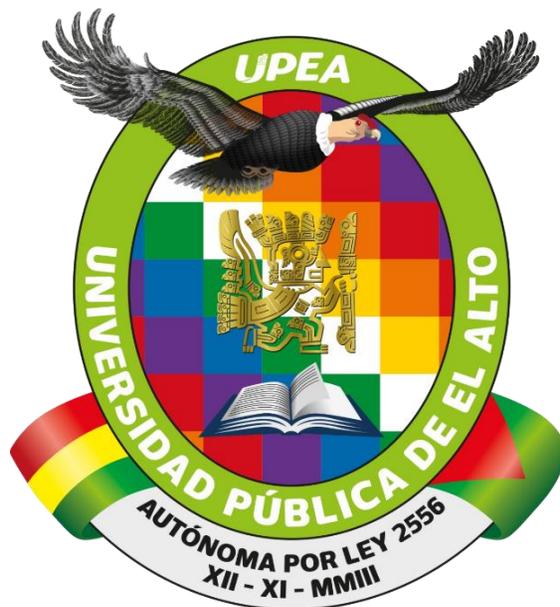


**UNIVERSIDAD PÚBLICA DE EL ALTO  
ÁREA DE CIENCIAS AGRÍCOLAS, PECUARIAS  
Y RECURSOS NATURALES  
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA**



**TESIS DE GRADO**

**EFFECTO DE DIFERENTES NIVELES DE JIRI PARA LA  
PRODUCCIÓN DE FORRAJE VERDE HIDROPÓNICO DE CEBADA  
(*Hordeum vulgare* L.) EN EL MUNICIPIO DE TIAHUANACU**

Por:

**Elizardo Poma Sirpa**

**EL ALTO – BOLIVIA**

**Diciembre, 2024**

**UNIVERSIDAD PÚBLICA DE EL ALTO  
ÁREA DE CIENCIAS AGRÍCOLAS, PECUARIAS  
Y RECURSOS NATURALES  
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA**

**EFFECTO DE DIFERENTES NIVELES DE JIRI PARA LA PRODUCCIÓN DE FORRAJE  
VERDE HIDROPÓNICO DE CEBADA (*Hordeum vulgare* L.)  
EN EL MUNICIPIO DE TIAHUANACU**

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

**Elizardo Poma Sirpa**

**Asesores:**

M. Sc. Lic. Ing. Ramiro Raúl Ochoa Torrez .....

M. Sc. Ing. José Luis Lima Jacopa .....

**Tribunal Revisor:**

M. Sc. Lic. Ing. Victor Paye Huaranca .....

Lic. Ing. Simon Cocarico Yana .....

Lic. Ing. Isaac Elias Condori Tinta .....

**Aprobada**

Presidente Tribunal Examinador .....



**DEDICATORIA:**

*Esta tesis está dedicada a:*

*A Dios quién ha sido mi guía y fortaleza. Su fidelidad y amor ha estado conmigo hasta el día de hoy.*

*A mi querida esposa Gladys Copaña.*

*A mis queridos hijos Grisman y Raumir, ustedes fueron mi mayor inspiración para ser profesional los amo profundamente.*

*A esas personas importantes en mi vida, que siempre estuvieron listas para brindarme toda su ayuda. Dedico con mucho cariño a mis padres Felipe Poma Quispe y Simona Sirpa Pérez (+)  
Herman@ Eliseo, David, Edwin, Jimmy, Wilfredo, Jovita, Blanca.*

## **AGRADECIMIENTOS**

Mi profundo agradecimiento a Dios todopoderoso por haberme concedido sabiduría e inteligencia en cada instante y etapa de mi formación.

A la Universidad Pública de El Alto, Carrera de Ingeniería Agronómica, al plantel Docente por haberme acogido y brindarme los conocimientos necesarios para mi formación profesional.

A mis asesores M. Sc. Lic. Ing. Ramiro Raúl Ochoa Torrez, M. Sc. Lic. Ing. José Luis Lima Jacopa por toda la guía, comprensión y paciencia que me tuvieron en el proceso de este trabajo de investigación.

A mis tribunales: M. Sc. Lic. Ing. Victor Paye Huaranca, Lic. Ing. Simon Cocarico Yana, Lic. Ing. Isaac Elías Condori Tinta, por todo el tiempo que emplearon en las revisiones y correcciones realizadas durante el proceso de este trabajo de investigación.

A mis padres, esposa, hijos, hermanos y sobrinos que con su esfuerzo y cariño fueron ejemplo de trabajo y dedicación en nuestra vida y la culminación de esta carrera universitaria, en especial a mi querida esposa Gladys Copaña y a mis queridos hijos Grisman y Raumar.

Finalmente, y de manera especial a mis grandes amigos, compañeros, todas y cada una de las personas que de una u otra forma me brindaron su apoyo incondicional durante todo mi estudio universitario.

