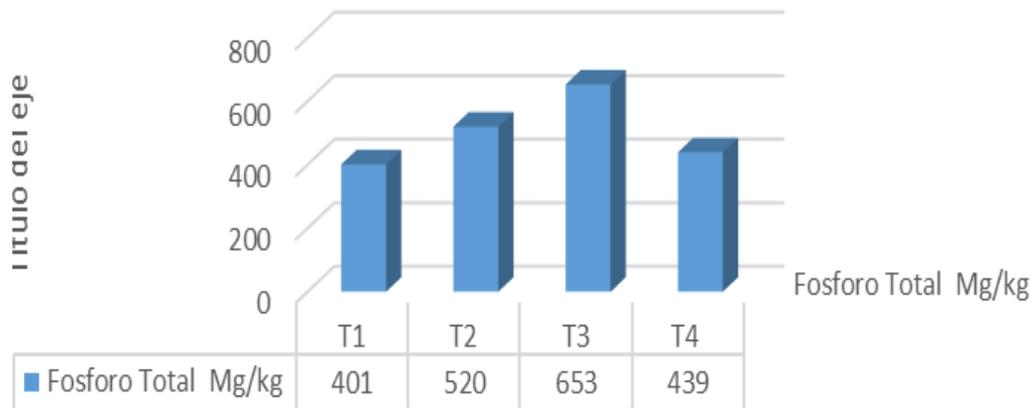
Fuente: Elaboración propia

**Figura 14. Análisis del forraje verde hidropónico para la materia orgánica**

### 5.5.3. Fósforo total

En la figura 15, se observa los rangos del fósforo total con un máximo de 653 mg/kg en el T3, mínimo en el T1 con 401 mg/kg y un promedio de 503,3 mg/kg de fósforo total en el forraje verde hidropónico.

En este sentido Gallardo (1997), obtuvo un contenido de fósforo total máximo de 118.06 mg/kg, explicando que “la productividad de las plantas de cebada está íntimamente relacionado con el metabolismo del fósforo, el mismo que se asimila mayormente en las horas del día y se incorpora rápidamente en la composición de los nucleótidos. Posteriormente el fósforo del ATP se utiliza en la formación de las hexosafosfatos, los nucleoproteidos, y los fosfoproteidos”, Genkel citado por (Gallardo, 1997).



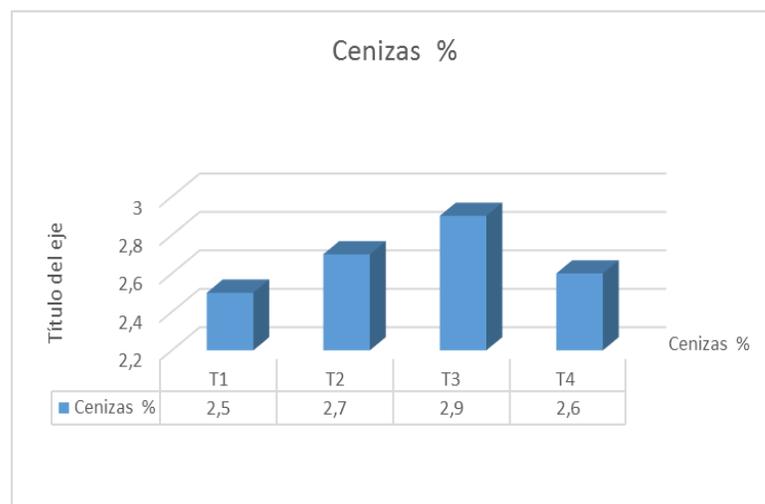
Fuente: Elaboración propia

**Figura 15. Análisis del forraje verde hidropónico para el fosforo total**

#### 5.5.4. Cenizas

Como se observa en la figura 16, el T3 alcanzó un rango máximo de 2,9% y un mínimo en el T1 con 2,5%, con un promedio de 2,7%.

Pero Gómez (2007), registro los mejores rangos que alcanzaron de 2,47% y 2,39% de ceniza, los valores registrados en el presente trabajo de estudio son superiores a los registrados por Gómez.



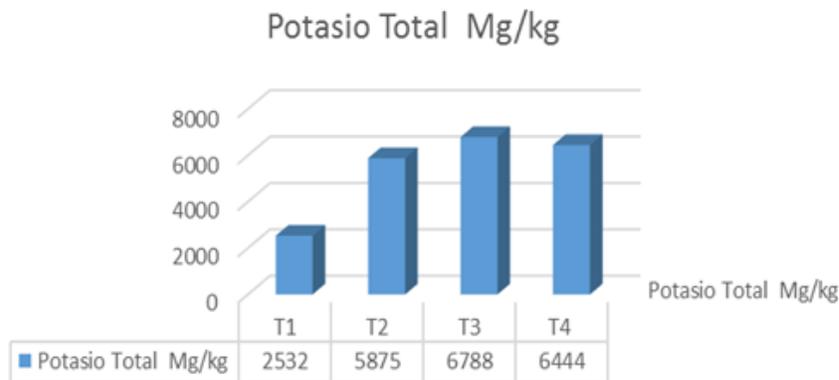
Fuente: Elaboración propia

**Figura 16. Análisis del forraje verde hidropónico para la ceniza**

### 5.5.5. Potasio total

En cuanto al contenido de potasio total, los valores se pueden observar en la figura 17, que los tratamientos T3 con 6788 mg/kg el cual fue el valor más alto registrado en el trabajo, seguido por los tratamientos T4, T2 y el T1 el cual obtuvo el valor más bajo con 2532 mg/kg.

