

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



TESIS DE GRADO

**EVALUACIÓN DEL EFECTO DE TRES TIPOS DE BIOINSUMOS EN EL CULTIVO
HIDROPONICO DE CEBADA (*Hordeum vulgare L.*) EN EL CENTRO
EXPERIMENTAL DE COTA COTA**

TAPIA PINTO DIONICIA

LA PAZ – BOLIVIA
2018

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

**EVALUACIÓN DEL EFECTO DE TRES TIPOS DE BIOINSUMOS EN EL CULTIVO
HIDROPONICO DE CEBADA (*Hordeum vulgare L.*) EN EL CENTRO EXPERIMENTAL
DE COTA COTA**



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

TAPIA PINTO DIONICIA

ASESOR:

Ing. Freddy Carlos Mena Herrera

.....

REVISORES:

Ing. Agr. Ph. D. David Cruz Choque

.....

Ing. Juan Jose Vicente Rojas

.....

Ing. Williams Alex Murillo Oporto

.....

Aprobada

Presidente Tribunal Examinador:

.....

2018

CONTENIDO GENERAL

Dedicatoria	I
Agradecimiento	II
Indice general.	III
Indice de cuadros.	VII
Indice de figuras	VIII
Indice de anexos	IX
Resumen	X
Summary	XII

Dedicatoria

Dedicado a mi familia:

A mis papás Sabinos y Catalina a que con su sacrificio y tiempo hicieron todo en la vida para que pudiera lograr mis sueños.

A mí esposo Heriberto que me apoyo durante mi carrera universitaria

A mi hija Nayra por darme las fuerzas necesarias para poder culminar mi carrera, gracias por ser el motor de mi vida.

Agradecimiento

A Dios por protegerme durante todo mi camino, darme fuerzas y sabiduría para superar obstáculos y dificultades a lo largo de toda mi vida, por bendecirme para llegar hasta donde he llegado.

A mis padres, Sabino Tapia y Catalina Pinto gracias a ustedes por el apoyo y la confianza que me brindaron en todo momento, recordando que tengo la capacidad de triunfar y salir siempre adelante los quiero mucho. A mis Hermanas Marta, Emiliana, Floren y a mi cuñado Fernando por sus apoyo y motivación para llegar a mis metas.

A mi esposo Heriberto Huanca y mi hija Nayra Huanca por su apoyo constante y cariño, por darme palabras de aliento para poder culminar mi tesis de grado.

Agradezco a mi asesor Ing. Carlos Mena por su apoyo incondicional para realizar el presente trabajo.

Al miembro tribunal revisor Ing. Msc. Juan José Vicente Rojas mi mayor agradecimiento por sus valiosos comentarios, así mismo al Ing. Agr. Ph. Dr. David Cruz Choque y al Ing. William Alex Murillo Oporto por las correcciones y observaciones realizadas a este trabajo.

A la Facultad de Agronomía que me abrió las puertas y me formo profesionalmente, a todos los decentes de la Carrera de Ingeniería Agronómica.

A todos mis amigos y amigas que siempre me han entregado su cariño y por todo el apoyo brindado a lo largo de estos años, sobre todo gracias por su amistad, que siempre me demostraron, por ser como los conozco les deseo la mejor suerte del mundo.

INDICE GENERAL

CONTENIDO	Pág.
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Objetivo	2
1.1.1. Objetivo general.....	2
1.1.2. Objetivo específicos.....	2
2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	3
2.1. Definición de hidroponía	3
2.2. Forraje verde hidropónico	3
2.3. Importancia del forraje verde hidropónico	4
2.4. Ventajas de producir FVH	4
2.4.1 Ahorro de agua	4
2.4.2. Espacio.....	5
2.4.3. Calidad de forraje.....	5
2.4.4. Menor costo de producción	6
2.4.5. Eficiencia de producción	6
2.4.6. Otras ventajas.....	7
2.5. Factores que influyen en la producción de forraje verde hidropónico	7
2.5.1. Iluminación.....	7
2.5.2. Temperatura	8
2.5.3. Oxigenación.....	8
2.5.4. Humedad	8
2.5.5. Calidad de la semilla	9
2.5.6. Calidad de agua de riego	9
2.6. Características generales del cultivo de cebada	9
2.6.1. Origen.....	9
2.6.2. Taxonomía de la cebada.....	10
2.6.3. Descripción botánica de la cebada.....	10
2.6.3.1 Raíz	10
2.6.3.2 Tallo	10

2.6.3.3 Hoja	10
2.6.3.4. Flores	11
2.6.3.5. Fruto	11
2.6.4. Ecología del cultivo	11
2.7. Densidad de siembra	11
2.8. Remojo y germinación de las semillas	12
2.8.1. Riegos de las bandejas.....	12
2.8.2. Nutrición de las plantas.....	13
2.8.3. Requerimiento nutritivo de la cebada bajo sistema hidropónico	13
2.8.4. Riego con soluciones nutritivas.....	14
2.9. Cosecha del forraje verde hidropónico	14
2.10. Rendimiento del forraje verde hidropónico.....	15
2.11. Fertilizantes orgánicos	15
2.11.1. Abonos orgánicos líquidos	16
2.11.2. Proceso de fermentación del abono líquido.....	17
2.12. Tipos de abonos orgánicos.....	18
2.12.1. Biol.....	18
2.12.1.1. Características del biol	18
2.12.1.2. Ventajas y desventajas del biol	18
2.12.1.3. Método de aplicación	19
2.12.2. Lixiviado de lombriz.....	19
2.12.2.1. Obtención del lixiviado de lombriz	19
2.12.2.2. Características del lixiviado de humus de lombriz (biozime)	20
2.12.3. Jiracha	21
2.12.3.1. Para qué sirve el jiriguano	21
2.12.3.2. Ventajas y desventajas de la jiracha o jiriguano	22
2.12.3.3. Fertilización con jiraguano	23
2.12.3.4. Características de la jiracha líquida	23
3. LOCALIZACIÓN.....	24
3.1. Ubicación geográfica	24

3.2. Condiciones climáticas del lugar	24
3.3. Ecosistema	25
3.4. Pisos ecológicos	25
4. MATERIALES Y METODOS	26
4.1 Materiales	26
4.1.1. Material biológico	26
4.1.2. Bioinsumos	26
4.1.3. Material de campo	26
4.1.4. Material de escritorio.....	26
4.2 Metodología.....	27
4.2.1. Procedimiento experimental.....	27
4.2.1.1. Acondicionamiento de la carpa solar.....	27
4.2.1.2. Selección y lavado de semilla	28
4.2.1.2.1. Desinfección y lavado de semillas	28
4.2.1.2.2. Remojo, oreo y pre germinación de las semillas	28
4.2.1.2.3. Siembra en las bandejas	28
4.2.1.3. Preparación de los abonos orgánicos	29
4.2.1.3.1. Preparación del abono líquido de jiracha	29
4.2.1.3.2. Recolecta del humus líquido	29
4.2.1.3.3. Recolecta del biol	30
4.2.1.4. Riego de las Bandejas	30
4.2.1.5. Cosecha.....	31
4.2.2. Diseño experimental	31
4.2.3. Factor de estudio	31
4.2.4. Croquis experimental	32
4.3. Variables de respuesta	32
4.3.1. Altura de la planta (cm)	32
4.3.2. Longitud de la raíz (cm)	32
4.3.3. Rendimiento del FVH en kg/m ²	32
4.3.4. Porcentaje de materia seca por tratamiento.....	33
4.3.5. Porcentaje de proteína cruda.....	33

4.3.6. Análisis económico.....	33
5. RESULTADOS Y DISCUSION	34
5.1 Factores que influyen en el desarrollo del cultivo hidropónico	34
5.1.1. Temperaturas registradas durante el desarrollo del cultivo de cebada.....	34
5.1.2. Humedad	35
5.1.3. Calidad de la semilla.....	35
5.1.4. Iluminación	35
5.2. Descripción de las variables de respuesta.....	36
5.2.1. Altura de la planta.....	36
5.2.1.1. Análisis de varianza para la altura de planta	37
5.2.1.2. Comparación de media para la altura de planta	38
5.2.2. Longitud de la raíz	39
5.2.2.1. Análisis de varianza para la longitud de la raíz.....	39
5.2.3. Rendimiento de Forraje Verde Hidropónico	40
5.2.3.1. Análisis de varianza para el rendimiento	40
5.2.4. Rendimiento de materia seca	42
5.2.4.1. Análisis de varianza para el rendimiento de materia seca	42
5.2.4.2. Porcentaje de Proteína Cruda.....	43
5.2.5. Costos de Producción.....	44
5.2.6.1. Ingresos de la Producción de Forraje Verde Hidropónico	45
6. CONCLUSIONES.....	47
7. RECOMENDACIONES.....	48
8. BIBLIOGRAFÍA.....	49
9. ANEXOS.....	56

INDICE DE CUADROS

CONTENIDO	Pág.
<i>Cuadro N°1: Requerimiento de agua para la producción de forraje en condiciones de campo y en condiciones controladas.</i>	<i>5</i>
<i>Cuadro N°2: Comparación entre las características del FVH (cebada) y otras fuentes alimenticias.</i>	<i>6</i>
<i>Cuadro N° 3: Resultados del análisis biol</i>	<i>18</i>
<i>Cuadro N° 4. Resultados del análisis químico del humus líquido</i>	<i>20</i>
<i>Cuadro N° 5. Contenido en nutrientes principales de la jiracha y estiércol.....</i>	<i>21</i>
<i>Cuadro N° 6. Análisis de varianza (ANVA) para altura de planta</i>	<i>37</i>
<i>Cuadro N° 7. Análisis de varianza para la longitud de la raíz.....</i>	<i>39</i>
<i>Cuadro N° 8. Análisis de varianza para el rendimiento de forraje verde hidropónico de cebada.....</i>	<i>40</i>
<i>Cuadro N° 9. Análisis de Varianza Para el Rendimiento de Materia Seca</i>	<i>42</i>
<i>Cuadro N°10: Análisis Físico Químico del Forraje</i>	<i>43</i>
<i>Cuadro N°11: Ingreso Bruto por m² y Por Ciclo de Producción de Forraje Verde Hidropónico de Cada Tratamiento.....</i>	<i>45</i>
<i>Cuadro N°12: Relación Beneficio/Costo de Cada Tratamiento.</i>	<i>45</i>

INDICE DE FIGURAS

CONTENIDO	Pág.
<i>Figura 1. Ubicación de la zona de ensayo.....</i>	<i>24</i>
<i>Figura 2. Croquis experimental.....</i>	<i>32</i>
<i>Figura 3. Temperatura media registrada en 15 días.....</i>	<i>34</i>
<i>Figura 4. Altura de planta en los 15 días.....</i>	<i>36</i>
<i>Figura 5. Prueba de Duncan para la altura de planta.....</i>	<i>38</i>
<i>Figura 6. Prueba de Duncan para el Rendimiento de Forraje Verde Hidropónico de Cebada con Abonos Orgánicos.....</i>	<i>41</i>

INDICE DE ANEXOS

CONTENIDO	Pág.
ANEXO 1. LAVADO Y DESINFECCIÓN DE LAS SEMILLAS	56
ANEXO 2. PESADO DE LAS SEMILLAS	56
ANEXO 3. DISTRIBUCIÓN Y PREPARACIÓN DE LOS TRATAMIENTOS PRE GERMINATIVOS.....	57
ANEXO 4. GERMINADO DE LA SEMILLA Y TRASPASO DE CÁMARA OSCURA PARA GERMINACIÓN	57
ANEXO 5. MARBETEADO Y TOMA DE DATOS.....	58
ANEXO 6. DESARROLLO Y PESADO DEL F.V.H.....	58
ANEXO 7. OBTENCIÓN DE MATERIA SECA	59
ANEXO 8. ANALISIS DE PROTIENA CRUDA.....	60
ANEXO 9. ANALISIS FISICO – QUIMICO DE LOS ABONOS ORGANICOS.....	62
ANEXO 10. PRECIOS UNITARIOS DE PRODUCCION.....	63

RESUMEN

En actualidad, el forraje para el ganado tiene una gran demanda por el déficit alimentario, por lo tanto, surge como una alternativa válida, la implementación de producción de Forraje Verde en la forma Hidropónica.

El presente trabajo de investigación fue realizado en la Centro Experimental de Cota Cota que depende de la universidad Mayor de San Andrés.

El objetivo de esta investigación es, mejorar la producción de Forraje Verde Hidropónico, utilizando diferentes abonos orgánicos como ser: Biol, Jiracha, y lixiviado de lombriz. Para encontrar la mejor alternativa de producción se utilizaron las siguientes variables: Altura de la planta (cm), longitud de la raíz (cm), rendimiento de Forraje Verde Hidropónico en Kg/m², porcentaje de proteína cruda, porcentaje de materia seca y Beneficio Costo, el cultivo hidropónico puede ser implementado en cualquier área y, no requiere grandes espacios.

La investigación, se realizó en un área de 6 m² en 12 bandejas de 1 m por 0,5 m y una altura de 0,05 m de alto, los mismos que fueron acondicionados previa desinfección con hipoclorito de sodio al 2%, dentro de una carpa solar. Las semillas seleccionadas fueron desinfectadas con hipoclorito de sodio al 1% por dos horas, luego se enjuagaron con abundante agua y remojadas por un tiempo de 24 horas, las mismas son oreadas por una hora para la siembra. Para la siembra, se pesaron 1,7 kg de semillas por bandeja, estas fueron llevadas a los estantes recubiertos con plástico negro (cámara oscura) para el proceso de germinación durante 5 días, el riego se inició con 0,5 litros de agua por bandeja/día, incrementándose hasta llegar a 0,75 litros por bandeja/día.

Los datos se obtuvieron a partir de la aplicación de abonos orgánicos, a los 7 días, 9 días, 11 días, 13 días y 15 días y finalmente se realizó la cosecha.

En el presente trabajo de investigación se utilizó el diseño exper. completamente al azar con 4 tratamientos (T1 = Aplicación de 50 ml de Biol disuelto en dos (2) litros de agua,

T2 = Aplicación de 2 ml de Humus líquido disuelto en dos (2) litros de agua, T3 = Aplicación de 20 ml de Jiracha disuelto en dos (2) litros de agua, T4 = Sin abono orgánico solo se le suministra con agua) y 3 repeticiones, en total con 12 unidades experimentales.

En la investigación, se han obtenido los siguientes resultados:

En relación a la altura de crecimiento de Forraje, se ha registrado una diferencia altamente significativa entre tratamientos, con una media general de 12,76 cm y un coeficiente de variación de 7,15%. Los mejores resultados obtenidos corresponden al T3 (Jiracha) que registró el mayor tamaño con 16,28 cm de altura.

El rendimiento de Forraje Verde Hidropónico (Kg/m²) también, muestra una diferencia altamente significativa entre tratamientos, con una media general de 6,39 Kg y un coeficiente de variación de 3,36%. El mejor resultado obtenido corresponden al T3 (Jiracha) que registró un rendimiento de 7.55 Kg MV en relación a los otros tratamientos.

En el análisis de porcentaje de proteína cruda en laboratorio, la mayor cantidad de proteína obtenida fue en el T3 (Jiracha) con 14 % de materia cruda.

El mejor B/C obtenido corresponde al tratamiento T3 (jiracha) con Bs. 1,47 de B/C seguido por los otros tratamientos.

El porcentaje de materia seca y la longitud de la raíz (cm), no fueron significativos en los resultados

SUMMARY

In actuality, fodder for livestock is in great demand, due to the food deficit, it appears as a valid alternative for the implementation of Hydroponic Green Forage production.