## CONTENIDO

ÍNDICE DE TEMAS .....	i
ÍNDICE DE CUADROS .....	v
ÍNDICE DE FIGURAS .....	vi
ÍNDICE DE ANEXOS .....	vii
ABREVIATURAS .....	viii
RESUMEN .....	ix
ABSTRACT .....	x

## ÍNDICE DE TEMAS

1. INTRODUCCIÓN .....	1
1.1. Planteamiento de problema.....	2
1.2. Justificación.....	2
1.3. Objetivo .....	2
1.3.1. Objetivo general .....	2
1.3.2. Objetivos específicos.....	3
1.4. Hipótesis .....	3
2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA .....	4
2.1. Características de la cebada .....	4
2.2. Clasificación taxonómica de cebada .....	4
2.3. Hidroponía.....	5
2.4. Hidroponía de alta tecnología.....	5
2.5. Hidroponía simplificada .....	5

2.6.	El forraje hidropónico.....	5
2.6.1.	Los cultivos hidropónicos.....	5
2.6.2.	Antecedentes del cultivo de forraje hidropónico.....	6
2.6.3.	El forraje verde hidropónico.....	6
2.6.4.	Justificación del cultivo de forraje hidropónico.....	6
2.7.	Factores en la producción de forraje hidropónico.....	6
2.7.1.	Calidad de la semilla.....	6
2.7.2.	Iluminación.....	6
2.7.3.	Temperatura.....	7
2.7.4.	Humedad ambiental.....	7
2.7.5.	Calidad del agua para riego.....	7
2.7.6.	Contenido de sales del agua de riego.....	7
2.7.7.	Potencial de hidrogeniones (pH).....	8
2.7.8.	El cultivo de la cebada.....	8
2.7.9.	Importancia de la cebada.....	8
2.7.10.	Calidad del FVH.....	8
2.8.	Requerimientos.....	9
2.8.1.	Requerimiento agro ecológico en geopónico.....	9
2.8.2.	Requerimientos de la cebada en campo.....	9
2.8.3.	Requerimientos de la cebada bajo sistema Hidropónico.....	9
2.8.4.	Valor nutritivo de la cebada forrajera.....	9
2.8.5.	Requerimientos nutricionales de la cebada bajo sistema hidropónico.....	10
2.8.6.	Requerimientos hídricos de la cebada bajo sistema hidropónico.....	10
2.8.7.	Elementos y nutrientes utilizados por las plantas.....	11
2.8.8.	Fertilizantes usados en hidroponía.....	11
2.8.9.	Propiedades de los fertilizantes.....	11
2.9.	Producción de Forraje Verde Hidropónico.....	13

2.9.1.	Selección de semillas.....	13
2.9.2.	Lavado y desinfección de la semilla.....	13
2.9.3.	Pre- germinación .....	13
2.9.4.	Germinación .....	14
2.9.5.	Siembra de la semilla.....	14
2.9.6.	Siembra y densidad.....	14
2.9.7.	Riego.....	14
2.9.8.	Riego con solución nutritiva .....	15
2.9.9.	Crecimiento.....	15
2.9.10.	Cosecha.....	16
2.10.	Los abonos orgánicos.....	16
2.10.1.	Proceso de elaboración de abonos orgánicos.....	17
2.10.2.	Abonos líquidos orgánicos .....	17
2.10.3.	El <i>jiri</i> .....	18
2.11.	Las fitohormonas.....	18
2.12.	Perfil de las capas de corral de ovino.....	19
2.13.	Características de <i>jiri</i> .....	20
2.14.	Forraje verde hidropónico en la alimentación animal.....	21
3.	MATERIALES Y MÉTODOS .....	22
3.1.	Localización .....	22
3.1.1.	Ubicación Geográfica .....	22
3.1.2.	Características Edafoclimáticas .....	22
3.2.	Materiales.....	23
3.2.1.	Material biológico en estudio.....	23
3.2.2.	Material de gabinete .....	23
3.2.3.	Material de campo .....	23
3.3.	Metodología .....	24

3.3.1.	Desarrollo del ensayo.....	24
3.3.2.	Equipos e instalaciones para producir F.V.H.....	24
3.3.3.	Obtención y preparación de los niveles de solución de <i>jiri</i> .....	24
3.4.	Producción del forraje verde hidropónico.....	24
3.4.1.	Área de pre germinación .....	25
3.4.2.	Área de germinación .....	25
3.4.3.	Área de producción .....	26
3.4.4.	Diseño Experimental .....	27
3.4.5.	Factores de estudio .....	27
3.4.6.	Croquis del Experimento .....	28
3.4.7.	Variables de respuesta.....	28
4.	RESULTADOS Y DISCUSION .....	31
4.1.	Temperatura en el ambiente atemperado.....	31
4.2.	Altura de planta.....	32
4.3.	Rendimiento en materia verde .....	34
4.4.	Índice de conversión de semillas en materia verde.....	36
4.5.	Valor nutritivo del forraje hidropónico.....	37
4.6.	Análisis económico .....	40
4.6.1.	Beneficio bruto.....	42
4.6.2.	Beneficio neto.....	43
4.6.3.	Relación beneficio – costo .....	43
5.	CONCLUSIONES .....	44
6.	RECOMENDACIONES.....	45
7.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	46
8.	ANEXOS .....	51

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Comparación bromatológica de la cebada en diferentes formas.....	10
Cuadro 2. Composición de nutrientes en cuatro abonos líquidos.....	17
Cuadro 3. Volumen y peso aproximado de las capas de estiércol en el corral .....	19
Cuadro 4. Análisis químico y físico de <i>jiri</i> y wanu en % de materia seca .....	20
Cuadro 5. Análisis de varianza para la Altura de Planta .....	32
Cuadro 6. Análisis comparativo de Duncan para la altura de planta para los diferentes niveles de solución de <i>jiri</i> (cm).....	33
Cuadro 7. Análisis de varianza para el rendimiento de materia verde.....	34
Cuadro 8. Análisis comparativo de Duncan para rendimiento de materia verde para los niveles de solución de <i>jiri</i> (kg).....	35
Cuadro 9. Relación de la cantidad de forraje en materia verde producido por unidad de semilla .....	37
Cuadro 10. Valor nutritivo del forraje hidropónico en materia húmeda.....	38
Cuadro 11. Análisis de costos de producción de FVH por tratamiento.....	41
Cuadro 12. Resultados obtenidos para Relación Beneficio-Costo en los diferentes tratamientos.....	42