Según Cantunta (2015), en la evaluación de 2 variedades de cebada encontró valores aproximados en los tratamientos V2D2 (Variable 2, Dosis 2) con 6929 mg/kg y el más bajo el V1D1 (Variable 1, Dosis 1) con 5224 mg/kg experimentalmente.



Fuente: Elaboración propia

**Figura 17. Análisis del forraje verde hidropónico para el potasio total**

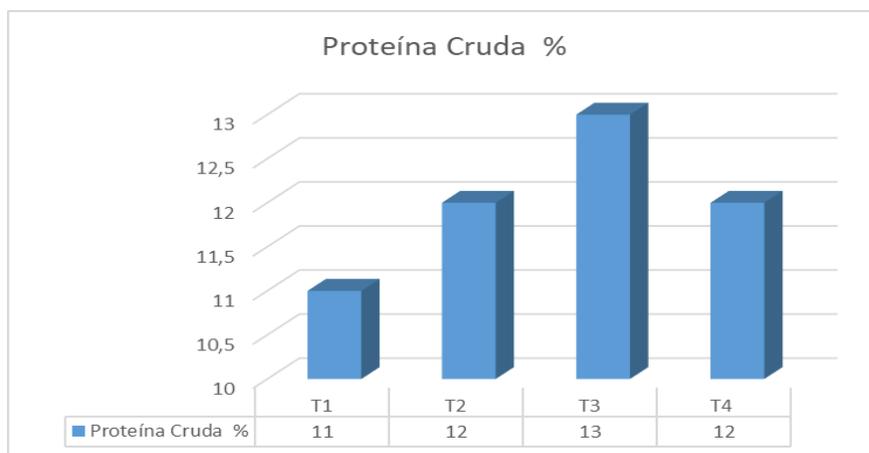
### 5.5.6. Proteína cruda

En la figura 18, se observa las diferencias del contenido de proteína cruda (PC) alcanzado por cada tratamiento con un rango máximo de 13% en el T3, seguido con el 12% el T4 y T2 a diferencia mínima del T1 con 11%.

Con referencia a este parámetro (Catunta, 2015) encontró datos similares al trabajo experimental al igual que (Alcazar, 1997).

Mendoza (2009), registro datos de proteína cruda mayores de 10,69% y menores a 15.45% de proteína cruda (PC). Entonces la PC está conformada por dos fracciones: la Proteína Verdadera que son las cadenas de aminoácidos y el Nitrógeno no Proteico

compuesto de aminas, aminoácidos libres, pigmentos, sales de amonio, alcaloides, glucósidos, etc.



Fuente: Elaboración propia

**Figura 18. Análisis del forraje verde hidropónico para la proteína cruda**

## 5.6. Análisis de evaluación económica

### 5.6.1. Costos de producción

En el cuadro 11, se observan los costos fijos y variables donde el ítem con mayor costo es el de la semilla y los costos del caldo de humus de lombriz, para los tratamientos T2, T3 y T4, la mano de obra es la misma para todo el experimento.

**Cuadro 11. Costos de producción por cada tratamiento**

20 ciclos de 15 días/año					
ITEM	costos Bs/M2	T1	T2	T3	T4
<b>costos fijos (vida útil de 5 años)</b>					
construcción del ambiente hidropónico	80	0,8	0,8	0,8	0,8
construcción de estantes de producción	96	0,96	0,96	0,96	0,96
bandejas de producción	30	0,3	0,3	0,3	0,3
equipos	25	0,25	0,25	0,25	0,25
<b>total costos fijos</b>	<b>231</b>	<b>2,31</b>	<b>2,31</b>	<b>2,31</b>	<b>2,31</b>

<b>costos variables</b>					
semilla de cebada	60	15	15	15	15
caldo de humus de lombriz	45	0	5	10	20
hipoclorito de sodio	0,8	0,2	0,2	0,2	0,2
mano de obra	80	20	20	20	20
<b>total de costos variables</b>	<b>185,8</b>	<b>35,2</b>	<b>40,2</b>	<b>45,2</b>	<b>55,2</b>
<b>total costos (fijos y variables)</b>	<b>416,8</b>	<b>37,51</b>	<b>42,51</b>	<b>47,51</b>	<b>57,51</b>

Fuente: Elaboración propia

## 5.6.2. Análisis de variables económicas

### 5.6.2.1. Ingreso de la producción del FVH

Los datos que se observan en el cuadro 12, se muestra que en cada tratamiento tienen ingresos diferentes debido a que el rendimiento es diferente en cada tratamiento, entonces decimos que el ingreso se debe según al rendimiento de cada tratamiento.

**Cuadro 12. Ingresos de la producción del forraje verde hidropónico**

	<b>total</b>	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>	<b>T4</b>
<b>I.B. = R* P</b>	195,2	25	50,2	70,5	49,5

Fuente: Elaboración propia

### 5.6.2.2. Relación Beneficio/Costo para cada tratamiento de FVH

En el cuadro 13, de acuerdo a los resultados del Beneficio/Costo son directamente proporcionales al rendimiento que tengas estos mismos, donde se observa que el T3 con un B/C de 1,48 Bs. Seguido del T2 con un B/C de 1,18 Bs., a diferencia del B/C del T4 con 0,86 Bs y T1 con 0,67 Bs.