The present research work was carried out in the Cota Cota Experimental Center, which depends on the Universidad Mayor de San Andrés. With the objective of improving the production of Hydroponic Green Forage using different organic fertilizers (Biol, Jiracha, worm leach), where the following variables were studied: Height of the plant (cm), length of the root (cm), yield of Hydroponic Green Forage in Kg / m², percentage of crude protein, percentage of dry matter and Cost Benefit. To find the best production alternative, since it can be implemented in any area, it does not require large spaces.

The present research work was carried out in an area of 6 m² in 12 tray of 1 m by 0.5 m and a height of 0.05 m in height, they were conditioned after disinfection with 2% sodium hypochlorite, within a solar tent The selected seeds were disinfected with 1% sodium hypochlorite for two hours, then rinsed with plenty of water for soaking for a period of 24 hours, they are treated for one hour for sowing with a weight of 1.7 kg of seeds per tray these are taken to the shelves covered with black plastic for germination process for 5 days. On the fifth day of having come in contact with water, which was irrigated with 0.5 liters of water per tray / day, increasing to 0.75 liters per tray / day. In those 15 days the data was taken at 7 days, 9 days, 11 days, 13 days and 15 days, it was harvested.

In this research work we used completely random design with 4 treatment (T1 = Application of 50 ml of Biol dissolved in two (2) liters of water, T2 = Application of 2 ml of liquid Humus dissolved in two (2) liters of water, T3 = Application of 20 ml of Jiracha dissolved in two (2) liters of water, T4 = Without organic fertilizer it is only supplied with water) and 3 repetitions, in total with 12 experimental units.

In the investigation, the following results have been obtained: In relation to the growth height of Hydroponic Green Forage of barley (*Hordeum Vulgares L.*) with four treatments (T1 = Biol, T2 = Humus of liquid, T3 = Jiracha and T4 = Without organic fertilizer) in solar carp, after 15 days of having come in contact with the seed in the water, it registers a

highly significant difference between treatments, with a general average of 12.76 cm and a coefficient of variation of 7.15 %.

According to the weight of the Hydroponic Green Forage with four treatments of organic fertilizer

1. INTRODUCCIÓN

En Bolivia hay una elevada inseguridad alimentaria, debido a sus recursos socioeconómicos y varios factores climáticos que se caracterizan por presentar altas variaciones de temperatura diurna, riesgos de heladas, precipitaciones bajas e irregulares y riesgos de sequía, durante el periodo de crecimiento de las plantas.

Redunda la necesidad de contar con alternativas de producción de forraje que permitan paliar o prevenir pérdidas productivas (abortos, pérdida de peso, escaso volumen de leche, demoras y/o problemas de fertilidad, etc.) especialmente a nivel de los pequeños y medianos productores ganaderos o de animales menores frente a estas circunstancias de déficit alimentario, surge como una alternativa válida la implementación de un sistema de producción de Forraje Verde Hidropónico (FVH).

El FVH es un “pienso” o forraje vivo que se utiliza para alimentar animales de granja. Las especies de interés forrajero se encuentran principalmente comprendidas en las familias de las gramíneas y de las leguminosas. Las gramíneas forrajeras incluyen pastos y cereales forrajeros los cuales tienen característica de producir alta calidad y cantidad de alimentos en un corto periodo, presentan un alto contenido de proteínas e hidratos de carbono solubles y un bajo contenido de fibra lignificada.

El FVH no intenta competir con los sistemas tradicionales de producción de pasturas, pero si complementarla especialmente en el periodo de escases.

La técnica de cultivo, se basa en la producción sobre sustratos que no sean tierra y se hace preferiblemente en invernaderos que permiten su producción incluso en épocas de sequía y otras condiciones climáticas adversas, para no depender, ni depender de otros para la alimentación de los animales, en las variaciones estacionales, poder mantener el engorde de los animales para producción de carnes e incluso de leche.

Antiguamente se enseñaba en la universidad que para hacer agricultura se necesitaban tres cosas imprescindibles: clima, agua y suelo. Hoy se sabe que es

posible cultivar en climas adversos, en lugares donde no se cuente con grandes cantidades de agua y sin necesidad precisamente de suelo.

Dada la importancia del FVH en la producción animal doméstica, se requiere analizar el rendimiento del forraje verde y seco hidropónico de la cebada (*Hordeum vulgare L.*), con tres tipos de abonos orgánicos biol, humus líquido y jiracha. con la finalidad de obtener buenos rendimientos en la producción de materia seca y verde a su vez nos estará proporcionando en menor tiempo y a bajo costo, una alimentación alternativa y con principios agroecológicos para los animales y para los agricultores con menos trabajo y tener alimento para sus animales en época seca ya que es tan necesaria para su alimentación, sanidad y nutrición no solo del grano si no de forrajes hidropónicos.

1.1. Objetivo

1.1.1. Objetivo general

Evaluar el efecto en el rendimiento del cultivo de cebada (*Hordeum vulgare L.*), con tres tipos de bioinsumos en sistemas de producción hidropónica.

1.1.2. Objetivo específicos

- Determinar el tratamiento más efectivo en la producción del forraje verde hidropónico de cebada (*Hordeum vulgare L.*), con tres tipos de abonos orgánicos biol, humus líquido y jiracha.
- Evaluar la producción de la biomasa y materia seca del FVH de cebada (*Hordeum vulgare L.*) con diferentes tipos de bioinsumos.
- Determinar en porcentaje proteína cruda por tratamiento
- Determinar los costos de producción y la relación beneficio/costo de los diferentes tratamientos.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. Definición de hidroponía

La hidroponía (hidros = agua y ponos = trabajo o actividad) es traducido literalmente como trabajo del agua y es una técnica de producción de cultivos sin suelo. El suelo es reemplazado por el agua con los nutrientes minerales esenciales disueltos en ella. Las plantas toman sus alimentos minerales de las soluciones nutritivas, adecuadamente preparadas; y sus alimentos orgánicos los elaboran autotróficamente por procesos de fotosíntesis y biosíntesis (Carballido, 2005).

Resh (2001) señala que la hidroponía o agricultura hidropónica es un método utilizado para cultivar plantas usando soluciones minerales en vez de suelo agrícola. Las raíces reciben una solución nutritiva equilibrada disuelta en agua con todos los elementos químicos esenciales para el desarrollo de la planta. Y pueden crecer en una solución mineral únicamente o bien en un medio inerte como arena lavada, grava o perlita.

2.2. Forraje verde hidropónico

El FVH es el resultado del proceso de germinación de granos de cereales o leguminosas (maíz, sorgo, cebada, alfalfa, etc.) que se realiza 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 tallos y las hojas verdes y también los restos de semilla y la raíz. Con el FVH podemos alimentar ganado vacuno, porcino, caprinos, conejos, y una gran cantidad de animales domésticos, con excelentes resultados (FAO, 2001).

Al FVH también se lo puede considerar como un sistema de producción de biomasa vegetal, (forraje vivo en pleno crecimiento), de alta palatabilidad, sanidad, y calidad nutricional, lo que constituye una completa fórmula de proteína, energía, vitaminas y minerales para cualquier animal (Izquierdo, 2002).

2.3. Importancia del forraje verde hidropónico

Con la producción hidropónica sin suelo, se puede obtener forrajes de excelente calidad y sanidad, y se asegura un uso más eficiente del agua y fertilizantes. Los rendimientos por unidad de área cultivada son altos, por la mayor densidad y la elevada productividad por planta (La Molina, 2000).

El FVH consiste en la germinación de granos (semilla de cereales o de leguminosas) y su posterior crecimiento bajo condiciones ambientales controladas (luz, temperaturas y humedad) en ausencia del suelo. Usualmente se utiliza semillas de avena, cebada, maíz, trigo y sorgo (Sánchez, 2005).

El Forraje Verde Hidropónico brinda vitaminas A, E y C. Las cuales se encuentran libres y solubles en el forraje. La vitamina E es completamente asimilable y está en libre circulación por toda la planta. En análisis realizado en la Universidad de Colombia (1986) se comprobó que en los excrementos de animales alimentados con FVH no existía vitamina E, lo cual demuestra su completa asimilación. En cuanto al nivel de proteína del FVH es muy similar al de la alfalfa, forraje requerido por su alto nivel de proteína (Samperio, 2007).

Rodríguez (2003) señala que uno de los problemas más importantes en la actualidad es la insuficiencia de alimentos, tanto de origen animal como vegetal, esta insuficiencia es atribuida en parte por la falta de continuidad en la producción tanto vegetal, ya que las condiciones climáticas no son constantes, la producción de forraje no es constante y por lo tanto la producción animal es variable.

2.4. Ventajas de producir FVH

Las ventajas que ofrece la producción de FVH son:

2.4.1 Ahorro de agua

En el sistema de producción de forraje hidropónico las pérdidas de agua por evapotranspiración, escurrimiento superficial e infiltración son mínimas al comparar

con las condiciones de producción convencional en especies forrajeras (Sánchez, 1997).

Cuadro N°1: Requerimiento de agua para la producción de forraje en condiciones de campo y en condiciones controladas.

Requerimiento de agua para producción de forraje (Promedio de 5 años)						
Especie	Avena	Cebada	Trigo	Maíz	sorgo	FVH Avena
Litros de Agua/Kg.	635	521	505	372	372	20

Fuente: Carambula y Terra, (2000)

Esta alta eficiencia del FVH en el ahorro de agua explica por los principales desarrollos de la hidroponía se encuentran y se observan generalmente en países con zonas desérticas, a la vez que vuelve atractiva la producción de FVH por parte de pequeños productores que son afectados por sequias, las cuales llegan a afectar la disponibilidad inclusive, de agua potable para el consumo humano.

2.4.2. Espacio

El sistema de producción del FVH puede ser instalado en forma modular en la dimensión vertical lo que optimiza el uso del espacio útil (FAO, 2001).

Sánchez (2005) menciona que el forraje hidropónico se puede obtener en los volúmenes que se desee, en un espacio mínimo y con poca inversión en relación a la producción de forrajes frescos convencionales como heno, el hecho de que este forraje se obtenga en terreno reducido y permite su instalación en pequeñas explotaciones

2.4.3. Calidad de forraje

Es un forraje verde de aproximadamente 15 a 20 cm de altura (dependiendo del período de crecimiento), apto para rumiantes de carne y leche (Infocampo, 2009).

El FVH es rico en vitaminas, especialmente la A y E, contiene carotenoides que varían de 250 a 350 mg por kg de materia seca (MS), posee una elevada cantidad de hierro, calcio y fósforo, su digestibilidad es alta puesto que la presencia de lignina y celulosa es escasa (Vargas, 2008).

Cuadro N°2: Comparación entre las características del FVH (cebada) y otras fuentes alimenticias.

Parámetro	FVH cebada	Concentrado	Heno	Paja
Energía (kcal/kg MS)	3.216	3.000	1,680	1,392
Proteína Cruda (%)	25	30,0	9,2	3,7
Digestibilidad (%)	81,6	80	47,0	39,0
Kcal Digestible/kg	488	2,160	400	466
kg Proteína Digestible/Tm	46,5	216	35,75	12,41

Fuente: Orcasberro, R. 1989.

2.4.4. Menor costo de producción

En general, el costo de producción de forraje verde hidropónico es 10 veces menor comparado con la producción de cualquier forraje en espacios abiertos. El sistema de producción de Forraje verde Hidropónico puede ser instalado en forma modular en sistema vertical lo que optimiza el uso del espacio útil por metro cuadrado. Se ha estimado que 170 m² de instalaciones con bandejas modulares en cuatro pisos para FVH de avena son equivalentes a cinco hectáreas con producción convencional de forraje de la misma especie (Vargas, 2008).

2.4.5. Eficiencia de producción

La producción de FVH apto para la 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, a pesar que el óptimo definido por varios estudios, no puede extenderse más allá del día 12. A partir de ese día, se inicia un marcado descenso en el valor nutricional del FVH (FAO, 2002, Rodríguez, 2003).

Así mismo, unos máximos de 22 kg de forraje hidropónico por cada kg de semilla de cebada cervecera fueron obtenidos a los 17 días. Sin embargo, esta alta productividad de biomasa fue obtenida a costa de una pérdida en la calidad nutricional del forraje hidropónico (FAO, 2002).

2.4.6. Otras ventajas

Gallardo (2000) indica que la producción del forraje verde hidropónico tiene las siguientes ventajas:

- No existe el cansancio del suelo, pues este no se utiliza en el proceso de producción.
- Para su producción no se utilizan hormonas y pueden desecharse el uso de productos químicos y fertilizantes.
- Por sus características de producción, se ahorra el uso de maquinaria agrícola
- Para su producción se requiere un menor empleo de mano de obra.
- Su producción es posible durante los 365 días del año evitándose por tanto la estacionalidad del cultivo y las alteraciones digestivas emergentes del cambio de dieta.

2.5. Factores que influyen en la producción de forraje verde hidropónico

2.5.1. Iluminación

Chang (1995) indica que, si no existiera luz dentro de los recintos para Forraje Verde Hidropónico, la función fotosintética no podría ser cumplida por las células verdes de las hojas y por lo tanto no existirá producción de biomasa. La radiación solar es por lo tanto la fuente básica para el crecimiento vegetal, a la vez que promoverá la síntesis de compuestos (ejemplo, Vitaminas), los cuales serán de vital importancia para la alimentación animal.

Palacios (1995) menciona que al comienzo del ciclo de producción de Forraje Verde Hidropónico, la presencia de luz durante la germinación de las semillas no es deseable por lo que, hasta el tercer o cuarto día de la siembra, las bandejas, deberán estar en un ambiente de luz muy tenue, pero con un oportuno riego para favorecer la aparición de los brotes y el posterior desarrollo de las raíces.

2.5.2. Temperatura

FAO (2001) reporta que la temperatura es una de las variables más importantes en la producción de Forraje Verde Hidropónico; ello implica efectuar un debido control en la regulación de la misma. El rango óptimo para producción de Forraje Verde Hidropónico, se sitúa siempre entre los 18°C y 26°C, la variabilidad de las temperaturas óptimas para la germinación y posterior crecimiento de los granos en Forraje Verde Hidropónico, es diverso. Es así que los granos de avena, cebada y trigo, entre otros requieren de temperaturas bajas para germinar; el rango de ellos oscila entre los 18°C a 21°C.

2.5.3. Oxigenación

Samperio (1997) indica que es muy importante ya que a través de esta realiza la función de transportar nutrientes y acumular elementos dentro de su sistema celular. El oxígeno al oxidar los minerales, se convierte en el catalizador para generar la energía metabólica mediante su sistema de respiración radicular.

El agua se cambia totalmente dependiendo de la coloración de la raíz o por la presencia de algas cada tres semanas. La aireación se realiza por lo menos una vez al día, preferiblemente por la mañana. El nivel o contenido de agua se debe revisar todos los días en cada bancal y al disminuir 3 cm de los 10 cm recomendados de profundidad, debe complementarse nuevamente con solución.

Para su correcto funcionamiento, las raíces dependen fundamentalmente de una óptima oferta de oxígeno, pues de lo contrario, aunque se les aporta los nutrientes adecuados, se tendrá un cultivo precario o en casos más graves podrán morir las raíces, es decir necesitan respirar.

2.5.4. Humedad

Martínez (2001) afirma que el cuidado de la condición de humedad en el interior del recinto de producción es importante; la humedad relativa del recinto de producción no puede ser inferior al 90%, valores de humedad superior al 90% sin buena

ventilación pueden causar grandes problemas fitosanitarios debido fundamentalmente fungosas, que son difíciles de combatir y eliminar, además de incrementar; a los costos operativos.