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ambiente donde se realizó la investigación (Google maps 2020, Mapasbolivia, net 2015). .....	22
Figura 2. Croquis del trabajo de investigación.....	28
Figura 3. Temperaturas máximas y mínimas .....	31
Figura 4. Altura de planta para los diferentes niveles de solución de <i>jiri</i> .....	33
Figura 5. Rendimiento de materia verde para los niveles de solución de <i>jiri</i> .....	36
Figura 6. Valor energético para los diferentes niveles de solución de <i>jiri</i> .....	38
Figura 7. Rendimiento de proteína para los diferentes niveles de solución de <i>jiri</i> .....	39
Figura 8. Contenido graso para los diferentes niveles de solución de <i>jiri</i> .....	40

**ÍNDICE DE ANEXOS**

Anexo 1. Costos de producción del tratamiento 1 ( <i>jiri</i> 10%) .....	52
Anexo 2. Costos de producción del tratamiento 2 ( <i>jiri</i> 20%) .....	53
Anexo 3. Costos de producción del tratamiento 3 ( <i>jiri</i> 30%) .....	54
Anexo 4. Costos de producción del tratamiento 4 ( <i>jiri</i> 40%) .....	55
Anexo 5. Costos de producción del tratamiento 5 (agua 100%) .....	56
Anexo 6. Obtención de <i>jiri</i> .....	57
Anexo 7. Pre experimento .....	57
Anexo 8. Dosificación de hipoclorito de sodio para desinfectar las semillas .....	58
Anexo 9. Pesado, lavado y desinfección de semilla .....	58
Anexo 10. Remojo y oreado de la semilla .....	59
Anexo 11. Siembra de la semilla y cubierto con plástico negro de las bandejas .....	59
Anexo 12. Descubierta de las bandejas y riego .....	60
Anexo 13. Preparado de solución de <i>jiri</i> .....	60
Anexo 14. Niveles de solución de <i>jiri</i> .....	61
Anexo 15. Crecimiento del FVH de cada uno de los tratamientos a los 9 días .....	61
Anexo 16. Crecimiento del FVH de cada uno de los tratamientos a los 15 días .....	62
Anexo 17. Cosecha y pesado de FVH .....	62
Anexo 18. Prueba de palatabilidad .....	63
Anexo 19. Análisis bromatológico del valor nutritivo del FVH .....	64

**ABREVIATURAS**

FVH	Forraje Verde Hidropónico
cm	Centímetro
K	Potasio
kg	Kilogramo
N	Nitrógeno
P	Fosforo
T	Tratamiento
CP	Costos de producción
IN	Ingreso neto
IB	Ingreso bruto
msnm	Metros sobre el nivel del mar
Kcal	Kilo calorías
Bs	Bolivianos
°C	Grados centígrados
m <sup>2</sup>	Metros cuadrados
ppm	Partes por millón
pH	Potencial de hidrogeno
SC	Suma de cuadrados
GL	Grados de libertad
CM	Cuadrados medios

## RESUMEN

La producción de forraje verde en la época de estiaje en el altiplano es escasa, esto obliga al pequeño productor a utilizar forraje seco de poca calidad en la alimentación del ganado lechero. Bajo este antecedente se realizó el presente trabajo de investigación en la comunidad Achaca en el municipio de Tiahuanacu del Departamento de La Paz, con el objetivo de Evaluar el efecto de diferentes niveles de *Jiri* para la producción de forraje verde hidropónico de cebada (*Hordeum vulgare* L.). El presente trabajo de investigación se condujo bajo el diseño de bloques completos al azar. Los resultados de la investigación mostraron en cuanto a las variables de altura de planta y rendimiento en materia verde, el tratamiento T3 *jiri* 30% fue el que presentó resultados sobresalientes en comparación con los otros tratamientos obteniendo una altura de 29,0 cm, debido a que el T3 asimiló nutrientes esenciales como el nitrógeno esto hace que el crecimiento de la planta sea acelerado, con un rendimiento de 8,0 kg/m<sup>2</sup>, esto podría ser debido al fotoperiodo que influye directamente en el desarrollo vegetativo. En relación al índice de conversión de semilla a materia verde, se puede apreciar por cada kilogramo de semilla utilizada existe un rendimiento de 3,0 kg de materia verde, en cambio los demás tratamientos obtuvieron bajos rendimientos. El valor energético fue de 150,27 Kcal/100g. es próximo al heno de cebada que tiene 168 Kcal/100g en MS, y superior a la paja de cebada que tiene 139,2 Kcal/100g. El contenido de proteína de forraje producido por el tratamiento T3 (*jiri* 30%) fue 5,12% es superior a otras formas alternativas de forrajes como ser la paja 3,7% de proteína. El contenido graso del forraje hidropónico de cebada obtenido durante el periodo de estudio T3 (*jiri* 30%) 1,42% a los 15 días de cultivo. De acuerdo a los resultados obtenidos en la relación beneficio/costo (B/C) el T5 (agua 100%) es el tratamiento que mostro una mayor rentabilidad con una relación B/C de 1,86 estos resultados indican que de cada boliviano invertido se logró recuperar el Bs 1 y adicionalmente se obtuvo una ganancia de Bs 0,86. Sin embargo, T3 solución de *jiri* al 30%, relación B/C es menor al anterior con 1,30 esto significa que por cada boliviano invertido se recupera Bs. 0,30. Pero en cuanto al contenido nutricional es el mejor.