**Cuadro 13. Relación Beneficio/Costo para cada tratamiento**

	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>	<b>T4</b>
<b>B/C</b>	0,67	1,18	1,48	0,86

Fuente: Elaboración propia

En el cuadro 14, nos indican el resumen de los valores del análisis económico la cual nos indican que es rentable ya que los valores son mayores a 1 Bs y que

económicamente es factible trabajar con el tratamiento T3 con un 10% de caldo de humus de lombriz para el forraje verde hidropónico.

**Cuadro 14. Análisis de costos de producción, rendimiento y B/C**

<b>ITEM</b>	<b>T 1</b>	<b>T 2</b>	<b>T 3</b>	<b>T 4</b>
Costos de producción	37,51	42,51	47,51	57,51
Rendimiento	10,0	12,7	19,9	11,6
Precio (Kg)	4,0	4,0	4,0	4,0
I.B.	25	50,2	70,5	49,5
B/C	0,67	1,18	1,48	0,86

Fuente: Elaboración propia

## 6. CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos en el presente estudio se tienen las siguientes conclusiones:

- El porcentaje de germinación obtenida en las semillas de la variedad cervecera hasta los 4 días, manifestó un promedio de 91,5% lo cual indica la alta viabilidad con un promedio de semillas no germinadas de 8,5%, a una temperatura promedio de 14,3 °C.
- La altura de plantas de FVH determinó una diferencia altamente significativa entre tratamientos obteniendo en el tratamiento T3 la superioridad con 19 cm de altura respecto al T2 con 13,3 cm, T4 con 10,3 cm y T1 con 7,7 cm de altura respectivamente.
- En el análisis de la calidad nutritiva del FVH, para cada tratamiento mediante el análisis bromatológico en laboratorio, manifestó variabilidad nutritiva, obteniendo en el T3 su valor más alto, seguido de T2 como intermedio y T4, T1 con valores pobres.
- Referente al rendimiento de la materia verde, difieren de manera altamente significativa entre los tratamientos como, manifestando el T3 el valor promedio superior de 13,9 Kg/m<sup>2</sup>, seguido de T2 con 12,7 Kg/m<sup>2</sup>, T4 con 11,6 Kg/m<sup>2</sup> y el T1 con 10,0 Kg/m<sup>2</sup> respectivamente.
- El rendimiento de materia seca (Kg/m<sup>2</sup>), difieren de manera altamente significativa con un CV de 2,31%, entre tratamientos manifestándose heterogeneidad superioridad en el tratamiento T3 con un valor superior de 3,1 Kg/m<sup>2</sup> seguidamente del T2 con 2,87 Kg/m<sup>2</sup>, T4 con 1,95 Kg/m<sup>2</sup> y el T1 con 1,15 Kg/m<sup>2</sup>.
- El análisis económico, de acuerdo a los resultados del beneficio/costo, establece que el tratamiento T3 es mejor con un B/C de 1,48 Bs. Seguido de T2, T4 y T1

con valores de 1,18 Bs., 0,86 Bs y 0,67 Bs.; indicando que los valores mayores a 1 Bs., son económica rentables a diferencia de los menores conduciendo que el T3 y T2 son factibles para la producción de FVH con un 5 % y 10% de caldo de humus de lombriz.

## 7. RECOMENDACIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos se recomienda lo siguiente:

- Continuar con el estudio de la producción de Forraje Verde Hidropónico con caldo de humus de lombriz a diferentes dosis entre 5% y 10% mismas que son económica rentables con diferentes variedades de forraje.
- Estudiar la producción de Forraje Verde Hidropónico con la aplicación de abonos orgánicos líquidos como el lixiviado de humus con nuevas dosis de aplicación.
- Uso de semilla de otras variedades como: criolla, IBTA 80, capuchina, gloria y otros analizando la económicamente, respecto en base a factores de las pruebas de pureza física y germinación.
- Alternativas tecnológicas de uso, de los métodos de reciclaje para disminuir los costos de producción de forraje verde hidropónico (FVH).

## 8. BIBLIOGRAFIA

- ABAD, M. 1995. Sustratos para el cultivo sin suelo. Ed. Mundi-Prensa. Madrid, España. p 108.
- ALMAGUER L. Juan, REYES L. Vladimir, REYES H. Alfredo, VILLA P. Oniel, 2012. "EVALUACIÓN DEL EFECTO DEL HUMUS LÍQUIDO OBTENIDO POR TRES MÉTODOS, EN CONDICIONES DE MACETA Y DE CAMPO, UTILIZANDO MAÍZ (ZEA MAYS.L.) Y REMOLACHA AZUCARERA (BETTA VULGARIS, L) RESPECTIVAMENTE" revista científica DELOS. Desarrollo Local Sostenible Vol 5, Nº 15 Universidad de Sancti Spiritus. p. 35.
- ALVAREZ, Fernando., 2012. "Manual de producción de forraje verde hidropónico" Perú 2012. p. 150
- ANDRIOLO, J. 1999. Fisiología das culturas protegidas. Santa María, Brasil. Editorial UFSM. p. 142.
- AQUINO C. Eloy, 2010. "Producción, manejo y uso de forraje verde hidropónico para zonas de altura" Agencia de Cooperación Internacional del Japón Proyecto Suma Uma La paz – Bolivia, Agosto 2010. p. 75.
- BUENO, M. Y DIAZ, B. J. (2012) Factores que afectan el proceso de Compostaje. Departamento de Ingeniería Química, Química Física y Química orgánica. Universidad de Huelva. Facultad de Ciencias Experimentales. Campus El Carmen. 21071. Huelva p. 120.
- CALDERÓN, G. 2001. Historia de la Hidroponía y de la Nutrición Vegetal (en línea). Bogotá, Colombia. Disponible en: <http://www.drcalderonlabs.com/index.html>.
- CALLES, D. 2005. Evaluación de la Producción y Calidad del Forraje Verde Hidropónico de Cebada con la utilización de diferentes Niveles de Azufre y su respuesta en