2.5.5. Calidad de la semilla

El éxito del Forraje Verde Hidropónico comienza con la elección de una buena semilla, tanto en calidad genética como fisiológica (Sánchez, 2001). Es un factor muy importante, ya que porcentaje mínimo debe ser 85 - 90% de viabilidad, todo el proceso falla y no se logra el rendimiento esperado (Chang, 2004).

La FAO (2001) recomienda que la semilla deba presentar como mínimo un porcentaje de germinación no al 75%, para evitar pérdidas en los rendimientos de Forraje Verde Hidropónico.

2.5.6. Calidad de agua de riego

Rodríguez (2003) Indica que la calidad de agua de riego es otro de los factores importantes en la producción de FVH. La condición básica que debe presentar un agua para ser usada en sistemas hidropónicos es su potabilidad. Puede ser agua de pozo, agua de lluvia o agua del grifo. Si el agua disponible no es potable, se podrían tener problemas sanitarios por lo que se recomienda realizar un análisis microbiológico para usar el agua de manera confiable

2.6. Características generales del cultivo de cebada

2.6.1. Origen

La cebada cultivada (*Hordeum vulgare L.*) desciende de la cebada silvestre (*Hordeum spontaneum*), la cual crece en el Oriente Medio; ambas diploides ($2n=14$ cromosomas) (Roger, 2004).

La cebada está representada principalmente por dos especies cultivadas: *Hordeum distichon L.*, que se emplea para la elaboración de la cerveza a la vez se usa como

forraje para alimentación animal; la especies se pueden agrupar bajo el nombre de *Hordeum vulgare* L. ssp. *Vulgare* (Roger, 2004).

2.6.2. Taxonomía de la cebada

Según Rojas (2002) la ubicación taxonómica de la cebada es la siguiente:

Reino	:	Plantae
Orden	:	Cyperales
Familia	:	Poaceae
Género	:	Hordeum
Especie	:	Vulgare
N. Científico	:	<i>Hordeum vulgare</i> L.
N. Común	:	Cebada

2.6.3. Descripción botánica de la cebada

2.6.3.1 Raíz

Martínez (2001) afirma que la raíz es radicular, fasciculada, fibrosa, alcanza poca profundidad en comparación con otras plantas de cereales. Se estima que un 60% del peso de las raíces se encuentra en los primeros 25 cm del suelo.

2.6.3.2 Tallo

El tallo es recto y cilíndrico con nudos y entrenudos basales cortos y gradualmente más largos hacia el ápice, los nudos pueden variar entre cinco y seis comenzando mayor grosor desde la base o cuello (Rojas, 2002).

2.6.3.3 Hoja

FAO (2001) indica que la hoja es lanceolada con una longitud de 22 a 30 cm y un ancho de 1 a 1.5 cm de color verde claro, cuenta con una vaina que nace desde los nudos del tallo y tiene su terminando en lígula que es el inicio de la hoja lanceolada.

2.6.3.4. Flores

Johan (1999) asevera que las flores tienen tres estambres, un pistilo y dos estigmas, es autógama; las flores se abren después de haberse realizado la fecundación lo que tiene importancia para la conservación de los caracteres de una variedad determinada. La inflorescencia es espiga en tres hileras compuestas por lema, palea y una arista.

2.6.3.5. Fruto

Según Parsons (1999) indica que el fruto es una cariósipide, con las glumillas adheridas. En la cara ventral existe un surco capilar, distinguiéndose además por la temperancia el hilo (lugar de unión de carpelo y semilla).

2.6.4. Ecología del cultivo

Johan (1999) reporta que la capacidad de producción forrajera depende de las condiciones climáticas del medio ambiente, cada especie tiene exigencias específicas respecto a la humedad, acidez y textura del suelo, que la hacen o no clima y al tipo del suelo de la región.

El cultivo se adapta bien a suelos pobres y arenosos de tipos volcánicos y aluviales con poca materia orgánica. En el altiplano una buena cosecha no depende tanto de los suelos, sino de cantidad de lluvia que caen durante en estación de crecimiento, los cultivos reaccionan muy bien bajo riego.

2.7. Densidad de siembra

FAO (2001) recomienda que las dosis óptimas de semillas a sembrar por metro cuadrado oscilen entre 2,2 kilos a 3,4 kilos considerando que la disposición de las semillas o "siembra" no debe superar los 1,5 cm de altura en la bandeja.

Rodríguez (2003) menciona que las densidades óptimas por metro cuadrado oscilan entre 2.2 a 3.4 kg de semillas. Para la siembra, se distribuirá una delgada capa de semillas pre-germinadas, la cual no debe ser mayor a 1.5 cm de altura o espesor.

2.8. Remojo y germinación de las semillas

Tarrillo (2005) recomienda que las semillas sean puestas en remojo con agua por un espacio de 24 horas, con el objetivo de activar la vida latente del grano e iniciar su actividad enzimática; además de ablandar la cutícula que recubre al grano y facilitar la salida de la raíz. La semilla en determinadas condiciones de humedad (70% a 85%) y temperatura (18° a 25°C). Esta etapa dura de cuatro a seis días.

Según, Izquierdo (2001) la pre germinación asegura un crecimiento inicial vigoroso del Forraje Verde Hidropónico, dado que sobre las bandejas de cultivo estaremos utilizando semillas que ya han brotado y por tanto su posterior etapa de crecimiento estará más estimulada. Debemos recordar que la etapa de remojo o pre germinado debe ser realizada con semillas colocadas dentro de bolsas de arpillera o plastillera.

Rodríguez (2006) indica que el proceso de germinación se produce una serie de transformaciones. La germinación es la reanudación del estado de latencia al crecimiento del embrión. Dicho proceso termina cuando aparece la radícula, la parte aérea (hojas) se torna verde y la plántula es autosuficiente, es decir, comienza con sus procesos fotosintéticos.

El mismo autor indica que para la germinación de la semilla se necesitan ciertas condiciones ambientales de humedad, oxigenación, temperatura y luminosidad.

2.8.1. Riegos de las bandejas

El riego puede realizarse en forma automática o en forma manual. Cuando el riego automático se requiere una bomba, tanque de almacenamiento, tubos y mangueras de distribución, ya sea para regar por micro aspersores o con atomizadores por aspersión. Cuando no hay recursos se hará con una manguera o con un balde con

hoyos en el fondo. Cuando se van a regar varias cajas puede servir una bomba de mochila (Carballo, 2008).

Vargas, (2008), indica que el riego por inundación es recomendado dado que causa excesos de agua que provocan asfixia radicular, ataque de hongos pudriciones que pueden causar inclusive la pérdida total del cultivo.

El mismo autor recomienda que principio (primeros 4 días), no deben aplicarse más de 0.5 litros de agua por metro cuadrado por día hasta llegar a un promedio de 0.9 a 1.5 litros por metro cuadrado. El volumen de agua de riego se aplicará de acuerdo a los requerimientos del cultivo y a las condiciones ambientales del invernadero. Recomendar una dosis exacta de agua de riego según cada especie de FVH resulta difícil, debido a que dependerá del tipo de infraestructura de producción disponible.

2.8.2. Nutrición de las plantas

Los nutrientes para los cultivos en huerto hidropónico son suministrados en forma de soluciones nutritivas concentradas. Estas soluciones de nutrientes pueden ser preparadas por los propios hidrocultores cuando ya han adquirido suficiente experiencia en el manejo de los cultivos o cuando tienen áreas lo suficientemente grandes como para justificar una inversión de materias primas para su preparación (Sánchez, 2004).

También, las soluciones nutritivas concentradas contienen todos los elementos químicos que las plantas necesitan para su desarrollo y adecuada producción de raíces, bulbos, tallos, hojas, flores, frutos o semillas.

2.8.3. Requerimiento nutritivo de la cebada bajo sistema hidropónico

Los riegos con dosis mayores a 200 ppm de N, presentan al término de la primera semana, un rendimiento de 347 g/m² PB y 252 g/m² PV estadísticamente mayores que el testigo (0 ppm de N) 312 g/m² y 197 g/m² PV, al día 7mo de cultivo (Dosal, 1987).

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 (Marulanda, 2003).

2.8.4. Riego con soluciones nutritivas

Apenas aparecida las primeras hojas, entre el 4° y 5° día, se comienza el riego con una solución nutritiva. Finalmente, no debemos olvidar cuando llegamos a los días finales de crecimiento del FVH 8 (días 12 o 13) el riego se realizará exclusivamente con agua para eliminar todo rastro de minerales que pudieran haber quedado sobre las hojas y/o raíces. (FAO, 2001).

El mismo autor indica que riegos se realizaran únicamente con agua hasta que los brotes alcancen un largo de 3 a 4 cm. A partir de momento se continúa los riegos con una solución nutritiva la cual tiene por objeto aportar los elementos químicos necesarios, para el óptimo crecimiento del forraje, así como también ser un buen sustituto del alimento concentrado.

2.9. Cosecha del forraje verde hidropónico

Gutiérrez (2000), indica que la cosecha se hace cuando la plántula ha alcanzado una altura promedio de 25 cm. Este desarrollo demora de 9 a 15 días, dependiendo de la temperatura, condiciones ambientales, el invernadero y la frecuencia de riego. Como resultado obtendremos gran tapete radicular ya que las raíces se entrecruzan unas con otras por la alta densidad de siembra.

Rodríguez (2003), menciona que, de 10 a 14 días es el periodo óptimo de cosecha del FVH; sin embargo, en función del requerimiento de forraje, se puede cosechar antes o después. La cosecha del FVH comprende el total de la biomasa que se encuentra en la bandeja o de producción. Esta biomasa comprende a las hojas, tallos, el abundante colchón radicular, semillas germinadas y no germinadas. Lo anterior forma un solo bloque alimenticio, el cual es fácil de sacar y de entregar a los

animales en trozos, desmenuzado o picado. Se recomienda utilizar el FVH recién cosechado, aunque no existen problemas sanitarios de conservación por dos o tres días, salvo el asociado a un descenso de la calidad nutricional.

2.10. Rendimiento del forraje verde hidropónico

Gonzales (2016), el rendimiento y la calidad de Forraje Verde Hidropónico se ve influida por factores como: la calidad de la semilla, variedad, tiempo de remojo, temperatura, humedad, suministro de nutrientes, profundidad, densidad de siembra y la presencia de hongos.

S.N. (2001), menciona que la producción de granos germinados para uso forrajero bajo el control de temperaturas y humedad, densidad, humedad y buena calidad de semilla alcanza un rendimiento de 10 a 12 veces el de la semilla, en pasto fresco y una altura de 20 cm aproximadamente en un periodo de 8 a 14 días. En general se obtienen conversiones semillas o forraje verde de 5 a 1 y hasta 12 a 1 pero siempre con pérdida de materia seca.

2.11. Fertilizantes orgánicos

Guerrero (1993) menciona que la agricultura ecológica, se le da gran importancia a este tipo de abonos, y cada vez más, se están utilizando en cultivos intensivos. No podemos olvidarnos la importancia que tiene mejorar diversas características físicas, químicas y biológicas del suelo, y en sentido, este tipo de abonos juega un papel fundamental. Con estos abonos, aumentamos la capacidad que posee el suelo de absorber los distintos elementos nutritivos, cuales aportaremos posteriormente con los abonos minerales o inorgánicos.

APROLAB (2007), afirma que el fertilizante orgánico es todo material que se obtiene de la degradación y mineralización de materiales orgánicos que provienen directa o indirectamente de las plantas y/o animales. En general los abonos orgánicos se clasifican en dos tipos:

- Abonos orgánicos sólidos: Compost, Humus de lombriz, bokashi, abonos verdes entre otros.
- Abonos orgánicos líquidos: Biol, té de humus, té de compost entre otros.

Según Quino, E. (2006), los fertilizantes orgánicos son seguramente los fertilizantes más utilizados en la agricultura ecológica. Existe una gran diversidad de ese tipo de fertilizantes, pero los más extendidos son los estiércoles y purines de diferentes animales y el compost de residuos orgánicos.

En principio estos fertilizantes disponen de la mayoría de los nutrientes necesarios para el crecimiento de los cultivos, pero en algunos casos presentan un desequilibrio en Nitrógeno, Fósforo y Potasio en relación de las necesidades de los cultivos. (Ishikawa, 2007).

2.11.1. Abonos orgánicos líquidos

Gomero (1999) asevera que los abonos líquidos es resultado de la descomposición anaeróbica de los estiércoles (en biodigestores). Obtenidos por la fermentación de residuos orgánicos que generalmente se aplican en área foliar.

SEMTA (1993) indica que, los abonos líquidos son utilizados cuando las plantas presentan síntomas de deficiencia de nutrientes, que se nota cuando las hojas se empiezan a poner amarillas.

Por otra parte, Quispe (2003) menciona los abonos orgánicos líquidos realizan la función de reguladores del crecimiento de las plantas. Estos pueden ser aplicados al suelo en concentraciones mayores, en el cuello de las plantas para favorecer el desarrollo radicular. Los abonos orgánicos líquidos son ricos en nitrógeno amoniacal, en hormonas, vitaminas y aminoácidos. Estas sustancias permiten regular el metabolismo vegetal y además pueden ser un buen complemento a la fertilización integral aplicada al suelo.

2.11.2. Proceso de fermentación del abono líquido

El abono líquido, es una fuente de fitoregulator producto de la descomposición anaeróbica (sin la acción del aire), de los desechos orgánicos, para la obtención adecuada del abono líquido, este proceso de fermentación debe ser lento esto para dar tiempo a el amoniaco que se forme y pueda ser absorbido, si la fermentación es rápida evita el consumo excesivo de materia orgánica (Suquilanda, 1995).

Restrepo (2001) indica que la elaboración de abono orgánico líquido es procesada en tres fases:

- **Maceración:** Es la acción del agua cuando comienza a extraer sustancias del material vegetal y no existe desarrollo bacteriano, este proceso dura 12 horas hasta tres días.
- **Fermentación:** Es la estabilización alcanzando a temperaturas de 70 a 75°C por acción de hongos, levaduras y bacterias comienza la descomposición del material vegetal.
- **Abono maduro:** Después de una semana o dos las bacterias han transformado todo el material disponible. El cultivo de bacterias que se desarrolla depende del tipo de materiales que se utilice inicialmente, habrá cambiado de color y tendrá olor a “podrido”, que se siente más al batir el líquido, se usa para inocular el suelo con las bacterias, preparado diluido en 10 a 20 partes de agua.

El tiempo que se tarda en realizar el proceso de los biofertilizantes es variado y depende en cierta manera de la habilidad, inversión del productor, cantidad que se necesita y del tipo de biofertilizante que desea preparar para el cultivo, demora para estar listo, entre 20 a 30 días de fermentación y de 35 a 65 días para biofertilizantes enriquecidos con sales minerales (Restrepo, 2002).

2.12. Tipos de abonos orgánicos

2.12.1. Biol

El biol contiene nutrientes de valor nutritivo que estimulan el crecimiento, desarrollo y producción en las plantas (Álvarez, 2010).

Los abonos líquidos o bioles son una estrategia que permite aprovechar el estiércol de los animales, sometidos a proceso de fermentación anaeróbica, dando resultado un fertilizante para aplicación foliar que contiene principios hormonales vegetales (auxinas y giberelinas) (Suquilanda, 2006).