## ABSTRACT

The production of green forage in the dry season in the highlands is scarce, this forces small producers to use low-quality dry forage to feed dairy cattle. Under this background, the present research work was carried out in the Achaca community in the municipality of Tiahuanacu in the Department of La Paz, with the objective of evaluating the effect of different levels of Jiri for the production of hydroponic green forage of barley (*Hordeum vulgare* L.). This research work was conducted under a randomized complete block design. The results of the research showed regarding the variables of plant height and green matter yield, the T3 *jiri* 30% treatment was the one that presented outstanding results compared to the other treatments, obtaining a height of 29.0 cm, due to that T3 assimilated essential nutrients such as nitrogen, this makes plant growth accelerated, with a yield of 8.0 kg/m<sup>2</sup>, this could be due to the photoperiod that directly influences vegetative development. In relation to the conversion rate of seed to green matter, it can be seen for each kilogram of seed used there is a yield of 3.0 kg of green matter, while the other treatments obtained low yields. The energy value was 150.27 Kcal/100g. It is close to barley hay, which has 168 Kcal/100g in DM, and superior to barley straw, which has 139.2 Kcal/100g. The protein content of forage produced by the T3 treatment (*jiri* 30%) was 5.12%, which is higher than other alternative forms of forage such as straw with 3.7% protein. The fat content of the hydroponic barley forage obtained during the study period T3 (*jiri* 30%) 1.42% after 15 days of cultivation. According to the results obtained in the benefit/cost ratio (B/C), T5 (100% water) is the treatment that showed the highest profitability with a B/C ratio of 1.86. These results indicate that for each boliviano invested Bs 1 was recovered and additionally a profit of Bs 0.86 was obtained. However, T3 *jiri* solution at 30%, B/C ratio is lower than the previous one with 1.30, this means that for every boliviano invested, Bs. 0.30 is recovered. But in terms of nutritional content, it is the best.

## 1. INTRODUCCIÓN

La producción pecuaria en la actualidad requiere de la utilización eficiente de los factores de producción, y dentro del sistema de producción el funcionamiento adecuado de cada uno de sus componentes. Entre ellos uno de los más importantes es la alimentación animal por ser la llave del éxito o fracaso de las explotaciones pecuarias (Alfinal, 2007).

El forraje verde hidropónico, es una nueva tecnología de producción de biomasa vegetal obtenido a partir del crecimiento inicial de las plantas, en los estados de germinación y crecimiento temprano de plántulas a partir de granos viables.

La hidroponía o cultivo sin tierra, es una metodología productiva vegetal que mantiene sistemas de control balanceado. En las unidades de producción hidropónica, las plantas se desarrollan adecuadamente porque reciben una nutrición óptima y condiciones favorables para su desarrollo (Aruquipa, 2008).

La hidroponía, es un sistema de producción en agua de alto rendimiento, que requiere poco espacio y una mínima cantidad de agua. La producción de Forraje Verde Hidropónico (FVH) representa una alternativa para los productores pecuarios de regiones en donde se presentan limitaciones en cuanto a disponibilidad de agua, factores climáticos o de tierras laborables (Alfinal, 2007).

El *jiri* al igual que el biol y el biosol es un producto de fermentación anaeróbica y tiene efectos parecidos en el rendimiento de la papa, incrementando el mismo (Tapia, 1991).

Se piensa que la disminución de la incidencia probablemente se deba a que las fitohormonas y las enzimas que contiene el *jiri* asociado con la cantidad de nutrientes que contiene como fertilizante disminuye la proliferación del hongo (Tapia, 1992).

La producción hidropónica de forraje, permite aprovechar áreas reducidas, ofrece diversidad, calidad, alta productividad y mayor eficiencia en el uso del agua, de todo lo mencionado el presente trabajo busca precisar la técnica de producción de forraje verde hidropónico para obtener una elevada producción y establecer el grado de aceptación de un hato de ganado lechero típico de la región y para todo tipo de ganado (Duran, 2009).

### **1.1. Planteamiento de problema**

Uno de los problemas que presenta la lechería en el municipio de Tiahuanacu es la falta de forraje verde en la época de estiaje, donde el ganado consume heno de baja calidad influyendo directamente en la producción de leche, aspecto que afecta negativamente a la economía del pequeño productor por lo cual se requiere mejorar la alimentación actual de los animales con una alternativa técnica que permita producir forraje verde hidropónico de calidad para la época seca, con insumos locales y así contribuir a mejorar los ingresos económicos para el pequeño productor.

### **1.2. Justificación**

La producción de forraje verde en el altiplano es estacional, existe una sola campaña agrícola en la producción de forraje, produciendo escasamente en época de lluvias.

Mientras en la época de estiaje la producción es mínima esto obliga al pequeño productor a utilizar forraje seco de poca calidad en la alimentación del ganado, que no cubre los requerimientos nutricionales del ganado lechero, esto provoca que la producción de leche baje también se reduzca los ingresos del pequeño productor.

Con la presente investigación se requiere utilizar diferentes niveles de solución de *jiri* de ovino para la producción de FVH de cebada, se desea dar una alternativa más para mejorar e incrementar la producción de forraje verde especialmente en la época seca, en la comunidad Achaca municipio Tiahuanacu, esto será una alternativa valiosa ya que permitirá brindar alimento de gran calidad para el consumo de los animales, para poder mejorar los niveles de producción e ingresos del pequeño productor.

### **1.3. Objetivo**

#### **1.3.1. Objetivo general**

Evaluar el efecto de diferentes niveles de *Jiri* para la producción de forraje verde hidropónico de cebada (*Hordeum vulgare* L.) en el municipio de Tiahuanacu del departamento de La Paz.

### 1.3.2. Objetivos específicos

- Comparar el rendimiento de materia verde con diferentes niveles de solución de *jiri* en la producción de FVH.
- Evaluar el índice de conversión de semilla en materia verde.
- Identificar las características nutricionales de FVH de cebada.
- Determinar Beneficio/Costo de la producción de FVH de cebada.