- Ganado Lechero. Tesis de Grado. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba – Ecuador. p.43, 45, 50, 60.
- CALZADA, J. 1982. Métodos estadísticos para la investigación Editorial. Milagros S.A. quinta edición. Lima Perú. p. 550.
- CAPISTRÁN, F., Aranda, D., Romero, J.C. 2004. Manual de Reciclaje, Compostaje, y Lombricompostaje. Instituto de ecología, A.C. Xalapa., Ver. México. p.155.
- CARBALLIDO, 2007. Forraje Verde Hidropónico. En artículos silbo agropecuarios. Disponible en: <http://www.agroportal.cl/>, el artículo /88consultoria forrajera Chile
- CARBALLO, C. 2000. Manual de procedimientos para germinar granos para la alimentación animal (en línea). Culiacán, México. Consultado 22 jun. 2007. Disponible en: <http://www.zoetecnocampo.com/Documentos/germinados.htm>.
- CASTAÑÓN, V.; Rivera, W. S/F. Apuntes de Nutrición Animal. Universidad Mayor de San Andrés UMSA, Facultad de Agronomía, carrera ingeniería agronómica, área de zootecnia. La paz – Bolivia. p 153
- CASTRO, R. 2007. Rendimiento de tomates híbridos (*Lycopersicon esculentum*) bajo sistema hidropónico en sustrato en el centro experimental de Cota Cotade datos agronómicos CIMMYT. México DF. p. 77.
- CHILON, E. 1997. Manual de fertilidad de suelos y nutrición de plantas. Ed. Centro de investigación y difusión de alternativas tecnológicas para el desarrollo (C.I.D.A.T). La paz – Bolivia p. 185
- CORLAY Ch.,; Ferrera, C.R.; Etchevers, J.; Echegaray, A.A; Santizo, R. J. A.1999. Cinética de grupos microbianos en el proceso de producción de compostas y Vermicompostas, Agro ciencia p.33 - 375-380.
- DICCIONARIO DE LA LENGUA ESPAÑOLA (22.<sup>a</sup> EDICIÓN), REAL ACADEMIA ESPAÑOLA, 2001.

- DOSAL, J.J.M. 1987. Efecto de la dosis de siembra, época de cosecha y fertilización sobre la calidad y cantidad de forraje de avena producido bajo condiciones de hidroponía. Ed. Universidad de Concepción. Ch. p. 252.
- ELIZONDO, J. 2005. Forraje verde hidropónico. Una alternativa para la alimentación animal. Revista ECAG informa (32). p. 36-39
- ESCARIATA, 2013. Fertilizantes foliares Disponible en <http://blogjardineria.com/que-es-un-fertilizante-foliar/> visitado por última vez 6/10/13
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations), 2001. "Manual Técnico Forraje Verde Hidropónico" Santiago – Chile p. 350.
- FAVELA, E., PRECIADO, P., BENAVIDES, A. 2006. Manual para la preparación de soluciones nutritivas. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Torreón, Coahuila.
- GAMLA, 2014. Gobierno Autónomo Municipal de La Paz [http://www.lapaz.bo/index.php?option=com\\_content&view=article&id=3.el-clima&catid=66.sobre-la-ciudad&Itemid=455](http://www.lapaz.bo/index.php?option=com_content&view=article&id=3.el-clima&catid=66.sobre-la-ciudad&Itemid=455)
- GARDUÑO T. Fernando, 2011. "Modelo de producción de forraje verde Mediante hidroponía" Instituto Politécnico Nacional MÉXICO D.F., 9 de junio de 2011.
- GOMEZ H. María Isabel, 2007. "Evaluación del forraje verde hidropónico de maíz y cebada con diferentes dosis de siembra para las etapas de crecimiento y engorde de cuyes" Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias Pecuarias, Escuela de Ingeniería Zootecnia, Tesis de grado, Riobamba – Ecuador. 75 p.
- GONZÁLEZ, 2003, Forraje Verde Hidropónico. Fundación Produce Jalisco AC México, 25p.