2.12.1.1. Características del biol

En el cuadro 3, se presenta los resultados análisis químico del biol, obteniendo del Instituto de Investigaciones y Desarrollo de Procesos Químicos, dependiente de la Universidad Mayor de San Andrés - UMSA

Cuadro Nº 3: Resultados del análisis biol

Parámetro	Unidad	Resultado
Nitrógeno	%N	0,08
Fosforo	%P	0,010
Potasio	%K	0,520

Fuente: IDEPROQ 2015

2.12.1.2. Ventajas y desventajas del biol

a) Ventajas

- El biol no es tóxico y no contamina el medio ambiente
- Tiene bajo costo de producción
- Es fácil de elaborar
- Mejora el vigor de los cultivos y le permite soportar con mayor eficacia los ataques de plagas y enfermedades y los efectos adversos del clima (sequías, heladas y granizadas).
- Es rápida absorción para las plantas. Por su alto contenido de hormonas de crecimiento, aminoácidos y vitaminas (Arana, 2011).

b) Desventajas

Tiene un periodo de elaboración de 3 a 4 meses, así que se tiene que planificar su producción en el año para encontrar follaje verde de los insumos y poder usarlo durante la campaña agrícola (Arana, 2011).

2.12.1.3. Método de aplicación

El biol, deben aplicarse al follaje en los tramos críticos de los cultivos, mojando bien las hojas con unos 400 a 800 l/ha dependiendo de la edad del cultivo y empleando boquillas de alta presión en abanico (Goytia, 2007).

El fitoestimulante líquido cuando se aplica al follaje, debe realizarse en momentos de mayor actividad fisiológica mediante aspersiones (Goytia, 2007).

Colque (2005), menciona que su aplicación con parte efluente puede ser dirigidos al follaje, y con el lodo se puede aplicar al suelo, a la semilla y/o a la raíz.

2.12.2. Lixiviado de lombriz

El lixiviado de lombriz o exfoliante, como también se le conoce, es un líquido que resulta de filtrado del agua por la irrigación constante en las camas o canteros donde se encuentran las lombrices, el cual se infiltra, corre y es recogida en determinados contenedores (Cervini, 2012).

2.12.2.1. Obtención del lixiviado de lombriz

Según Bioagrotecsa (2011), menciona que para la preparación de los sustratos (materia prima) y base de la alimentación de las lombrices, empleamos abonos de distintas especies de animales como vacunos, ovinos, equinos, cuyes, conejos, entre otros. Las materias primas son colocadas en un área de cemento donde se riega copiosamente y se airea permanentemente. El proceso dura alrededor de dos a tres meses lapso en el cual listo el sustrato para ser depositado en los lechos.

Cuando el sustrato ha sido procesado por las lombrices y humificado (humus sólido), el excelente líquido (lixiviado) es recolectado a través de drenes internos y enviado a los tanques de recolección y luego transportado a los tanques de almacenamiento para su posterior llenado de envases, embalado y comercializado. La manera de obtener el Humus de Lombriz líquido es colocando una bolsa de 2 kg de humus de lombriz en un costal tipo arpilla y luego se coloca un tanque con 10 litros de agua, agitando regularmente, el procesamiento se da por concluido, cuando el líquido toma un color ambarino ligero (1000 agro, 2009).

Casco (2005), menciona que a medida que se riega el lombricario para mantener la humedad hay una pérdida de agua, una cantidad de nutrientes, microorganismos, etc. El lixiviado obtenido ha demostrado ser una excelente fuente de potasio, 2,4 gramos por litro y nitrógeno 61 miligramos por litro (61 ppm) contiene además hierro, manganeso, cobre, zinc y micro nutrientes esenciales. Además los fertilizantes líquidos elaborados con extracto de humus de lombriz de tierra aportan ácidos húmicos y fúlvicos, microorganismos propios para la nitrificación y solubilización de minerales enlatados en el suelo.

2.12.2.2. Características del lixiviado de humus de lombriz (biozime)

En el cuadro 4, se presentan los resultados del análisis químico del lixiviado de humus de lombriz (biozime), obteniendo del Laboratorio de Calidad Ambiental, dependiente de la Facultad de Ciencias Puras y Naturales – UMSA.

Cuadro Nº 4. Resultados del análisis químico del humus líquido

Parámetro	Unidad	Resultado
pH	-	8,9
Fosforo total	mg/l	53
Nitrógeno total	mg/l	404
Potasio	mg/l	10185

Fuente: Laboratorio de calidad ambiental

El análisis químico del Humus líquido tiene como propósito determinar el contenido de nutrientes (N, P, K) que son esenciales para el desarrollo de las plantas.

El principal motivo para la realización de estos análisis, es la generación de información para su manejo y mejoramiento de la producción, así como su impacto en la reducción de los costos de producción. Mejorando las condiciones y calidad de vida de los productores.

2.12.3. Jiracha

Conocida también como jiriguano, jiri o jamallachi, la jiracha es la mezcla de estiércol de ovino descompuesto por transformación anaeróbica en corral durante 12 meses aproximadamente (jira), y agua; su elaboración y utilización constituyen una tecnología tradicional que ayuda mantener el potencial productivo del suelo y reducir la incidencia de *Synchytrium endobioticum*, con única desventaja de no dejar efecto residual para el siguiente periodo de cultivo (Tapia, 2002).

Quispe (s.f.), menciona que el jiriguano es un guano formado de la fermentación del guano de oveja con el agua de la lluvia. La lluvia remojada como los animales están en el corral, lo pisotean y así se va volviendo una masa. Cuando seca en el corral, este guano seco de un color verde con un olor agradable y esto es lo que se llama el jiriguano. Por eso, cuando hay más lluvia, hay más jiriguano, porque en el canchón las ovejas pisotean y se forma mucho jiriguano.

El cuadro 5 presenta el contenido en nutrientes principales de la jiracha en relación a la mezcla tradicional de estiércol.

Cuadro Nº 5. Contenido en nutrientes principales de la jiracha y estiércol

PARAMETRO	UNIDAD	ESTIERCOL (Mezcla tradicional)	JIRACHA
pH		8	9,9
Nitrógeno	%	1,52	1,9
Fósforo (P ₂ O ₅)	%	1,23	1,14
Potasio (K ₂ O)	%	1,03	4,7

Fuente: Rafael (2008)

2.12.3.1. Para qué sirve el jiriguano

El jiriguano es utilizado para la producción de papa, para abonar la semilla, es un abono natural. No químico. El jiriguano mantiene la tierra para los próximos años y

también favorece para salgan más pastos que pueden servirnos para alimento de los animales (Quispe, s.f.).

Rafael (2008), menciona que la jiracha puede considerarse como un abono concentrado, pudiendo ser utilizado como fertilizante base o como complemento de fertilización; esta afirmación está respaldada el cuadro anterior, donde se observa su mayor contenido de nitrógeno y potasio en relación a la mezcla tradicional de estiércol. Así también, el olor penetrante de la jiracha le confiere la propiedad de protección a la semilla contra el ataque de plagas.

Tapia (2002), manifiesta que la jiracha acelera la germinación de dos variedades de papa (Waych'a y Bola Luk'i) y puede empleada como abono foliar porque estimula el rebrote de los cultivos cuando este ha sido afectado por la helada; estas declaraciones confirman la propiedad fitoestimuladora de la jiracha por la presencia de giberelinas en su composición.

La mayoría de las comunidades en Bolivia elaboran la jiracha a partir del estiércol fermentado de oveja, a excepción de Santari, donde se utiliza gallinaza fermentada que puede ser mezclada o no con estiércol de oveja (Rafael, 2008).

2.12.3.2. Ventajas y desventajas de la jiracha o jiriguano

Las ventajas y desventajas del jiriguano según Quispe (s.f.) son:

- Al aplicar el jiriguano prevenimos que entren enfermedades al cultivo
- El jiriguano es un producto dulce, harinoso, protege un poco de la helada, alimenta a la tierra, garantiza el crecimiento de la planta y la germinación de la semilla.
- El jiriguano es un producto natural. Es una forma de ahorrar guano, tiempo y trabajo para no estar trasladando abono a lugares lejanos. Con el jiriguano garantizamos que alcance abono natural para toda la semilla.
- Una desventaja de la jiracha es que no se encuentran en lugares cercanos a la parcela y hace que sea dificultoso llevar guano.

2.12.3.3. Fertilización con jiraguano

Revollo y Huayta (2010), determinan que el uso del jiraguano es una tecnología de descomposición anaeróbica de estiércol que los comunarios utilizaban ancestralmente, por sus propiedades benéficas para mejorar la producción. Se aplica embadurnando la semilla de papa al momento de la siembra. El jiraguano es un estiércol descompuesto que se encuentra en la parte central profunda del corral de los ovinos. Tiene en su contenido minerales y fitohormonas que favorecen la germinación y el crecimiento de las plantas.

2.12.3.4. Características de la jiracha líquida

En el cuadro 6, se presenta los resultados del análisis físico-químico de la Jiracha líquida, obtenido Laboratorio IBTEN, dependiente del Instituto Boliviano de Ciencia y Tecnología Nuclear, Centro de Investigaciones y Aplicaciones Nucleares.

El análisis físico - químico de la Jiracha líquida tiene como propósito determinar el contenido de macro y micronutrientes que son esenciales para el desarrollo de las plantas (ver anexos 1).

Si bien el N y P son bajos en calidad de nutrientes al forraje verde hidropónico. El fósforo forma parte de otros compuestos como el ácido fítico, importante en la germinación de semillas y en el desarrollo de la raíz y el N cumple una función importante de tener una acción directa sobre el desarrollo del tallo, el crecimiento del follaje. El K es un activador en gran cantidad de procesos, los cuales son necesarios para la conservación del estado del agua de la planta y de la presión de la turgencia de las células, así como para la apertura y el cierre estomático (Favela *et al*, 2006).

Chilón (1997), señala que es importante la fertilización nitrogenada en el crecimiento y desarrollo de los cultivos, en plantas la respuesta a este tipo de fertilización se caracteriza por poseer buena cantidad de clorofila que es indispensable para que se realice función fotosintética, buena síntesis y asimilación de productos orgánicos y una óptima velocidad de crecimiento, siendo que FVH es de producción rápida se requiere niveles de nitrógeno óptimos.

3. LOCALIZACIÓN

3.1. Ubicación geográfica

La investigación se realizó en el Centro Experimental de Cota Cota, dependiente de la Facultad de Agronomía de la Universidad Mayor de San Andrés esta se encuentra ubicada a 15 Km al sureste del centro de la ciudad de La Paz, a una altura de 3455 m.s.n.m. cuyas coordenadas se encuentra a 68°03'44" de longitud oeste y 16°32'04" longitud Sur (IGM, 2013).



Figura 1. Ubicación de la zona de ensayo

3.2. Condiciones climáticas del lugar

El Centro Experimental de Cota Cota presenta un clima templado, con una temperatura máxima promedio de 21,5 °C, una media de 11,5 °C y una mínima de -6°C con una precipitación anual promedio de 488,53mm y tiene un promedio de humedad relativa de 46% (SENAMHI, 2012).

3.3. Ecosistema

Las variaciones altitudinales, los diferentes gradientes de pendiente, la diversa exposición de las laderas con respecto a los rayos solares, dirección de los vientos, humedad disponible y temperaturas variables determinan varios microclimas en la cuenca lo que permite el crecimiento de vegetación variada en esta región (Lorini, 2001).

3.4. Pisos ecológicos

Según el mapa ecológico de Bolivia, el Centro Experimental de Cota Cota se encuentra en cabecera de valle, que cuenta con especies arbóreas como el molle, eucalipto, pino, acacias, álamo, olmo, entre otros (Quispe, 2013).

La producción agrícola se realiza a campo abierto, mediante la rotación de cultivos, con la producción de maíz, papa, haba, alverja, cebolla, betarraga, nabo, coliflor, amaranto, también se tiene una producción en carpas solares como ser lechuga, tomate, pepino, frutilla, acelga, pimentón, entre otros.

4. MATERIALES Y METODOS

4.1 Materiales

4.1.1. Material biológico

Semilla de cebada, se adquirió de la feria del municipio de Achacachi.

4.1.2. Bioinsumos

Los abonos orgánicos utilizados:

- Biol, estiércol fermentado de ganado bovino.
- Humus líquido, del contenedor (cría de la lombriz) se obtiene el líquido por proceso de lixiviado.
- Jiracha, se obtiene del corral de oveja, donde el estiércol, la orina y el agua de la lluvia se compactan (pisoteado por la oveja) y la radiación solar que pasa a un proceso de fermentación anaeróbica.

4.1.3. Material de campo

Los materiales utilizados:

12 bandejas de madera (1m por 0,5 m), atomizador dos litros, estantes, manguera, plástico negro, desinfectante (hipoclorito de sodio al 1%), flexo metro, colador de cocina, implementos de limpieza, balanza de reloj, malla semisombra, cámara fotográfica y termómetro.

4.1.4. Material de escritorio

Los materiales de escritorio: hojas bond, cuaderno, computadora, impresora, cámara fotográfica, lápiz y bolígrafos.

4.2 Metodología

4.2.1. Procedimiento experimental

Para el trabajo de investigación se realizó las siguientes actividades:

4.2.1.1. Acondicionamiento de la carpa solar

El trabajo de investigación se realizó en las instalaciones del módulo Hidropónico del Centro Experimental de Cota Cota, este módulo tiene una superficie de 72 m², de 12 m de largo y 6 m de ancho la cubierta es de agrofilm de 2,5 micras de espesor, dentro del mismo están adecuados los estantes.

Primeramente, se realizó la adquisición de materiales de campo, atomizador de dos litros, manguera, plástico, desinfectante (hipoclorito de sodio al 1%), flexo metro, colador, implementos de limpieza, balanza de reloj, malla semisombra, cámara fotográfica y termómetro.

Se realizó con 2 días antes al inicio del trabajo de investigación del FVH con la intención de disminuir los problemas sanitarios que perjudicarían al cultivo.

Las actividades para el acondicionamiento de carpa solar consistieron en un lavado y desinfección, bandejas y los estantes se desinfectaron con hipoclorito de sodio al 2%, refacción de bandejas y se instaló una fuente de provisión de agua potable para los posteriores lavados y riegos del cultivo.

Se acondiciono 12 bandejas con sunchos de plásticos dándole más resistencia a la base de la misma, la medida de cada bandeja es de 1 m de largo y 0,50 m de ancho, y una altura de 0,05 m de alto.

También procedimos a colocar la malla semisombra a una altura de 2,5 m y así también se instaló un termómetro a una altura de 1,3 m.

4.2.1.2. Selección y lavado de semilla

La semilla de cebada, se adquirió del mercado local del municipio de Achacachi las semillas fueron sometida a una prueba de germinación para probar su viabilidad. Las semillas se sometieron a un proceso arduo de selección para retirar impurezas como: semillas inviables, semillas partidas, basuras, piedras, semillas otras plantas, pajas, las que son luego fuente de contaminación, o aquellas que simplemente no concuerden con las características deseables para utilizarlos como semilla.

Una vez realizada este proceso, se pesó la semilla según la densidad recomendada por la FAO, (2001) a sembrar oscilan entre 2,2 kilos a 3,4 kilos considerando que la disposición de las semillas no debe superar los 1,5 cm altura en la bandeja, para el trabajo de investigación se pesó 1,7 Kg/bandeja (0,5 m²) en total utilizó 12 bandejas y 20,4 kg de semilla de cebada, seguidamente se procedido a lavar sumergiendo a la semilla de cebada en los bañadores por tratamiento con agua (observar anexo 2).