### 1.4. Hipótesis

Ho: No existen diferencias significativas en el efecto de diferentes niveles de *Jiri* para la producción de forraje verde hidropónico de cebada (*Hordeum vulgare* L.) del presente estudio.

## 2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

### 2.1. Características de la cebada

La cebada es una planta de la familia de las poáceas es un cereal al igual que la avena, el arroz, el trigo y el maíz. Tradicionalmente se ha utilizado la cebada para alimentar animales. Bien sea para fabricar piensos o comiendo el grano directamente. La importancia de la cebada en la agricultura ha sido y sigue siendo importante, es el cereal que tiene una producción mayor después del trigo, maíz y arroz. La cebada que se cultivan actualmente procede todas de la especie silvestre (*Hordeum spontaneum*). En el año 2007 se produjeron alrededor de 136 millones de toneladas de cebada en todo el mundo. (Luna, 2013).

Existen muchas variedades de cebada todas ellas se caracterizan por presentar tallos huecos en forma de caña, al final de cada tallo, se desarrolla una inflorescencia en forma de espiga donde se formarán los granos de cebada o semilla, cada espiga consta de un eje principal o raquis sobre las que se distribuyen lateralmente las espiguillas que nacen directamente del raquis (Luna, 2013).

### 2.2. Clasificación taxonómica de cebada

Rojas (1990), indica que la clasificación taxonómica de la cebada es la siguiente:

Reino:	Plantae
División:	Magnoliophyta
Clase:	Liliopsida
Familia:	Poaceae
Género:	Hordeum
Espécie:	Vulgare
Nombre científico:	<i>Hordeum vulgare</i> L.
Nombre común:	Cebada

### **2.3. Hidroponía**

La palabra hidroponía proviene del griego (*Hydro*) que significa agua y (*Ponos*) que significa labor, trabajo o esfuerzo; traducido literalmente significaría trabajo en agua. El diccionario de la Real Academia Española de la Lengua define como el cultivo de plantas en soluciones acuosas; sin embargo, actualmente la palabra involucra todas aquellas formas en que se cultivan plantas con algún soporte (arena, grava, carbón y otros.), sin el uso de suelo, en donde son alimentadas mediante una solución de nutrimentos minerales (sales minerales) que se les suministra por medio del agua de riego (Sánchez, 2001).

Howard (1987), define a la hidroponía como la ciencia del crecimiento de las plantas, a las cuales se añade una solución de nutrientes que contiene todos los elementos esenciales necesitados por la planta para su normal crecimiento y desarrollo, sin suelo solamente en agua, sería el verdadero hidropónico.

### **2.4. Hidroponía de alta tecnología**

El país líder en el mundo, en el uso de hidroponía, es Holanda, su éxito se debió a que los productores hortícolas que utilizaban el suelo para producir en sus invernaderos contaban con mercado para sus productos y la destreza para producirlos, en Estados Unidos existen muchas empresas desarrollaron las herramientas e insumos para el uso de esta técnica y se dedican a su fabricación y montaje (Abad, 1994).

### **2.5. Hidroponía simplificada**

Conceptualmente, la hidroponía simplificada es una rama de baja inversión dentro de la hidroponía, se maneja los conceptos generales de Hidroponía, pero presenta diferencias con la hidroponía de alta tecnología utilizada en EEUU y Europa (FAO, 2007).

### **2.6. El forraje hidropónico**

#### **2.6.1. Los cultivos hidropónicos**

Los cultivos hidropónicos también se emplean para la producción de forraje y alimento a partir de semillas de trigo, cebada y maíz, principalmente, para aves y animales herbívoros en granjas y zoológicos (Sanchez, 2005).

### **2.6.2. Antecedentes del cultivo de forraje hidropónico**

La producción del FVH es tan solo una de las derivaciones prácticas que tiene el uso de la técnica de los cultivos sin suelo o hidroponía y se remonta al siglo XVII cuando el científico irlandés Robert Boyle (1627-1691) realizó los primeros experimentos de cultivos en agua (Sánchez, 2005).

### **2.6.3. El forraje verde hidropónico**

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

### **2.6.4. Justificación del cultivo de forraje hidropónico**

El forraje verde hidropónico representa una alternativa de suplementación para el ganado en zonas de ganadería extensiva donde la época seca es prolongada y acentuada (Dosal, 1987).

## **2.7. Factores en la producción de forraje hidropónico**

### **2.7.1. Calidad de la semilla**

El porcentaje mínimo de germinación de la semilla debe ser de 70 – 75%; que la semilla a utilizar debe estar limpia y que el lote de semillas no debería contener semillas partidas ni semillas de otros cultivares comerciales, ni tampoco se puede utilizar semillas tratadas con insecticidas o fungicidas (Izquierdo, 2002).

El éxito del FVH comienza con la elección de una buena semilla, tanto en calidad genética como fisiológica. Si bien todo depende del precio y de la disponibilidad, la calidad del material vegetal no debe ser descuidada (Sánchez, 2001).

### **2.7.2. Iluminación**

Al comienzo del ciclo de producción de FVH, la presencia de luz durante la germinación de las semillas no es deseable hasta el tercer o cuarto día de ser sembradas, las bandejas, deberán estar en un ambiente con poca iluminación (Red Hidroponía, 2005).

Una exposición directa a la luz del sol puede traer consecuencias negativas, sólo en los dos últimos días del proceso de producción, se exponen las bandejas a la acción de la luz para lograr, que el forraje obtenga su color verde intenso que es muy característico y genera su riqueza nutricional (Red Hidroponía, 2005).