- GRUPO TÉCNICO DE BIOFÁBRICAS Y PLÁTANO. (2004). Humus líquido y tecnología de obtención y aplicación. MINAGRI. 5p.
- HIDALGO M., 1985. Producción de Forraje en Condiciones de Hidroponía I Evaluaciones Preliminares en Avena y Triticale. Universidad de Concepción Chilán - Chile 1985.
- IGLESIAS María y CASCO Cristian., 2005. "Producción de Biofertilizantes Líquidos a base de lombricompuestos" Universidad Nacional del Noreste Comunicaciones Científicas y Tecnológicas, resumen PDF 4 p.
- INFOAGRO, 2013. Semilla disponible en:  
.http://infoagro.com/semillas\_viveros/semillas\_viveros.htm
- IZQUIERDO, Juan. 2001. Manual Técnico "Forraje Verde Hidropónico" de FAO para América Latina y el caribe. Ediciones FAO Santiago – Chile.
- KONONOVA, 1961. La importancia de la materia orgánica en el suelo la formación y la fertilidad. Nueva York: Pergamon Press, 1961. p. 165-200.
- LABRADOR, J. 1996. La Materia orgánica en los Agrosistemas. Mundi – Prensa Madrid, España.
- LANGLAIS, C. Y RYCKERVAERT, P. 2001. Guía de los cultivos protegidos de Hortalizas en zona templada húmeda. Pdf.
- LOMBRICULTURA PACHAMAMA S.A. Humus de lombriz y su aplicación Viña del Mar – Chile s/f . Disponible en línea [www.lombricultura.cl/index](http://www.lombricultura.cl/index) formato pdf p.6
- MARTÍNEZ, C. 1996. Potencial de la Lombricultura. México.Lombricultura Técnica Mexicana.

- MEZA, C. Z., OLIVARES, S. E., GUTIERREZ, O. ERASMO, 2005, Evaluación productiva de FVH de maíz, memorias XXIII ciclo de seminarios 2005. División de Posgrado facultad de Agronomía UANL.
- MOKATE, K. 1998. Evaluación financiera de proyectos de inversión. Ediciones
- MULLER, L. ; Manfron, P. ; Hedlund, A. ; Petter , S. ; Brandão, I. 2012, EFECTO VERMICOMPOST EN LA PRODUCCIÓN Y CALIDAD NUTRICIONAL DE FORRAJE HIDROPONÍA TRIGO EN FECHAS cosechas DIFERENTES Universidad Federal de Santa Maria. UFSM. Santa Maria - RS. Brasil. Disponible en <http://www.encyclopedibiosferabra.edu.br/pdf>.
- MÜLLER, L; Manfron, P; Santos, O; Medeiros, S; Haut, V; Dourado, D; Binotto, E; Bandeira, A. 2005. Producción y composición bromatológica de forraje hidropónico de maíz (*Zea mays* L.) con diferentes densidades de siembra y días de cosecha. Brasil. Zootecnia Tropical 23(2). 105-119.
- NAVARRETE Omar., 2008. “Estudio de la productividad de dos gramíneas (*Hordeumvulgare* y *Triticumaestivum*) y una leguminosa (*Vicia sp.*) Para forraje verde hidropónico (FVH) con tres cortes sucesivos en la granja ECAA” .Tesis Ing. Agrp.Ibarra Ecuador Pontifica Universidad Católica del Ecuador SEDE – IBARRA PUCE – SI Escuela de Ciencias Agrícolas y Ambientales ECAA. 96p.
- NICOLA, MC., 2002. Cultivo hidropónico da alface utilizando soluções nutritivas Orgánicas Pelotas: Universidad de Pelotas / Facultad de Agronomía Eliseu Maciel, p. 62 Brasil.
- ORTEGA, M. 2004 Evaluación de los intervalos de escurrimiento de la semilla durante el periodo de remojo para producir Forraje Verde Hidropónico y su evaluación en la alimentación de vacas lecheras. Tesis de Grado Escuela Superior Politecnica de Chimborazo. Riobamba – Ecuador.

- P.D.L.A. 2005. Producción de Forrajes Programa de Desarrollo Lechero del Altiplano. Editorial Grafica Offset "VELOZ" Oruro – Bolivia. Pp. 80 - 95
- PÉREZ, Árido, Céspedes Carlos, Núñez Pedro CARACTERIZACIÓN FÍSICA-QUÍMICA Y BIOLÓGICA DE ENMIENDAS ORGÁNICAS APLICADAS EN LA PRODUCCIÓN DE CULTIVOS EN REPÚBLICA DOMINICANA Investigadores, Instituto Dominicano de Investigaciones Agropecuarias y Forestales. Avenida Imbert #5, Las Carolinas, La Vega, República Dominicana. 2008.
- PEREZ, José. 1999. "Manual de Cultivos Hidropónicos "Colombia
- PERRIN, R; WINKELMANN, D. MOSCARDI, E. ANDRESON, J .1998. Manual Metodológico de la evaluación económica .la formulación de recomendaciones de datos agronómicos CIMMYT. México Distrito Federal. 77 p.
- QUISPE, A. 2013. Rendimiento de cebada y avena como forraje verde hidropónico en relación a la densidad de Siembra en carpa solar, Tesis de grado para obtener el título de ingeniero agrónomo, carrera ingeniería agronómica , facultad de Agronomía Universidad Mayor de San Andres UMSA. La paz – Bolivia 95 p.
- RIVEROS, A. S. 2010.Inducción de Resistencia de las Plantas. Interacción. Planta– Patógeno. Universidad de Tolima Ibagué. San José C.R.
- RODRIGUEZ, G., 2003. "Forraje Verde Hidropónico". Universidad Autónoma de Chihuahua.Chihuahuamexicodisponibleen.<http://www.lamolina.edu.pe/boletin21/default>.
- RODRÍGUEZ, S. 2000. Hidroponía una solución de producción en Chihuahua, México. Boletín Informativo dela Red Hidroponía N° 9. Lima, Perú.
- ROGER., J.M.2004. El cultivo de la cebada y del trigo. Ed. Trillas, Buenos Aires, Argentina, pp 140.