4.2.1.2.1. Desinfección y lavado de semillas

Este procedimiento consiste en sumergir por dos horas las semillas en agua con hipoclorito de sodio al 1% (10 ml de hipoclorito de sodio en litro de agua), el tiempo de desinfección es muy importante ya que no debe pasar demasiado tiempo porque afecta a la viabilidad del embrión, por último enjuagan las semillas por 4 veces con abundante agua limpia con el fin de eliminar los restos del hipoclorito que hubieran quedado en las semillas (observar anexo 1).

4.2.1.2.2. Remojo, oreo y pre germinación de las semillas

Se remojó por un tiempo de 24 horas para activar el proceso de germinación y luego para el oreo se puso en sacos de yute para facilitar el oreo de 1 hora de las mismas.

4.2.1.2.3. Siembra en las bandejas

Siembra de semilla tratada en la superficie de las bandejas (1 por 0,5 m), una vez sembradas todas las bandejas son llevadas a los estantes recubiertos con plástico negro (observar anexo 3), con el objetivo de proporcionar un ambiente de

semioscuridad para conservar la humedad y favorecer el proceso de germinación vigorosa (observar anexo 4).

Las semillas permanecen en cámara oscuras durante 5 días, donde el embrión rompe la cutícula de la semilla y emerge la raíz, luego se procede con el retiro del plástico negro de estantes de germinación, que para ese día las semillas ya han germinado en su mayoría, tienen una altura promedio 1,5 cm con los cotiledones verdes y una raíz desarrollada.

4.2.1.3. Preparación de los abonos orgánicos

4.2.1.3.1. Preparación del abono líquido de jiracha

Se procedió a tomar la muestra sólida de jiracha. La muestra se tomó de la Provincia Ingavi del municipio de Viacha, comunidad Achica Baja, se obtuvo corral de oveja, donde el estiércol, la orina y agua de la lluvia se compactan (pisoteado por la oveja) y la radiación solar que pasa a un proceso de fermentación anaeróbica, donde se procedió al removido del compactado, que está formada por capas, se extrae la capa de color verde oscuro olor agradable jiracha, de esta 6 libras se diluyó en 10 litros de agua, se dejó por 24 horas objeto de que precipite los sólidos pesados y se filtró con una malla (Análisis de laboratorio realizado por Tito 2016)

Una vez ya obtenida el líquido de jiracha debe aplicarse tan pronto sea posible ya que a medida que pasa el tiempo pierde su poder microbiano y su valor de fertilizante por lo que no se puede guardar más de un mes (observar anexo 9 análisis físico – químico).

4.2.1.3.2. Recolecta del humus líquido

Se recolectó humus líquido del Centro Agroecológico Walipini en Caracollo del Departamento de Oruro. El lixiviado se recoge en un recipiente colocando en la parte inferior del contenedor en periodo de 15 días ya se puede obtener 1 litro de humus líquido en la cual se debe almacenar en recipientes de vidrio o botellas bien tapadas y las guardamos en lugar fresco y seco por 14 días antes de ser usadas, el tiempo

que puede durar almacenado es de tres años (observar anexo 11 análisis físico - químico). (Análisis de laboratorio realizado por Tito 2016)

4.2.1.3.3. Recolecta del biol

El biol se la adquirió de la Centro Experimental de Choquenaira perteneciente a la Universidad Mayor de San Andrés, Facultad de Agronomía. Ubicada en la Provincia Ingavi del Departamento de La Paz. El biol se recolecto en un bidón de 10 litros para luego filtrar y posteriormente aplicar (observar anexo 10 análisis físico – químico)

La dosis de siembra, fue en una cantidad de 1,7 Kg. por bandeja considerando que no sobrepase 1,5 cm de espesor.

4.2.1.4. Riego de las Bandejas

El periodo de riegos inicia cuando semillas entran para la germinación a la fase de cámara oscura con un riego leve de 0,5 litros de agua por bandeja/día, esto por los 5 días que dura esta etapa.

A partir del día 5 se aplica los abonos orgánicos: jiracha, biol y humus líquido.

La aplicación se la realizó de la siguiente manera:

- 20 ml de Jiracha diluida en 2 litros de agua.
- 50 ml de Biol diluida en 2 litros de agua.
- 2 ml de Humus líquido diluida en 2 litros de agua.

Desde este momento los cuidados son de riego constante con la solución nutritiva y agua de acuerdo a los tratamientos, hasta el día de la cosecha. El riego para la etapa de producción se realizó de 3 veces por día, el riego inicio con 0.5 litros de solución nutritiva y agua por bandeja/día incrementándose hasta llegar a 0,75 litros por bandeja/día con intervalos riegos de 4 horas, comenzando 9:00 hasta 16:00, este periodo de riego dura hasta el día 12 y los 3 días aplicó riego solo con agua a objeto de eliminar todos los rastros de sales minerales que pudieran haber quedado en las hojas y/o raíces y afectar la palatabilidad de los animales.

En esos 15 días se midió la altura de la planta a los 7, 9, 11,13 y 15 días.

4.2.1.5. Cosecha

La cosecha se realizó a los 15 días. El cuantificado (pesado) de FVH se realizó por tratamiento para evaluar el rendimiento, altura de planta, largo de la raíz y luego se pasa a realizar un muestreo para evaluar el rendimiento de Forraje Seco Hidropónico (FSH).

4.2.2. Diseño experimental

Para realizar el experimento utilizó diseño completamente al azar con 4 tratamientos y 3 repeticiones, en total con 12 unidades experimentales.

Según Calzada (2002), este diseño es útil para estudios de métodos y técnicas de trabajo de laboratorio de invernadero y experimentos con animales el cual es el siguiente modelo lineal:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + \varepsilon_{ij}$$

Donde:

Y_{ij} = Una observación cualquiera

μ = Media general del experimento

T_i = Efecto del i-esimo abono orgánico

ε_{ij} = Error experimental

4.2.3. Factor de estudio

Para la investigación se tiene 4 tratamientos lo cual se mencionan a continuación:

T_1 = Aplicación de 50 ml de Biol disuelto en dos (2) litros de agua.

T_2 = Aplicación de 2 ml de Humus Líquido disuelto en dos (2) litros de agua.

T_3 = Aplicación de 20 ml de Jiracha disuelto en dos (2) litros de agua.

T_4 = Sin abono orgánico solo se le suministra con agua.

4.2.4. Croquis experimental

En la Figura 2 se muestra la disposición de los 4 tratamientos con 12 unidades experimentales, además sus dimensiones.

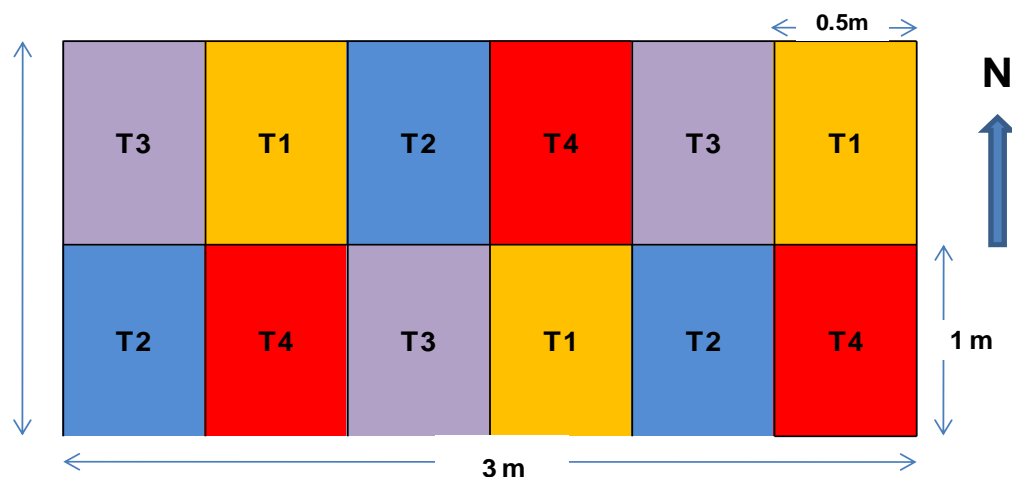


Figura 2. Croquis experimental

4.3. Variables de respuesta

4.3.1. Altura de la planta (cm)

Se midió la altura de 10 plantas aleatoriamente del FVH, de la base hasta el ápice, el instrumento que se utilizó fue una regla de 30 cm, se registró el dato de altura por cada tratamiento y repetición (se observa en anexo 5).

4.3.2. Longitud de la raíz (cm)

La medición de la longitud de la raíz se realizó al final del experimento para ello se tomó al azar 10 plantas por cada unidad experimental, medición se realizó desde la parte vegetativa del cuello hasta la punta de la raíz. (se observa en anexo 13).

4.3.3. Rendimiento del FVH en kg/m^2

El rendimiento del forraje verde hidropónico se obtuvo al final de la cosecha a los 15 días; se pesó cada unidad experimental en Kg utilizando una balanza electrónica (se observa en anexo 6).

4.3.4. Porcentaje de materia seca por tratamiento

Se pesó 200 gramos de FVH por cada unidad experimental para esto las muestras fueron envueltas en papel madera previamente identificadas luego ser sometidas a 105 °C en un horno durante 48 horas y posteriormente ser pesado en una balanza analítica, todo este proceso se realizó en el laboratorio de química analítica (observar anexo 7).

El porcentaje de materia seca se calculó mediante la siguiente formula (Cañas y Aguilar, 2002).

$$\%MS = \frac{\text{Peso seco (g)}}{\text{peso húmedo (g)}} \times 100$$

4.3.5. Porcentaje de proteína cruda

Al finalizar la cosecha se llevó las muestras de FVH de cada tratamiento al laboratorio de calidad ambiental que es dependiente de la Universidad Mayor de San Andrés, para luego comparar la cantidad de proteína por cada tratamiento (observar anexo 8).

4.3.6. Análisis económico.

Para esta variable se realizó un análisis económico, con el propósito de ver si el trabajo de investigación presenta rentabilidad por el uso de abonos orgánicos en el forraje verde hidropónico de cebada en carpa solar. Y para hallar este indicador se aplicó la siguiente fórmula:

$$\text{Relación beneficio costo} = \frac{\text{Valor Bruto Productivo}}{\text{Costo Total}}$$

IBTA Y PROINPA (1995), indican la regla básica de beneficio/costo (B/C), es que una inversión será rentable, si los beneficios son mayores que la unidad (B/C > 1), es aceptable cuando es igual a la unidad (B/C = 1), y no es rentable si es menor a la unidad (B/C < 1).

5. RESULTADOS Y DISCUSION

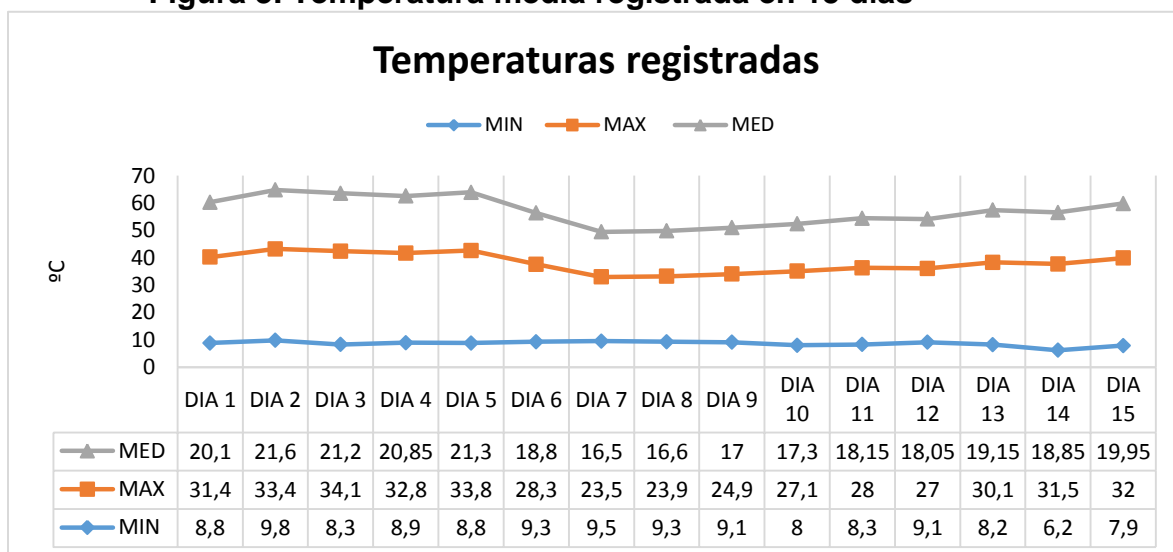
5.1 Factores que influyen en el desarrollo del cultivo hidropónico

De acuerdo a los resultados obtenidos se abordaron primero los factores que influyen en la producción, para luego determinar rendimiento del cultivo materia verde y seca.

5.1.1. Temperaturas registradas durante el desarrollo del cultivo de cebada

Durante el transcurso del experimento se registraron las temperaturas máximas y mínimas diariamente con ayuda de un termómetro analítico el cual estaba ubicado a 1.30 m de altura, habiéndose obtenido la siguiente información.

Figura 3. Temperatura media registrada en 15 días



Las temperaturas mínimas, máximas y medias registradas durante el desarrollo del cultivo de FVH fueron:

La mínima extrema registrada fue de 6,2°C y la máxima de 34,1°C con un promedio de 19,1°C.

La temperatura promedio y la temperatura mínima registrada encuentran dentro de los parámetros según la FAO (2001), que recomienda que las temperaturas óptimas para que se desarrolle el FVH se sitúan entre 18 y 26 °C como promedio, con temperaturas máximas de 29°C y mínimas de 5°C., en cuanto a temperatura máxima de 34.1°C no coincide con los rangos recomendados.

5.1.2. Humedad

Martínez (2013) afirma que el cuidado de la condición de humedad en el interior del recinto de producción muy importante; la humedad relativa del recinto de producción no puede ser inferior al 90%, valores de humedad superior al 90% sin buena ventilación pueden causar problemas fitosanitarios debido fundamentalmente fungosas, que son difíciles combatir y eliminar, además de incrementar; a los costos operativos.

5.1.3. Calidad de la semilla

Las semillas se sometieron a selección para retirar las impurezas, donde se obtuvo una pureza física de 93%, para garantizar la calidad y viabilidad de la semilla, donde se obtuvo 81,4 % de germinación en un periodo de 7 días de haber entrado la semilla en contacto con el agua.

Estos resultados se deben al buen manejo de la siembra al distribuir las semillas de cebada de manera adecuada en las bandejas. También debe al área oscura la cual acelera la germinación de las semillas brindando oscuridad, previniendo que las bandejas tengan ventilación y retengan humedad para acelerar su germinación en el área oscura.

La FAO (2016) recomienda que semilla deba presentar como mínimo un porcentaje de germinación no inferior al 75%, para evitar pérdidas los rendimientos de Forraje Verde Hidropónico.

5.1.4. Iluminación

En esta investigación se produce FVH dentro de la carpa solar, la cubierta es de agrofílm de 2,5 micras de espesor.

Chang (2001) indica que si no existiera luz dentro de los recintos para Forraje Verde Hidropónico, la función fotosintética no podría ser cumplida por las células verdes de las hojas y por lo tanto no existirá producción de biomasa. La radiación solar es por

lo tanto la fuente básica para el crecimiento vegetal, a la vez que promoverá la síntesis de compuestos (ejemplo, Vitaminas), los cuales serán de vital importancia para la alimentación animal.

Palacios (2002) menciona que al comienzo del ciclo de producción de Forraje Verde Hidropónico, la presencia de luz durante la germinación de las semillas no es deseable, por lo hasta el tercer o cuarto día de la siembra, las bandejas, deberán estar en un ambiente de luz muy tenue, pero con oportuno riego para favorecer la aparición de los brotes y el posterior desarrollo de las raíces.