### **2.7.3. Temperatura**

El rango óptimo para producción de FVH se sitúa entre los 18°C y 26°C. La variabilidad de las temperaturas óptimas para la germinación y posterior crecimiento de los granos en FVH es diverso. Así los granos de avena, cebada, y trigo, requieren de temperaturas bajas para germinar y está entre los 18°C a 21°C (Schneider, 1991).

La temperatura debe mantenerse estable y en todo caso sobre los 3°C y debajo de los 25°C. El rango óptimo para producción de FVH se sitúa entre los 18°C a 26°C. La variabilidad de las temperaturas óptimas para la germinación y posterior crecimiento de los granos en FVH es diverso. Así los granos de avena, cebada, y trigo, requieren de temperaturas bajas para germinar y está entre los 18 a 21°C (Sánchez, 2001).

### **2.7.4. Humedad ambiental**

La humedad relativa del recinto de producción no puede ser inferior al 90%. Valores mayores a este y sin buena ventilación pueden causar graves problemas fitosanitarios. La situación inversa (excesiva ventilación) provoca la desecación del ambiente y disminución significativa de la producción por deshidratación del cultivo (Sánchez, 2001).

### **2.7.5. Calidad del agua para riego**

La condición básica del agua para ser usada en sistemas hidropónicos es su característica de potabilidad, su origen puede ser de pozo, de lluvia, o agua corriente de cañerías. Un análisis proporcionará la información de conductividad eléctrica (mS/cm), pH, cationes: calcio, magnesio, sodio y potasio en meq/L; aniones: nitratos, bicarbonatos, carbonatos, cloruros, sulfatos en meq/L y boro en ppm (Red Hidroponía, 2005).

### **2.7.6. Contenido de sales del agua de riego**

Para Sánchez (2004), la concentración salina no suele ser influyente, el uso de agua con valores de concentración salina inferior a las 200 ppm de sales totales, no poseen apreciación significativa en la solución nutritiva; por otro lado, un contenido de cloruro

sódico superior a las 50 ppm en el agua de riego, no es aconsejable porque disminuye el ritmo de crecimiento de la planta.

#### **2.7.7. Potencial de hidrogeniones (pH)**

El pH óptimo del agua para una solución se sitúa en el valor de 5,5 con este valor, es fácil alcanzar con la adición de sales, un nivel de pH final cercano a 6 en el punto de descarga; es decir, el valor de mayor disponibilidad para la mayor parte de los elementos esenciales (Fertiberia, 2007).

#### **2.7.8. El cultivo de la cebada**

Según Colque (2005), la cebada (*Hordeum vulgare* L.) es una planta monocotiledónea anual perteneciente a la familia de las poáceas (gramíneas), a su vez, es un cereal de gran importancia tanto para animales como para humanos y actualmente el quinto cereal más cultivado en el mundo (53 millones de hectáreas).

#### **2.7.9. Importancia de la cebada**

En la actualidad la cebada ocupa el cuarto lugar en volumen de producción de cereales, después del arroz, el maíz y el trigo, la cebada ocupa un lugar muy importante en los sistemas agrícolas, en la alimentación del ganado, rotación de cultivos, obtención de subproductos, industrialización y en la alimentación humana (Calderón, 2001).

#### **2.7.10. Calidad del FVH**

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

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

Hidalgo (1985), menciona que el valor nutritivo del forraje verde hidropónico también varía con el tipo de cereal utilizado y el tiempo de cosecha.

## **2.8. Requerimientos**

### **2.8.1. Requerimiento agro ecológico en geopónico**

Entendemos como requerimientos agro ecológicos a las condiciones medio ambientales de fertilidad, aireación, humedad, temperatura y periodo vegetativo que deben concurrir para la producción agrícola (Colque, 2005).

### **2.8.2. Requerimientos de la cebada en campo**

Pocas son las cebadas que sobreviven por debajo de los  $-16^{\circ}\text{C}$ , la cebada prefiere clima templado,  $15^{\circ}\text{C}$  de temperatura óptima en el crecimiento vegetativo y de 17 a  $18^{\circ}\text{C}$  en el espigado, suelo franco a franco arcilloso bien drenado y es mayor tolerante a la salinidad (Colque, 2005).

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

### **2.8.3. Requerimientos de la cebada bajo sistema Hidropónico**

Al comienzo del ciclo de producción de FVH, la presencia de luz durante la germinación de las semillas no es deseable. Una exposición directa a la luz del sol puede traer consecuencias negativas, aumento de la evapotranspiración, endurecimiento de las hojas, quemaduras de las hojas (Izquierdo, 2002).

Según Sánchez (2001), no es conveniente prolongar el periodo de cultivo más allá de los 15 días porque se comprobó que la pérdida de fitomasa resulta inevitable a medida que pasa el tiempo, aunque se recurra a prácticas de fertilización.

### **2.8.4. Valor nutritivo de la cebada forrajera**

Hidalgo (1985), remite que la producción de forraje verde hidropónico tiene un ciclo de 10 a 12 días, por estrategia de manejo interno de los establecimientos la cosecha se realiza en 14 o 15 días, pero a partir de los 12 días, se inicia un marcado descenso en el valor nutricional del forraje verde hidropónico.

En el siguiente Cuadro 1, se presenta los valores nutricionales del forraje de cebada en diferentes formas en materia seca y comparada con otras formas de cebada como fuente

de alimentos, donde se puede apreciar su ventaja en todos los indicadores de calidad por alimento (Infoagro, 2005).