SANCHEZ, A., s/f "Hidroponía, una gota viva de esperanza" Programa de Capacitación Productiva (PRO.CA.PRO. – JUNAE – DINA.E. MTSS). Disponible en.[http://www.mgap.gub.uy/bibliotecasdelmgap/bibliotecacentral/boletines/B6Publicaciones/Articulo\\_AlvaroSanchez.pdf](http://www.mgap.gub.uy/bibliotecasdelmgap/bibliotecacentral/boletines/B6Publicaciones/Articulo_AlvaroSanchez.pdf)

SÁNCHEZ, C. R. 2005. Hidroponía (en línea). Lima, Perú. Disponible en: [www.mtss.gub.uy](http://www.mtss.gub.uy)

SNEATH, R; MCINTOSH, F. 2003. Review of hydroponic fodder production for beef cattle. On farm. Meat & Livestock Australia Limited. Australia. 54 p.

SOTO, G., y MUÑOZ, C. 2002. Consideraciones teóricas y prácticas sobre el compost y su empleo en la agricultura orgánica. Manejo Integrado de Plagas (Costa Rica). (65).123-129.

TAIZ, L; ZERGE, E. 2003. Fisiología vegetal. 3° edición. EditorialArtemed, Porto AlegreBrasil. 720 p.

TARRILLO, H. 2007. Forraje verde hidropónico, forraje de alta calidad, para la alimentación animal (en línea). Arequipa, Perú. Consultado el 15 jun. 2007. Disponible en.<http://www.ofertasagricolas.cl/articulos/print.php?id=88>

UNIVERSIDAD AGRARIA LA MOLINA. 2007. Hidroponía. (en línea). Lima, Pe. Consultado 1 de octubre. 2014. Disponible en.<http://www.lamolina.edu.pe/hidroponia/>

URRESTARAZU G., M. 2004. Tratado de cultivo sin suelo. 3ª ed. Editorial Mundi-Prensa. Barcelona, España.

VALDIVIA, E. 1997. Producción de forraje verde hidropónico. Conferencia Internacional de Hidroponía Comercial. Lima, Perú. p. 59

VILLALBA Julio César, (s/f). Lombricultura Estudiante de agronomía de la sede Universidad Nacional del Caaguazú-Facultad Ciencias de Producción disponible en.

<http://www.monografias.com/trabajos83/la-lombricultura/la-lombricultura.shtml#ixzz3I18Cg8OQ>

WIKIPEDIA, 2013. Disponible en <http://es.wikipedia.org/wiki/Avena> ;  
<http://es.wikipedia.org/wiki/Cebada>

WING JR, ROJAS BA (2006) Nitrógeno Orgánico y químico en sorgo negro con cobertura permanente de mani forrajero. II. Fraccionamiento de la proteína. *Agron. Costarrica*.

***ANEXOS***

## **Anexo 1. Ambiente del estudio de investigación**



Fuente: Fotografía de la Estación Experimental de Patacamaya (2017)

## **Anexo 2. Bandejas hidropónicas**



Fuente: Fotografía de la Estación Experimental de Patacamaya (2017)

### Anexo 3. Bandejas con perforaciones en la base



Fuente: Fotografía de la Estación Experimental de Patacamaya (2017)

### Anexo 4. Interior del ambiente, para el área oscura



Fuente: Fotografía de la Estación Experimental de Patacamaya (2017)

### Anexo 5. Interior del ambiente, para el área clara



Fuente: Fotografía de la Estación Experimental de Patacamaya (2017)

### Anexo 6. Desinfección de la semilla con agua destilada



Fuente: Fotografía de la Estación Experimental de Patacamaya (2017)

## Anexo 7. Pesaje y preparación del caldo de humus de lombriz



Fuente: Fotografía de la Estación Experimental de Patacamaya (2017)

## Anexo 8. Oreo de la semilla



Fuente: Fotografía de la Estación Experimental de Patacamaya (2017)

## Anexo 9. Semillas de cebada en la fase de germinación



Fuente: Fotografía de la Estación Experimental de Patacamaya (2017)

## Anexo 10. siembra en las bandejas



Fuente: Fotografía de la Estación Experimental de Patacamaya (2017)

## **Anexo 11. Estante con las bandejas para la producción**



Fuente: Fotografía de la Estación Experimental de Patacamaya (2017)

## **Anexo 12. Porcentajes de emergencia de las plántulas**



Fuente: Fotografía de la Estación Experimental de Patacamaya (2017)