5.2. Descripción de las variables de respuesta

5.2.1. Altura de la planta

La evaluación de la altura de planta de Forraje Verde Hidropónico de cebada de los cuatro tratamientos, fue medida en centímetros desde la parte vegetativa del cuello al ápice, para cada tratamiento, habiéndose obtenido un desarrollo de alta competencia entre tratamientos teniendo al T3 “Jiracha” como el mejor, luego tenemos a los tratamientos T2 “lixiviado” y T1 “Biol” y finalmente al T4 “Sin abono” el cual no poseía nada de insumo orgánico, así como se puede observar en la siguiente figura 4

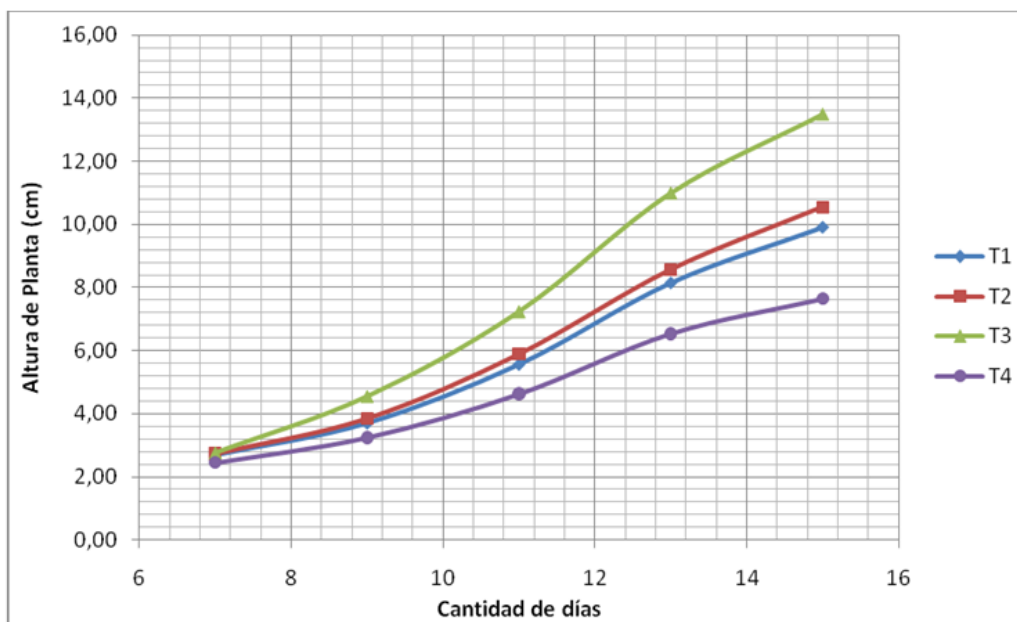


Figura4 Altura de planta en los 15 días

5.2.1.1. Análisis de varianza para la altura de planta

En el análisis de varianza entre tratamientos se observa que son estadísticamente diferentes debido a que el valor de Fc es superior a los valores del Ft además que el valor de $p < 0.05$.

Cuadro N° 6. Análisis de varianza (ANVA) para altura de planta

FV	GL	SC	CM	Fc	p-valor	Ft	
						0,05	0,01
Tratamientos	3	72,7	24,23	29,14	0,0001	4,066	7,591 (**)
Error	8	6,65	0,83				
Total	11	79,35					

** = Altamente significativo

C.V.= 7,15 %

El cuadro N° 6, presenta el análisis de varianza en relación a la altura de crecimiento de Forraje Verde Hidropónico de cebada de los cuatro tratamientos (biol, lixiviado, jiracha y sin abono orgánico), en cual se muestra una diferencia altamente significativa, por tanto, se recomienda la prueba de Duncan.

Con un coeficiente de variación de 7.15 %, indica que los datos obtenidos son confiables y que hubo un buen manejo de las unidades experimentales.

5.2.1.2. Comparación de media para la altura de planta

En la figura 5, se muestra prueba de Duncan ($p < 0,05$), donde se llegó a determinar que existen tres grupos, el primero de ellos formado por el abono orgánico de jiracha que tiene en promedio una altura de 16,28 cm, el segundo grupo conformados por el lixiviado y biol que tiene en promedio una altura de 13,16 cm y 12,44 cm y el tercer grupo conformado por testigo (sin abono orgánico) en promedio tiene una altura de 9,28 cm.

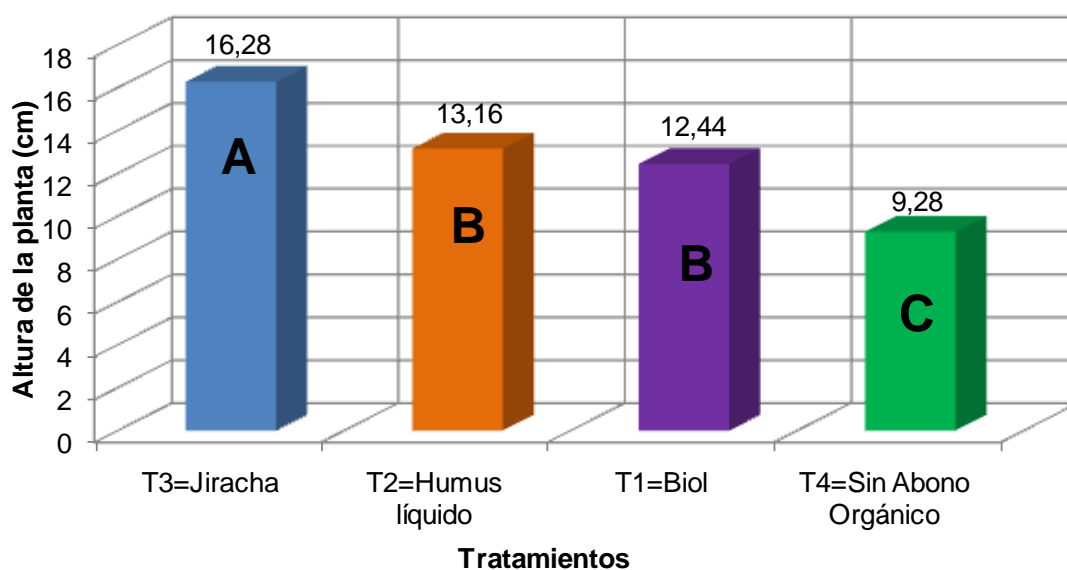


Figura 5. Prueba de Duncan para la altura de planta

Estos resultados son atribuibles porque N en los abonos orgánicos es un elemento móvil dentro de la planta, transferido hacia el follaje y es esencial para promover un alto rendimiento y mantener saludable a la planta durante el período vegetativo. El N es absorbido por las raíces de las plantas casi exclusivamente en forma de iones de NO_3^- y en forma de amonio NH_4^+ . Una vez absorbidos por las raíces y translocados por medio de la xilema a la parte aérea de la planta, los nutrientes pueden ser transferidos al floema o depositados en la raíz o células de las hojas (Aguirre, 2013).

El mismo autor indica que el K es un factor importante en la fotosíntesis, transformación y transporte de energía (ADP o ATP) en las dos fases del proceso fotosintético además que el K es absorbido por las raíces en forma de ion K^+ .

Estos resultados se deben a una buena aplicación de los abonos orgánicos ya que son ricos en nitrógeno amoniacal, hormonas, vitaminas, aminoácidos y ácidos (especialmente húmicos y fúlvicos), superando 7 cm al tratamiento que no se puso ningún tipo de abono orgánico (testigo).

Nina (2017) en el estudio realizado en el uso de diferentes métodos de producción bajo tres densidades de siembra en el cultivo de FVH de cebada en ambiente controlado obtuvo una altura promedio de 8,33 cm en un periodo de 15 días.

Trujillano (2016), obtuvo la relación a la altura de crecimiento de Forraje Verde Hidropónico de cuatro variedades de cebada, a los 20 días de realizada la investigación, mostrando una diferencia altamente significativa entre los distintos tratamientos, con una media general de 12,67 cm y un coeficiente de variación de 1,95% ($p < 0.01$).

5.2.2. Longitud de la raíz

Esta variable fue medida en centímetros, desde la parte vegetativa del cuello de la planta hasta la finalización de la raíz a los 15 días.

5.2.2.1. Análisis de varianza para la longitud de la raíz

En el siguiente cuadro se observa el análisis de varianza para la longitud de la raíz.

Cuadro N° 7. Análisis de varianza para la longitud de la raíz

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	p-valor	Ft	
						0,05	0,01
Tratamientos	3	3,66	1,22	1,48	0,29	4,066	7,591(NS)
Error	8	6,66	0,83				
Total	11	10,27					

NS = no significativo
CV = 8,79%

En el cuadro N° 7 se observan los resultados de análisis de varianza, se llegó a determinar que no existen diferencias significativas en los tratamientos eso quiere decir que los diferentes abonos orgánicos no permiten lograr diferentes longitudes de raíz.

Según Ortega (2004) indica que la formación de la raíz en las primeras etapas después de la germinación depende de las temperaturas y de la frecuencia de riego, mientras exista un riego uniforme lo largo del día la raíz tendrá mayor absorción del agua.

Por otro lado Luna (2013) en trabajo de investigación obtuvo 3,8 cm de longitud de raíz, utilizando 5 kg/m², aplicando sustancias nutritivas en un periodo de 12 días.

Con el presente trabajo de investigación podemos decir que la planta desarrolla la parte radicular más para extraer nutrientes, donde se obtuvo una longitud media de 10,34 cm.

5.2.3. Rendimiento de Forraje Verde Hidropónico

Para la evaluación del rendimiento forraje verde hidropónico, se procedió al pesado por tratamiento a los 15 días.

5.2.3.1. Análisis de varianza para el rendimiento

En el cuadro N° 8, se presentan los resultados del análisis de varianza.

Cuadro N° 8. Análisis de varianza para el rendimiento de forraje verde hidropónico de cebada

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	p-valor	Ft	
						0,05	0,01
Tratamientos	3	6,57	2,19	47,36	0,0001	4,066	7,591(**)
Error	8	0,37	0,05				
Total	11	6,94					

** = Altamente significativo

C.V. = 3,36%

Efectuado el análisis de varianza para la materia verde en el cultivo Hidropónico de cebada en carpa solar, los 15 días de haber entrado en contacto la semilla con en el agua, registra una diferencia altamente significativa entre los cuatro tratamientos.

Con un coeficiente de variación de 3,36 %, indica que los datos obtenidos son confiables y que hubo un excelente manejo de las unidades experimentales.

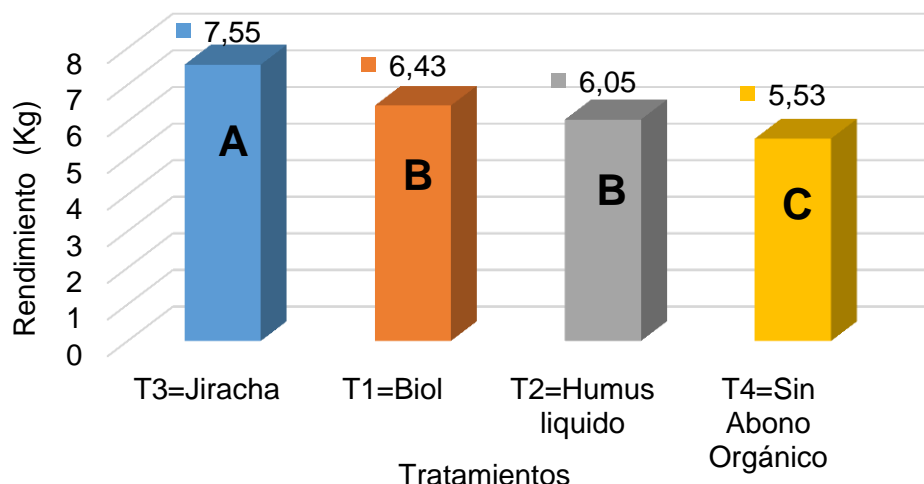


Figura 6. Prueba de Duncan para el Rendimiento de Forraje Verde Hidropónico de Cebada con Abonos Orgánicos

En la figura 6 nos indica que la prueba de comparaciones de medias Duncan existe variaciones en tratamientos estudiados donde se determinó que existe tres grupos bien diferenciados, el primero de ellos formado por los abonos orgánicos de jiracha con rendimiento promedio de 7,55 Kg en 0,5 m² siendo el mejor tratamiento seguido del biol y lixiviado como segundo grupo con promedios de 6,43 Kg y 6,05 Kg respectivamente en 0,5 m² y último grupo conformado por el testigo con un promedio de 5,53 Kg en 0,5 m² que presento menor rendimiento de FVH.

Choque (2015) en el estudio realizado en el efecto del té de estiércol de llama en la producción de FVH en el cultivo de cebada, obtuvo un promedio en rendimiento de 5,33 Kg en 0,5 m² con dosificación de 75 % de biol, mientras que su testigo obtuvo 3,54 Kg en 0,5 m² por consiguiente puede establecer que las plantas al utilizar los

abonos orgánicos entran un proceso de absorción, translocación, y metabolización de los nutrientes, realiza gasto de energía que se deriva a la formación de biomasa total, pero cuando son regados solo con agua no ocurre tal gasto.

Trujillano (2016), En relación al rendimiento de Forraje Verde Hidropónico de cebada, a los 20 días de realizada la investigación, mostrando diferencia significativa entre los distintos tratamientos, con una media general de 4,24 Kg y un coeficiente de variación de 8,05% ($P < 0.01$). De acuerdo con los resultados obtenidos el TII que corresponde la cebada variedad IBTA 80 registro mayor tamaño de crecimiento con 16,3 cm altura y un rendimiento de 5,4 Kg de Forraje Verde Hidropónico en relación a los demás tratamientos ($P < 0.01$).

5.2.4. Rendimiento de materia seca

La evaluación de rendimiento de materia seca del Forraje Verde Hidropónico de los cuatro tratamientos, a los 15 días de cosecha se realizó el muestreo de 200 gramos del mismo, por cada unidad experimental para esto las muestras fueron envueltas en papel madera previamente identificadas para luego ser sometidas a 105 °C en un horno durante 48 horas y posteriormente ser pesado en una balanza analítica, todo este proceso se realizó en el laboratorio de química analítica, dependiente de la facultad de agronomía UMSA (observar anexo 7).

5.2.4.1. Análisis de varianza para el rendimiento de materia seca

En el cuadro N° 9, se observa análisis de varianza para el rendimiento de materia seca:

Cuadro N° 9. Análisis de Varianza Para el Rendimiento de Materia Seca

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	p-valor	Ft	
						0,05	0,01
Tratamientos	3	1,44	0,48	0,63	0,62	4,066	7,59 (NS)
Error	8	6,44	0,77				
Total	11	7,58					

No significativo

CV = 3,47%

El coeficiente de variación es de 3,47%, nos indica que los datos obtenidos son confiables que existió un buen manejo de las unidades experimentales.

El análisis de varianza en relación al rendimiento de materia seca de Forraje Verde Hidropónico de cebada en carpa solar, donde se puede apreciar que no existen diferencias significativas entre los tratamientos en materia seca del Forraje Verde Hidropónico.

En general el promedio porcentaje de materia seca para todos los tratamientos fue de 12,65 %.

Los resultados obtenidos coinciden con el rango establecido para forrajes hidropónicos, según Tarrillo (2007), quien recopilando información de varios autores indica que es posible obtener valores de MS entre 12 – 20 % en sistemas hidropónicos, por su parte Rodríguez (2000) señala que dependiendo de la especie forrajera es posible obtener porcentajes que varían entre 12 y 18 % MS.