**Cuadro 1. Comparación bromatológica de la cebada en diferentes formas**

Nutriente analizado	Análisis nutritivo de la cebada			
	Cebada hidropónica	Cebada concentrada	Heno	Paja
Energía (kcal/kg MS)	3216	3000	1680	1392
Proteína Cruda (%)	25,0	30	9,2	3,7
Digestibilidad (%)	81,6	80	47	39
kcal. Digestible/kg	488	2160	400	466
kg Proteína digestible/ Tm	46,5	216	35,75	12,41

Fuente: INFOAGRO (2005).

#### **2.8.5. Requerimientos nutricionales de la cebada bajo sistema hidropónico**

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).

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

#### **2.8.6. Requerimientos hídricos de la cebada bajo sistema hidropónico**

En el sistema de producción de FVH las pérdidas de agua por evapotranspiración, escurrimiento superficial e infiltración son mínimas al comparar con las condiciones de producción convencional en especies forrajeras, cuyas eficiencias varían entre 270 a 635 litros de agua por kg de materia seca, alternativamente, la producción de 1 kilo de FVH requiere de 2 a 3 litros de agua con un porcentaje de materia seca que oscila, entre un 12

a 18% Esto se traduce en un consumo total de 15 a 20 litros de agua por kilogramo de materia seca obtenida en 14 días (Sánchez, 2001).

### **2.8.7. Elementos y nutrientes utilizados por las plantas**

Al molibdeno, níquel, cobre, zinc, manganeso, boro, hierro y cloro, se denominan, micronutrientes, la cantidad en que se encuentran en la materia seca de la mayoría de las plantas es menor a un gramo; mientras que, el nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio y azufre los denominados macro nutrientes, se encuentran siempre presentes en por lo menos un gramo por kilogramo de materia seca (Salisbury y Ross, 1994).

Los elementos químicos que utiliza la planta para sus distintas síntesis y funciones vitales constituyen los nutrientes, el crecimiento y desarrollo normal de los vegetales está determinado por la disponibilidad de ciertos elementos químicos esenciales para el metabolismo de sus órganos. Cada elemento es vital en la nutrición de la planta, la falta de uno solo limitará su desarrollo, porque la acción de cada uno es específica y ningún elemento puede ser reemplazado por otro (Rodríguez, 1982).

### **2.8.8. Fertilizantes usados en hidroponía**

Según Sánchez (2004), los micronutrientes pueden ser surtidos por varias fuentes, así el Fe, Mn, Cu y Zn pueden ser suministrados por sales sulfatadas; pero indica que los mismos abastecidos como sulfatos tienden a no estar disponibles si el pH es más alto que lo recomendado.

Cualquier fertilizante líquido o sólido de alta solubilidad, es susceptible de ser empleado, siempre y cuando establezcan una composición garantizada y fiable (Universidad Agraria La Molina, 2005).

### **2.8.9. Propiedades de los fertilizantes**

Entre las principales propiedades físicas y químicas de los fertilizantes que determinan tanto su comportamiento, como su manipulación y conservación (Infoagro, 2007). Destacan las siguientes:

### **2.8.9.1. Solubilidad**

Los abonos utilizados deben ser abonos líquidos o sólidos especiales de alta solubilidad, es decir, cuyo residuo insoluble en agua a 15°C a la mayor dosis de empleo recomendada, sea inferior a 0.5%. (Universidad Agraria La Molina, 2005).

### **2.8.9.2. Reacción**

Viene determinada por el índice de acidez o basicidad del fertilizante, que se corresponde con la cantidad de cal viva que es necesaria para equilibrar el incremento de acidez del suelo (fertilizantes de reacción ácida) o producir un incremento de pH equivalente (fertilizantes de reacción básica) (Infoagro, 2007).

### **2.8.9.3. Higroscopicidad**

La higroscopicidad es la capacidad de absorber agua de la atmósfera a partir de un determinado grado de humedad de la misma. Esta absorción puede provocar que una parte de las partículas se disuelvan, que afecta la estructura física del fertilizante. Generalmente, cuanto mayor es la solubilidad del fertilizante en agua, mayor es su higroscopicidad. Esta absorción puede provocar que una parte de las partículas se disuelvan, con lo que se deshace la estructura física del fertilizante (Infoagro, 2007).

### **2.8.9.4. Riqueza o concentración de un fertilizante**

El contenido en elementos fertilizantes asimilables por las plantas. Para un determinado elemento, se expresa en tanto por ciento de unidades fertilizantes (Infoagro, 2007).

La legislación establece unas cantidades mínimas para poder considerar que un determinado producto contiene el elemento en cuestión, el contenido de cada uno de los elementos que determinan la riqueza garantizada de cada producto, se expresa de la siguiente forma. N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O, CaO, MgO, SO<sub>3</sub>, B, Cl, Co, Cu, Fe, Mn, Mo, Zn, para todas las formas del elemento nutriente (Infoagro, 2007).

## **2.9. Producción de Forraje Verde Hidropónico**

### **2.9.1. Selección de semillas**

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

- El porcentaje de humedad al 12%
- Semillas que no estén dañadas rotas o partidas
- Semillas frescas, con un 80% de viabilidad

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

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

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

### **2.9.3. Pre-germinación**

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

Esta etapa consiste en sumergir completamente las semillas en agua por un periodo no mayor a 24 horas con el fin de romper el estado de latencia en que se encuentra la semilla (Aquino, 2010).

Aquino (2010), explica: Para lograr una completa imbibición lo más conveniente es dividir ese tiempo en dos etapas de 12 horas cada una remoja las semillas durante 12 horas continuas, las sacamos durante 1 hora para oxigenarlas, luego volver a remojarlas durante

otras 12 horas con agua limpia, finalmente la sacamos y dejamos que se oxigene por 1 hora más antes de sembrarla.