### **Anexo 13. Bandejas de la investigación con los diferentes tratamientos**



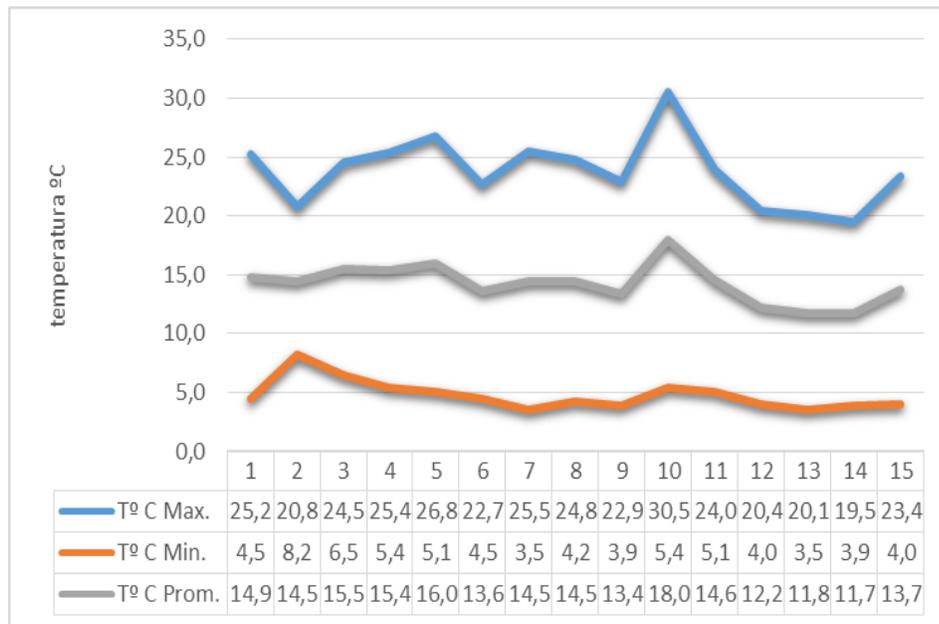
Fuente: Fotografía de la Estación Experimental de Patacamaya (2017)

### **Anexo 14. Medición de la altura de la plántula**



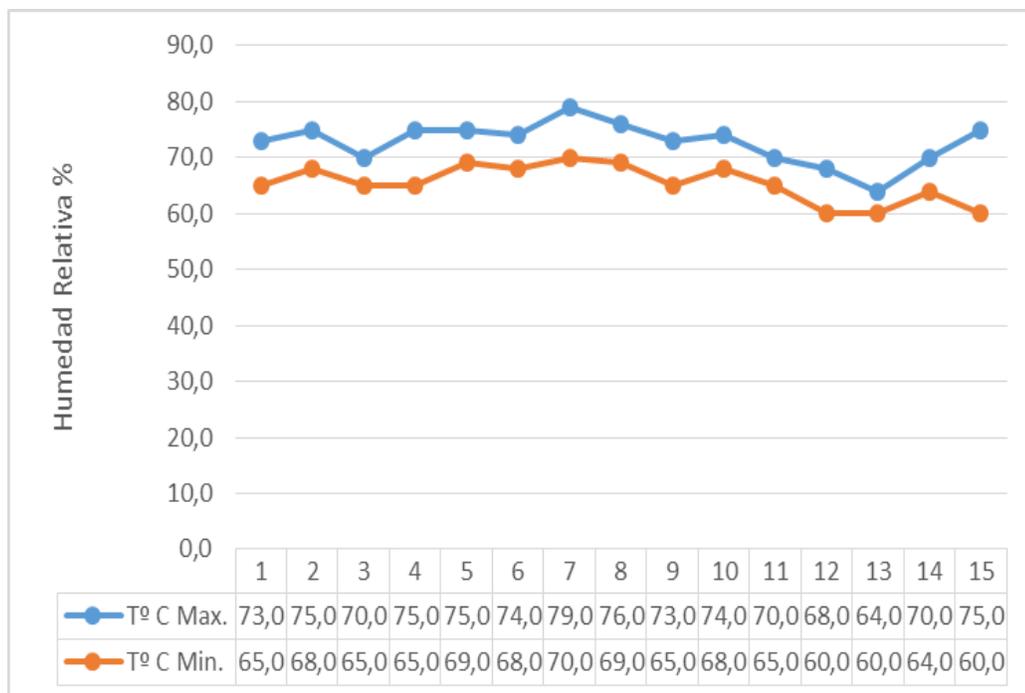
Fuente: Fotografía de la Estación Experimental de Patacamaya (2017)

**Anexo 15. Registro de las temperaturas máximas, mínimas y el promedio del mismo ambiente**



Fuente: Elaboración propia (2017)

**Anexo 16. Registro de la humedad relativa y el promedio del mismo ambiente**



Fuente: Elaboración propia (2017)

## Anexo 17. Respaldo de laboratorio del tratamiento 1

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



Informe de Ensayo MO 52/17

Página 1 de 4

### INFORME DE ENSAYO EN MATERIA ORGANICA MO 52/17

Cliente: Sr. Iver Condori Gutiérrez  
Dirección del cliente: El Alto, Av. Julio Cesar Valdez # 100  
Procedencia de la muestra: Estación Experimental de Patacamaya  
Provincia: Aroma  
Departamento: La Paz  
Punto de muestra: Cultivo hidropónico  
Responsable de la muestra: Sr. Iver Condori Gutiérrez  
Fecha de muestreo: 02 de noviembre de 2017  
Hora de muestreo: 08:00  
Fecha de recepción de la muestra: 02 de noviembre de 2017  
Fecha de ejecución del ensayo: Del 02 al 27 de noviembre de 2017  
Caracterización de la muestra: Cultivo Hidropónico  
Tipo de muestra: Compuesta  
Envase: Bolsa plástica  
Código LCA: 52-1  
Código original: T1

### Resultado de Análisis

Parámetros	Método	Unidad	Limite de determinación	T1 52-1
Nitrógeno Total	ASPT-88	%	0,0030	1,6
Materia Orgánica	Calcínación	%	5,0	70
Fosforo Total	Método Calcínación/ASPT 91	Mg/kg	0,40	401
Cenizas	Calcínación	%	5,0	2,5
Potasio Total	Microwave Reation Sisten/EPA 258.1	Mg/kg	8,0	2532
Proteína Cruda	ASTP-88	%	0,19	11
Materia Seca	Gravimétrico	%	0,10	15