5.2.4.2. Porcentaje de Proteína Cruda

Según Corona (2011) indica que la producción de Forraje Verde Hidropónico apta para la alimentación animal debe tener ciclos de 10 a 15 días, a pesar que el óptimo definido por estudios científicos no puede extenderse más allá de los 15 días, aproximadamente a partir de ese día se inicia un marcado descenso en el valor nutricional del Forraje Verde Hidropónico.

El análisis físico químico del forraje se realizó el laboratorio de calidad ambiental de la UMSA, donde los resultados se muestran en el (Cuadro N° 10).

Cuadro N°10: Análisis Físico Químico del Forraje

Dosificación	PARAMETRO	Resultado	Unidades
Jiracha	Proteína	14	%
Humus liquido	Proteína	13	%
Biol	Proteína	13	%
Testigo	Proteína	11	%

Fuente: Elaboración propia

Podemos observar que el tratamiento que obtuvo mayor porcentaje de proteína fue el de la jiracha con un porcentaje de 14 % seguido del humus líquido y del biol con un porcentaje del 13% y por último fue el testigo con un valor de 11 %.

El Forraje Verde Hidropónico, es un suculento forraje verde y de plena aptitud comestible para nuestros animales (Less y Pérez, 1987). Su alto valor nutritivo lo obtiene debido a la germinación de los granos

5.2.5. Costos de Producción

En los costos producción y rentabilidad se estudió los egresos e ingresos, donde el parámetro que se utilizó fue la relación beneficio/costo, en la investigación los cálculos que se realizaron fueron en bolivianos.

Los precios de venta son considerados de acuerdo al mercado de la ciudad de La Paz, los rendimientos, costos variables y beneficios netos se desglosan por cada tratamiento, donde muestra cual tratamiento presenta más altos beneficios para que el agricultor pueda recibir ingresos y adoptar una de las alternativas propuestas (observar anexo 12 precios unitarios).

Los abonos orgánicos utilizados en la investigación representan el menor gasto de inversión a realizarse, debido al empleo de abonos orgánicos económicos y fáciles de realizar y conseguir. Además, que estos abonos orgánicos son ricos en nutrientes ya que ayudaron a obtener mejores rendimientos de forraje verde hidropónico de cebada.

5.2.6.1. Ingresos de la Producción de Forraje Verde Hidropónico

El ingreso bruto fue calculado multiplicando el precio por kg/m² de Forraje Verde Hidropónico de cebada, por los rendimientos obtenidos en cada uno de los tratamientos.

Cuadro N°11: Ingreso Bruto por m² y Por Ciclo de Producción de Forraje Verde Hidropónico de Cada Tratamiento

tratamientos	Rendimiento Kg/m2	Precio Bs/m2	Ingreso Bruto Bs
T1	12,8	5	64,3
T2	12,1	5	60,5
T3	15,1	5	75,5
T4	11,6	5	58

En el cuadro N° 11 se observa que con la aplicación del T₃ (abono orgánico jiracha) se obtuvo mayor Ingreso bruto (Bs. 75,5), seguido de T₁ (abono orgánico biol) con un ingreso bruto de (Bs. 64,3), T₂ (abono orgánico de lixiviado) con un ingreso bruto de (Bs 60,5) y por se ha obtenido el menor ingreso bruto de Bs 58 con el testigo T₄ (sin abono orgánico).

Cuadro N°12: Relación Beneficio/Costo de Cada Tratamiento.

Tratamiento	Ingreso Bruto (Bs)	Costo Total (Bs)	Beneficio/costo
T1	64,3	51,2	1,25
T2	60,5	51,2	1,18
T3	75,5	51,2	1,47
T4	58	50,2	1,06

Según Villaroel (2002), para la evaluación del análisis de la relación Costo/Beneficio (C/B), se toma valores mayores, menores o iguales a 1, que implica que:

- C/B > 1 implica que los ingresos son mayores que los egresos, entonces la producción es aconsejable o atractivo.
- C/B = 1 implica que los ingresos son iguales que los egresos, en este caso el proyecto es indiferente.
- C/B < 1 implica que los ingresos son menores que los egresos, entonces el proyecto no es aconsejable.

En el cuadro N°12, se observan mayor relación de Beneficio/Costo, en el T₃ (Jiracha) de 1,47 en comparación con los demás tratamientos, esto quiere decir que por cada boliviano invertido se tiene un ganancia de Bs. 0,47 seguido del T₁ (Biol) con 1,25 la cual nos indica que por cada boliviano invertido tiene una ganancia de Bs. 0,25; T₂ (Humus liquido) con 1,18 que nos indica por cada boliviano invertido se tiene una ganancia de Bs. 0,18 y por ultimo T₄ (testigo) se tiene una menor relación de Beneficio/Costo con 1,06 lo cual nos indica que por cada boliviano invertido se tiene una ganancia de Bs 0,06. Con estos datos obtenidos se explica que, por cada boliviano invertido, se obtuvo un ganancia mayor a ese boliviano que se ha invertido, la producción de forraje verde hidropónico de cebada es recomendable

6. CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos en la presente investigación para los diferentes abonos orgánicos se concluye lo siguiente:

- La altura de crecimiento de Forraje Verde Hidropónico de cebada (*Hordeum Vulgares*) con cuatro tratamientos (T1= Biol; T2 = Humus de liquido; T3 = Jiracha y T4 = Sin abono orgánico) en carpa solar, registra una diferencia altamente significativa entre tratamientos, con una media general de 12,79 cm y un coeficiente de variación de 7,84%.
- El rendimiento de Forraje Verde Hidropónico con cuatro tratamientos de abono orgánico en carpa solar, a 15 días, muestra una diferencia significativa entre tratamientos, con una media general de 6,39 Kg y un coeficiente de variación de 5,15%.
- Con respecto a la longitud de la raíz y rendimiento en materia seca, no mostro diferencias entre los tratamientos.
- En análisis físico químico de Forraje Verde Hidropónico se obtiene el 14 % de proteína con Jiracha y 11 % de proteína con Testigo.
- Los mayores resultados obtenidos corresponden al T3 (Jiracha) que registró el mayor tamaño con 16,28 cm de altura y un rendimiento de 7.55 Kg MV de Forraje Verde Hidropónico en relación a los otros tratamientos.
- El mayor B/C obtenido corresponde al tratamiento T3 (jiracha) con Bs. 1,47 y los otros tratamientos también registraron valores positivos con Bs. 1,25, 1,18 y 1,06.

7. RECOMENDACIONES

Por los resultados y conclusiones obtenidas en la investigación se se realizan las siguientes recomendaciones:

- Se recomienda el cultivo de Forraje Verde Hidropónico de cebada (*Hordeum* sp.), con la aplicación de abono orgánico Jiracha por tener mejores resultados en la investigación realizada en condiciones hidropónicas y bajo carpa solar.
- Realizar investigaciones en otros forrajes adoptando el presente sistema de producción hidropónica.
- Realizar investigaciones con diferentes concentraciones de Jiracha.
- Es posible utilizar semillas de bajo valor económico ya que es posible obtener altos rendimientos de Forraje Verde Hidropónico con la aplicación de abono organico Jirach.

8. BIBLIOGRAFÍA

- AGUIRRE, 2013. Nutrición vegetal. Universidad Nacional Abierta y a distancia. Escuela de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y del medio Ambiente. Bogotá. 44 – 45 p.
- ÁLVAREZ, F. 2010. Preparación y uso de Biol. Soluciones prácticas. Lima, Perú. 30 p.
- ARANA, S. 2011. Manual de Elaboración de Biol. Soluciones Prácticas. Cusco – Perú. 40 p.
- BIOAGROTECSA. 2011. Clínica Orgánica [en línea] consultado el 23 de julio del 2012. Disponible en: www.obtención\Lombricultura - Planta de Producción.mht
- CARBALLO, R. 2008. Manual de procedimientos para germinar granos para la alimentación animal. [en línea] consultado el 3 de enero del 2016. Disponible en: www.zoetecnocampo.com/Documentos/germinados.htm
- CASCO, M. 2005. Producción de biofertilizantes líquidos a base de lombricomposteo. Comunicaciones Científicas y Tecnológicas 2005. Cátedra de Microbiología Agrícola – Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional del Nordeste. UNNE. Argentina.
- CERVINI, 2012. Evaluación económica de un proyecto de lombricultura. Universidad Autónoma metropolitana Azcapotzalco División de Ciencias Sociales y Humanidades Departamento de economía [en línea] consultado el 20 de junio del 2012. Disponible en: www.manualdelombricultura.com/manual/conceptos.html.
- CHANG, M. 2004. Producción de Forraje Verde Hidropónico. Ed. Centro de Investigación de Hidroponía y Nutrición Mineral. Lima. Perú. 235 p.
- CHANG, P. 1995. Resumen del segundo y tercer curso de taller de Hidroponía, Un nuevo campo en la hidroponía, febrero y septiembre. Puno – Perú. 44-59 p.

- CHILÓN, 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. 185 p.
- CHOQUE, B. 2015. Efecto del té de estiércol de llama en la producción de forraje verde hidropónico de cebada (*hordeum vulgare l.*) en condiciones controladas. Tesis, La Paz. Universidad Mayor de San Andrés.
- COLQUE T.; MUJICA A.; APAZA V.; RODRIGUEZ D.; CAÑAHUA A.; Y JACOBSEN E. 2005. Producción de Biol Abono Líquido Natural y Ecológico. ILLPA – PUNO. Puno, Perú. 16 p.
- FAO, 2001. Manual Técnico. Forraje verde Hidropónico. Organización de las Naciones Unidas para la agricultura y la alimentación. Santiago de Chile. 68 p.
- FAO, 2002. Manual de Forraje verde hidropónico. Organización de las naciones unidas para la agricultura y la alimentación. [en línea] consultado el 18 de agosto del 2013. Disponible en: www.fao.org/prior/segalim/prodalim/prodveg/hidro/pdf
- GALLARDO, 2000. Producción de forraje verde hidropónico. Manual N° 2. Bogotá. Colombia.
- GOMERO, O. 1999. Manejo ecológico de suelos, conceptos y técnicas. Ed. Grafica Esteffan. Lima – Perú. 189 – 201 p.
- Gonzales, 2016. M.S. Rendimiento del forraje Verde Hidroponico. [en línea] consultado el 5 de mayo del 2017. Disponible en: http://www.produccionanimal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/forraje_hidroponico/47maiz.pdf. 29-30 p.
- GOYTIA, R. A. 2007. Introducción de diez líneas y/o variedades de cebada (*Hordeum vulgare L*), para la producción de forraje y grano en dos comunidades de la provincia de Cochabamba. 20 p.

INFOCAMPO, 2009. La venta de invernaderos a productores. [en línea] consulta 10 de agosto de 2013. Disponible en : www.infocampo.com.ar/infocampo-semanario/10904-la-venta-de-invernaderohttp://www.infocampo.com.ar/infocampo-semanario/10904-la-venta-de-invernadero-a-productores-crece-20/a-productores-crece-20/ .

ISHIKAWA, A. 2007. “Ensayo Comparativo De Rendimiento De Cultivares De Frutilla”. [en línea] consulta el 13 de abril del 2012 disponible en: [E-mail:aishikawa@correo.inta.gov.ar](mailto:aishikawa@correo.inta.gov.ar).

IZQUIERDO, J. 2002. FAO. El forraje verde Hidropónico (FVH) como tecnología apta para pequeños productores agropecuarios, Oficina Regional de la FAO para América Latina y El Caribe. Santiago, Chile. 79 p.

IZQUIERDO, T. 2001. Manual Técnico. Forraje Verde Hidropónico. Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe. Santiago, Chile. 2-4 p.

JOHAN, T. 1999. Cultivos Forrajeros. Ed. Trillas. San José Costa Rica. 25-60-62 p.

LA MOLINA, 2000. Manual práctico de hidroponía. Ed. Mekanobooks. E.I.R.L. Perú, Lima. 96 p.

LORINI, J. 2001. Clima. En: Forno E. & M. Baudoin (Eds.). Historia Natural de un Valle en Los Andes: La Paz. Instituto de Ecología – UMSA. 27 – 46 p.

MARTINEZ, E. 2001, Comunicación personal. Manual Técnico FVH. St. Maldonado, Uruguay.se.76-79 p.

NINA, E. 2017. Uso de diferentes métodos de producción bajo dos densidades de siembra en el cultivo verde hidropónico de cebada (*hordeum vulgare l.*) en el centro experimental de Cota Cota - La Paz. Tesis, La Paz. Universidad Mayor de San Andrés.

ORCASBERRO, R. 1989. Estrategias de Alimentación de Vacunos y Ovinos para la Actual Crisis Forrajera. MGAP. Dirección de Extensión. Montevideo, Uruguay.

- ORTEGA, 2012. Elaboración de bokashi sólido y líquido. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad de Cuenca. Cuenca, Ecuador. 43 – 46 p.
- PALACIOS, M.F.; NIERI, F.1995. Cultivo de Forraje Verde Hidropónico. Facultad de Ciencias. Departamento de Biología. Laboratorio de Fisiología Vegetal Universidad Agraria La Molina. Lima. Perú.112-114p.
- PARSONS, C. 1999. Trigo, Triticale, avena y cebada. 5ta ed. Ed. Limosa. México. 250- 257 p.
- QUINO, E. 2006. Apuntes de clases de Fertilidad y Nutrición Vegetal. Facultad de Agronomía. UMSA. La Paz-Bolivia. 1-7 p.
- QUISPE, C. 2005. El uso del biol en la fertilización foliar y radicular en el cultivo de pepinillo (*Cucumis sativus* L) bajo diferentes concentraciones en ambiente atemperado. Tesis de Grado. UMSA Facultad de Agronomía. 7 – 13 pp.
- QUISPE, R. 2003. Efecto de la fertilización con abonos líquidos orgánicos fermentados en Cañahua. Tesis de Grado, Facultad de Agronomía, La Paz – Bolivia. 24 – 61 p.
- QUISPE, s.f. El jiriguano. Proyecto de PAMJA. Cochabamba, Bolivia.
- RAFAEL, 2008. Conocimiento local de agricultores del Municipio Sica Sica del Departamento de La Paz sobre el manejo ecológico del cultivo de papa. Tesis, La Paz. Universidad Mayor de San Andres. 21-58 p.
- RESH, H. 2001. Cultivos Hidropónicos; Nuevas técnicas de Producción, Cuarta Edición, Editorial Mundi Prensas. Madrid – España. 125 p.
- RESTREPO, R. 2001. Elaboración de abonos orgánicos fermentados y biofertilizantes foliares. IICA San José, Costa Rica. 1 – 46 p.