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

La Paz, Diciembre 01 de 2017



cc:Arch  
JCH/LCA

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

## Anexo 18. Respaldo de laboratorio del tratamiento 2

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



Informe de Ensayo MO 52/17

Página 2 de 4

### INFORME DE ENSAYO EN MATERIA ORGANICA MO 52/17

Cliente: Sr. Iver Condori Gutiérrez  
Dirección del cliente: El Alto, Av. Julio Cesar Valdez # 100  
Procedencia de la muestra: Estación Experimental de Patacamaya  
Provincia: Aroma  
Departamento: La Paz  
Punto de muestra: Cultivo hidropónico  
Responsable de la muestra: Sr. Iver Condori Gutiérrez  
Fecha de muestreo: 02 de noviembre de 2017  
Hora de muestreo: 08:00  
Fecha de recepción de la muestra: 02 de noviembre de 2017  
Fecha de ejecución del ensayo: Del 02 al 27 de noviembre de 2017  
Caracterización de la muestra: Cultivo Hidropónico  
Tipo de muestra: Compuesta  
Envase: Bolsa plástica  
Código LCA: 52-2  
Código original: T2

### Resultado de Análisis

Parámetros	Método	Unidad	Límite de determinación	T2
Nitrógeno Total	ASPT-88	%	0,0030	2,11
Materia Orgánica	Calcinción	%	5,0	91
Fosforo Total	Método Calcinción/ASPT 91	Mg/kg	0,40	520
Cenizas	Calcinción	%	5,0	2,7
Potasio Total	Microwave Reation Sisten/EPA 258.1	Mg/kg	8,0	5875
Proteína Cruda	ASTP-88	%	0,19	12
Materia Seca	Gravimétrico	%	0,10	20

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

La Paz, Diciembre 01 de 2017



cc-Arch  
ICH/LCA

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

## Anexo 19. Respaldo de laboratorio del tratamiento 3

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



Informe de Ensayo MO 52/17

Página 3 de 4

### INFORME DE ENSAYO EN MATERIA ORGANICA MO 52/17

Cliete: Sr. Iver Condori Gutiérrez  
Dirección del cliete: El Alto, Av. Julio Cesar Valdez # 100  
Procedencia de la muestra: Estación Experimental de Patacamaya  
Provincia: Aroma  
Departamento: La Paz  
Punto de muestra: Cultivo hidropónico  
Responsable de la muestra: Sr. Iver Condori Gutiérrez  
Fecha de muestreo: 02 de noviembre de 2017  
Hora de muestreo: 08:00  
Fecha de recepción de la muestra: 02 de noviembre de 2017  
Fecha de ejecución del ensayo: Del 02 al 27 de noviembre de 2017  
Caracterización de la muestra: Cultivo Hidropónico  
Tipo de muestra: Compuesta  
Envase: Bolsa plástica  
Código LCA: 52-3  
Código original: T3

### Resultado de Análisis

Parámetros	Método	Unidad	Límite de determinación	T3
Nitrógeno Total	ASPT-88	%	0,0030	2,2
Materia Orgánica	Calcinación	%	5,0	98
Fosforo Total	Método Calcinación/ASPT 91	Mg/kg	0,40	653
Cenizas	Calcinación	%	5,0	2,9
Potasio Total	Microwave Reaction Sisten/EPA 258.1	Mg/kg	8,0	6788
Proteína Cruda	ASTP-88	%	0,19	13
Materia Seca	Gravimétrico	%	0,10	21

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

La Paz, Diciembre 01 de 2017

cc:Arch  
JCH/LCA



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

## Anexo 20. Respaldo de laboratorio del tratamiento 4

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



Informe de Ensayo MO 52/17

Página 4 de 4

### INFORME DE ENSAYO EN MATERIA ORGANICA MO 52/17

Cliente: Sr. Iver Condori Gutiérrez  
Dirección del cliente: El Alto, Av. Julio Cesar Valdez # 100  
Procedencia de la muestra: Estación Experimental de Patacamaya  
Provincia: Aroma  
Departamento: La Paz  
Punto de muestra: Cultivo hidropónico  
Responsable del muestra: Sr. Iver Condori Gutiérrez  
Fecha de muestreo: 02 de noviembre de 2017  
Hora de muestreo: 08:00  
Fecha de recepción de la muestra: 02 de noviembre de 2017  
Fecha de ejecución del ensayo: Del 02 al 27 de noviembre de 2017  
Caracterización de la muestra: Cultivo Hidropónico  
Tipo de muestra: Compuesta  
Envase: Bolsa plástica  
Código LCA: 52-4  
Código original: T4

### Resultado de Análisis

Parámetros	Método	Unidad	Límite de determinación	T4 52-4
Nitrógeno Total	ASPT-88	%	0,0030	1,8
Materia Orgánica	Calcinación	%	5,0	82
Fosforo Total	Método Calcinación/ASPT 91	Mg/kg	0,40	439
Cenizas	Calcinación	%	5,0	2,6
Potasio Total	Microwave Reation Sisten/EPA 258.1	Mg/kg	8,0	6444
Proteína Cruda	ASTP-88	%	0,19	12
Materia Seca	Gravimétrico	%	0,10	19

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

La Paz, Diciembre 01 de 2017

  
Ing. Jaime Chinchero Paragua  
Responsable Laboratorio De Calidad Ambiental



cc:Andr  
JCH/LCA

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