- RESTREPO, R. 2002. Biofertilizantes preparados y fermentados a base de estiércol de vaca. Primera edición. Fundación Juquira Candirú. Santiago de Cali. Colombia. 105 p.
- REVISTA DE CULTIVOS HIDROPONICOS, 1992 N^o 9. Forraje Verde Hidropónico. Ed. Ver. Bogotá, Colombia.25-30 p.
- REVOLLO Y HUAYTA, 2010. Conservación de suelos con enfoque biocultural. Experiencia en la comunidad altoandina de Tallija Confital. Agroecología Universidad Cochabamba AGRUCO. Facultad de Agronomía. Cochabamba, Bolivia. 30 p.
- RODRIGUEZ, A. C. S. 2003. Como producir con facilidad, rapidez y óptimos resultados forraje verde hidropónico. Ed. DIANA México. ISBN: 968-13-3613-5. 113 p.
- RODRIGUEZ, S. 2003. Hidroponía: una solución de producción en chihuahua, México. Boletín Informativo de la Red Hidropónica N^o9. Lima, Perú. 26 p.
- RODRIGUEZ, S. 2003. Hidroponía: una solución de producción en chihuahua, México. Boletín Informativo de la Red Hidroponía N^o 9. Lima, Perú. 26 p.
- RODRÍGUEZ, S. 2006. Forraje Verde Hidropónico. Segunda Edición. Editorial diana. México. 113 p.
- ROGER., J.M.2004. El cultivo de la cebada y del trigo. Ed. Trillas, Buenos Aires, Argentina, 140 p.
- ROJAS, C. 2002. Catalogo de plantas. Universidad Mayor de San Andrés. La Paz – Bolivia. 77-80 p.
- S.N. 2001.PRODUCCION DE FORRAJE VERDE HIDROPONICO (FVH)ww TECNOCAMPO.com .mx, 4 p.
- SAMPERIO, G. 1997. Hidroponía Básica. 1a ed. México, México. Edit. Diana.13 p.

- SAMPERIO, G. 2007. Forraje Hidropónico. Memorias del VIII congreso de rentabilidad de la producción de forraje verde y conservado. Asociación Hidropónica Mexicana, A.C. Querétaro, México. 15 – 20 p.
- SÁNCHEZ, A. 1996 – 1997. Informes Técnicos de Estadía. Informes Internos de la Dirección Nacional de Empleo. Montevideo, Uruguay. 125 p.
- SANCHEZ, A. 2005. Hidroponía (en línea). Lima, Pe. Consulta 15 Nov. 2011. Disponible en: [www. Mtss.gub.uy](http://www.Mtss.gub.uy). C
- SANCHEZ, C. 2005, Hidroponía (en línea). Lima, Pe. Consultado 15 Nov. 2011. Disponible en www. Mtss.gub.uy.
- SANCHEZ, R. 2004. Manual de Hidroponía paso a paso Cultivos sin tierra. Ed. RIPALME, Lima 36- Perú. 110 y 117 p.
- SEMTA, 1993. Horticultura. Editorial SEMTA. La Paz – Bolivia. 40 – 47 p.
- SUQUILANDA, 2006. Agricultura orgánica. Alternativa Tecnológica del futuro. Tercera edición. ABYA – Yala. Quito, Ecuador. 654 p.
- SUQUILANDA, M. 1995. Fertilización orgánica. Ed. Fundagro. Quito – Ecuador. 63 – 68 p.
- TAPIA, N. 2002. “Agroecología y Agricultura campesina Sostenible en los Andes bolivianos”. AGRUCO. Plural Editores. Cochabamba, Bolivia. 373 p.
- TARILLO, 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>
- TARRILLO, H. 2005. Manual de Producción de Forraje Verde Hidropónico. Segunda Edición, Ed. Forraje Hidropónico. EIRL. Perú, 41 p.
- TITO, A. 2016. Evaluación de la producción de forraje verde hidropónico de maíz (*zea mays l.*), con cuatro tipos abonos orgánicos bajo ambiente atemperado en la

provincia murillo del departamento de La Paz. Tesis, La Paz. Universidad Mayor de San Andrés.

VARGAS R. 2008. Comparación productiva de forraje verde hidropónico de maíz, arroz y sorgo negro forrajero. *Agronomía mesoamericana*. 233-240 p.

9. ANEXOS

ANEXO 1. LAVADO Y DESINFECCIÓN DE LAS SEMILLAS



ANEXO 2. PESADO DE LAS SEMILLAS



ANEXO 3. DISTRIBUCIÓN Y PREPARACIÓN DE LOS TRATAMIENTOS PRE GERMINATIVOS



ANEXO 4. TRASPASO DE LA SEMILLA A LA CÁMARA OSCURA PARA GERMINACIÓN



ANEXO 5. MARBETEADO Y TOMA DE DATOS



ANEXO 6. DESARROLLO Y PESADO DEL FORRAJE VERDE HIDROPONICO (F.V.H.)




ANEXO 7. OBTENCIÓN DE MATERIA SECA



ANEXO 8. ANALISIS DE PROTIENA CRUDA

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


 Página 3 de 3

Informe de Ensayo: MO 09/15

INFORME DE ENSAYO EN MATERIA ORGÁNICA MO 09/15

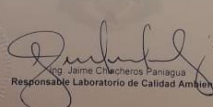
Cliente: Solicitante: Dirección del cliente: Procedencia de la muestra:	FACULTAD DE AGRONOMÍA - UMISA Tapia Pinto Dionisia Alto San Antonio C/2 # 48 Estación Experimental de Cota Cota Provincia: Murlito Departamento: La Paz
Punto de muestreo: Responsabilidad del muestreo: Fecha de muestreo: Hora de muestreo: Fecha de recepción de la muestra: Fecha de ejecución del ensayo: Caracterización de la muestra: Tipo de muestra: Envase: Código LCA: Código original:	Carga solar hidroponica Tapia Pinto Dionisia 05 de mayo de 2015 11:00 07 de mayo de 2015 Del 07 al 18 de mayo, 2015 Cebada Simple Bolsa plástica 9 - 3 L1404950


Resultado de Análisis

Parámetro	Método	Unidad	Límite de determinación	Lixiviado 9 - 3
Proteína cruda	NFTA 3.1	%	0.0630	13

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, Julio 21 de 2015


 Ing. Jaime Chimberos Paniagua
 Responsable Laboratorio de Calidad Ambiental



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

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


 Página 2 de 3

Informe de Ensayo: MO 09/15

INFORME DE ENSAYO EN MATERIA ORGÁNICA MO 09/15


Cliente: Solicitante: Dirección del cliente: Procedencia de la muestra:	FACULTAD DE AGRONOMÍA - UMISA Tapia Pinto Dionisia Alto San Antonio C/2 # 48 Estación Experimental de Cota Cota Provincia: Murlito Departamento: La Paz
Punto de muestreo: Responsabilidad del muestreo: Fecha de muestreo: Hora de muestreo: Fecha de recepción de la muestra: Fecha de ejecución del ensayo: Caracterización de la muestra: Tipo de muestra: Envase: Código LCA: Código original:	Carga solar hidroponica Tapia Pinto Dionisia 05 de mayo de 2015 11:00 07 de mayo de 2015 Del 07 al 18 de mayo, 2015 Cebada Simple Bolsa plástica 9 - 2 B01

Resultado de Análisis

Parámetro	Método	Unidad	Límite de determinación	Biol 9 - 2
Proteína cruda	NFTA 3.1	%	0.0630	13

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, Julio 21 de 2015



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

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

LCA

Página 1 de 3

Informe de Ensayo: MO 09/15

INFORME DE ENSAYO EN CEBADA MO 09/15


<p>Cliente: Solicitante: Dirección del cliente: Procedencia de la muestra:</p> <p>Punto de muestreo: Responsable del muestreo: Fecha de muestreo: Hora de muestreo: Fecha de recepción de la muestra: Fecha de ejecución del ensayo: Caracterización de la muestra: Tipo de muestra: Ensayo: Código LCA: Código original:</p>	<p>FACULTAD DE AGRONOMIA - UMSA Tapa Pura Domico Alto San Antonio C/2 # 44 Estación Experimental de Cota Cota Provincia: Murillo Departamento: La Paz Campus universitario Tapa Pura Domico 05 de mayo de 2015 11:00 07 de mayo de 2015 Del 07 al 26 de mayo, 2015 Cebada Simple Bolsa plástica 9-1 Jiracha</p>
---	---

Resultado de Análisis

Parámetro	Método	Unidad	Límite de determinación	Jiracha 9-1
Proteína cruda	NFTA 3.1	%	0.0630	14

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, Julio 21 de 2015



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

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

LCA

Página 2 de 2

Informe de Ensayo: MO 05/15

INFORME DE ENSAYO DE MUESTRAS ORGÁNICAS M05/15

<p>Cliente: Solicitante: Dirección del cliente: Procedencia de la muestra:</p> <p>Punto de muestreo: Responsable del muestreo: Fecha de muestreo: Hora de muestreo: Fecha de recepción de la muestra: Fecha de ejecución del ensayo: Caracterización de la muestra: Tipo de muestra: Ensayo: Código LCA: Código original:</p>	<p>FACULTAD DE AGRONOMIA - UMSA Univ. Edwin Luis Nina Luque Z/ Pura Cota # 50 Cota Cota - Campus universitario Provincia: Murillo Departamento: La Paz Cota Cota - Área de hidroponía Univ. Edwin Luis Nina Luque 16 de abril de 2015 17:00 21 de abril de 2015 Del 21 al 30 de abril, 2015 Cebada Compuesta olsa plástica 05-1 M-2</p>
---	---

Resultado de Análisis

Parámetro	Método	Unidad	Límite de determinación	M-2 05-1
Proteína cruda	ASPT-88	%	0.0030	11

Los resultados se refieren solamente a los objetos ensayados.
El informe no debe reproducirse, sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su integridad.

La Paz, junio 23 de 2015



Ing. Jaime Chincheros Panigada
RESPONSABLE LABORATORIO DE CALIDAD AMBIENTAL



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

ANEXO 9. ANALISIS FISICO – QUIMICO DE LOS ABONOS ORGANICOS



MINISTERIO DE EDUCACION

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

ANALISIS FÍSICO-QUIMICO DEL ABONO

INTERESADO : ADRIANA TITO MAMANI
PROCEDENCIA : Departamento LA PAZ,
Provincia AROMA,
Comunidad COLLANA

N° SOLICITUD: 022 / 2015
FECHA DE RECEPCION : 23 / Enero / 2015
FECHA DE ENTREGA : 23 / Febrero / 2015

PRODUCTO : MUESTRA DE FERTILIZANTE JIRACHA - Comunidad Collana.

N° Lab.	PARAMETRO	Resultado	Unidades	Método
091-01 /2015	Nitrogeno	0.066	% N	Vydati
091-02 /2015	Fosforo	0.010	% P	Espectrofotometría UV-Visible
091-03 /2015	Potasio	0.428	% K	Espectro-atómica
091-04 /2015	Carbono orgánico	0.322	%	Walkley Black
091-05 /2015	Calcio	207.89	mg / L	Absorción atómica
091-06 /2015	Magnesio	161.69	mg / L	Absorción atómica
091-07 /2015	Anzón	145.07	mg / L	Espectrofotometría UV-Visible
091-08 /2015	Hierro	26.20	mg / L	Absorción atómica
091-09 /2015	Manganeso	2.94	mg / L	Absorción atómica
091-10 /2015	pH	9.06	-	Potenciometría
091-11 /2015	Conductividad eléctrica	3.22	mS / cm	Conductancia
091-12 /2015	Humedad	99.70	%	Gravimetría
091-13 /2015	Materia seca	4.30	%	Gravimetría

OBSERVACIONES: Resultados en base húmeda.



[Signature]
RESPONSABLE DE LABORATORIO
Jairo Ordoñez

Of. Av. 6 de Agosto 290, Tel: 243383 - 243389 - 243397 - 212883 Fax: (591) 21243303, La Paz - Bolivia Celular 8021, Tel: 200005 Ordoñez, E-mail: ibten@ibten.gov.bo / Página Web: www.ibten.gov.bo

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



Informe de Ensayo: A-57715

Página 1 de 1

INFORME DE ENSAYO DE LIXIVIADO A57/15

Cliente: Solicitante: Dirección del cliente: Presidencia de la muestra: Lugar de muestreo: Responsable del muestreo: Fecha de muestreo: Hora de muestreo: Fecha de recepción de la muestra: Fecha de ejecución del ensayo: Características de la muestra: Tipo de muestra: Envaso: Código LCA: Código original:	CENTRO AGROECOLÓGICO WALPENI Srta. Adriana Tito Mamani Av. Illimani, Zona Nueva Urbanización DE # 27 Cercado Departamento: Oruro Cantón: Agroecológico Walpeni Ing. Walter Cruz Mamani Último de 2014 08:00 - 12:00 02 de mayo de 2015 IME (P. 20 de mayo, 2015) Laboratorio ICA, Unidad de Lixiviado (09032049) Compost Bandeja plástica 17-1 Método: 1
---	---

Resultado de Análisis

Parámetro	Método	Unidad	Límite de determinación	REGULACIÓN 1 E2-11
pH	EPA 150.1		1 - 14	5.9
Fosforo total	EPA 365.2	P-PO ₄ mg/l	0.050	53
Nitrogeno total	EPA 301.1	mg/l	0.30	404
Potasio	EPA 255.1	mg/l	0.21	10183

DM = Standard Methods (for the Examination of Water and Wastewater)
EPA = Environmental Protection Agency / Compañía para Análisis Metódica

Los resultados de este informe se deben ser analizados de la información del LCA.
La validez de los resultados debe ser en su totalidad.

La Paz, mayo 26 de 2015



[Signature]
Ing. Jairo Ordoñez Mamani
Responsable Laboratorio de Calidad Ambiental



44-1000
408104

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



N° IIDEPROQ 04E - 2014

INFORME DE ANÁLISIS

Cliente	PROYECTO BIODIGESTORES
Responsable de Análisis	Claudia Daniela Aldis Zamora ALUX DE INVESTIGACIÓN IIDEPROQ
Revisión	Ing. Edith Gabriela Guárdas Usabau DOCENTE INVESTIGADORA IIDEPROQ
Atención	Proyecto Biodigestores
Fecha de emisión de informe	30 de junio de 2014

RESULTADOS

Muestra: 1. Muestras de Biol Bovino

PARAMETRO	RESULTADOS	UNIDADES	METODO
Nitrogeno	0,030	% N	Colorim.
Fosforo	0,010	% P	Espectrofotometría UV-Visible
Potasio	0,320	% K	Emisión Atómica
Carbono Orgánico	0,250	%	Volatilización
Calcio	0,033	% Ca	Asociación Atómica
Magnesio	0,012	% Mg	Asociación Atómica
Manganeso	0,000	mg/kg Mn	Asociación Atómica
Cobre	0,000	mg/kg Cu	Asociación Atómica
Zinc	7,530	mg/kg Zn	Asociación Atómica
Hierro	8,110	mg/kg Fe	Asociación Atómica
Materia Seca	2,300	%	Gravimétrica
Humedad	97,700	%	Gravimétrica
pH	7,750		Potenciométrica
Conductividad Eléctrica	18,870	µS/cm	Potenciométrica

Observaciones: Ninguna



ANEXO 10. PRECIOS UNITARIOS DE PRODUCCION

ITEM	T1	T2	T3	T4
Costos Fijos				
Termómetro	0,6	0,6	0,6	0,6
Area del carpa solar	3	3	3	3
12 bandejas	3	3	3	3
Atomizador de 2 litros	1	1	1	1
manguera	1	1	1	1
Plástico negro	2	2	2	2
Regla	1	1	1	1
colador	1	1	1	1
Implementos de limpieza	1	1	1	1
Malla semisombra	2	2	2	2
Varilla asperjadora	0,4	0,4	0,4	0,4
Balanza	1	1	1	1
Coladera	1	1	1	1
Total costos fijos	18	18	18	18
Costos Variables				
Semilla	6,6	6,6	6,6	6,6
Biol	1			
Humus liquido		1		
Jiracha			1	
Agua	0,3	0,3	0,3	0,3
Hipoclorito de Sodio	0,2	0,2	0,2	0,2
Mano de obra	25	25	25	25
Total costos variables	33,1	33,1	33,1	32,1
Total por tratamiento en (Bs)	51,1	51,1	51,1	50,1