#### **2.9.4. Germinación**

Rodríguez (2000), indica la germinación inicia desde el momento en que se somete a la hidratación, las enzimas se movilizan invadiendo el interior de las semillas y ocurre una disolución de las paredes celulares por la acción de ellas posteriormente se liberan granos de almidón que son transformados en azúcares.

Para Arzola (2001), luego de la siembra se puede colocar por encima de las semillas una capa de papel (diario, revistas) el cual también se moja, posteriormente tapar todo con un plástico negro. Mediante esta técnica le estamos proporcionando a las semillas condiciones de alta humedad y una óptima temperatura para favorecer la completa germinación y crecimiento inicial. Una vez detectada la brotación completa de las semillas retiramos el plástico negro y el papel.

#### **2.9.5. Siembra de la semilla**

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

#### **2.9.6. Siembra y densidad**

Las densidades óptimas de semillas a sembrar oscilan entre 2,2 kg a 3,4 kg por metro cuadrado. 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 (FAO, 2001).

#### **2.9.7. Riego**

Por su parte, Izquierdo (2001), menciona el consumo de agua para la producción de forraje en comparación al gasto de agua en un cultivo convencional es menor por ejemplo para la producción de 1 kilo de materia seca de avena en condiciones de campo se necesitan 635 litros de agua en promedio, mientras que, si trabajáramos en la producción Forraje Verde

Hidropónico y de la misma gramínea, se necesitarían tan solo un máximo de 20 litros de agua.

Para Rodríguez (2003), la etapa de germinación se debe aplicar únicamente agua a un volumen de 830 ml/m<sup>2</sup>, por día; mientras que a partir del día en que aparecen los brotes se incrementará el volumen a 1460 ml/m<sup>2</sup>, con una menor frecuencia y con la adición de nutrimentos. Los últimos dos días antes de la cosecha el riego se realiza únicamente con agua para eliminar rastros de sales minerales que pudieran haber quedado sobre las hojas y raíces.

Aquino (2010), explica que el riego debe comenzar desde el momento en que se siembran las semillas hasta el momento en que se va a cosechar. El riego se aplica bajo el concepto de que el grano debe permanecer húmedo, evitando cualquier encharcamiento en las bandejas. Un indicador práctico que se debe tener en cuenta es no aplicar riego cuando las hojas del cultivo se encuentran húmedas al igual que su respectiva masa radicular. El crecimiento se retarda tanto por el exceso como por la falta de humedad en las raíces.

#### **2.9.8. Riego con solución nutritiva**

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

#### **2.9.9. Crecimiento**

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

Por su parte Álvarez (2012), indica a partir del décimo día aparece el talluelo, que en realidad es la primera hoja. Desde ese momento las bandejas deben recibir abundante luz, puesto que por la fotosíntesis la nueva plantita obtendrá sus nutrientes. Del mismo modo,

a partir de este día los requerimientos de agua aumentarán, por ello los riegos deben ser progresivamente más abundantes.

#### **2.9.10. Cosecha**

Hidalgo (1985), menciona la cosecha se la realiza cuando la plántula ha alcanzado una altura promedio de 15 a 25 cm, este desarrollo demora entre 10 y 15 días dependiendo de la temperatura las condiciones ambientales, el invernadero y la frecuencia de riego, Como resultado se obtendrá un gran tapete radicular ya que las raíces se entrecruzan unas con otras por la densidad de siembra.

Según Aquino (2010), que en zonas como el altiplano la cosecha se debe realizar al cabo de 15 y 22 días, en este transcurso cada kg de semilla se habrá convertido en una masa forrajera de 7 kg, siempre y cuando se ofrezcan condiciones favorables. El mismo autor señala que el punto que indica la cosecha es cuando las hojas tienden a perder el vigor y se postran es decir se caen.

Según FAO (2001), indica que la cosecha del FVH se puede realizar entre los días 12 a 14, pero si existiera un faltante de alimento se puede efectuar una cosecha anticipada entre los 8 y 9 días. Por otro lado, indica que ciclos muy largos no serían convenientes debido a la disminución de la calidad del FVH resultante.

#### **2.10. Los abonos orgánicos**

Sin embargo, Berenice (2010), menciona que los abonos orgánicos, son productos que se obtienen después de un proceso de descomposición de la materia orgánica, en este proceso los microorganismos son importantes porque son quienes descomponen la materia orgánica, de tal manera que la planta pueda usarlo para su nutrición.

Para Morales (1984), los compuestos de origen animal y vegetal pueden aparecer con el nombre de abonos o como fertilizantes, según el fin que se persiga al ser aplicados estos a un suelo, estos reciben el nombre de fertilizantes orgánicos si son utilizados para aumentar los rendimientos agrícolas de las cosechas.

Bajo la denominación de abonos orgánicos, se incluyen todas las sustancias orgánicas de origen animal, vegetal o una mezcla de ambos que se añade al suelo con el objeto de mejorar su fertilidad. El abonado orgánico constituye una de las técnicas tradicionales y

eficientes para mejorar los cultivos, por ello los agricultores lo emplean desde tiempo inmemorial (Campos, 1981).

Todas las sustancias que las plantas necesitan para su normal evolución, de manera que los abonos orgánicos son considerados como auténticos fertilizantes "universales" (Campos, 1981).

### 2.10.1. Proceso de elaboración de abonos orgánicos

De acuerdo a Fuentes (1983), para la elaboración de los abonos orgánicos compuestos existen dos procesos el anaeróbico (sin presencia de oxígeno). y el proceso de fermentación aeróbica (en presencia de oxígeno). en ambos casos intervienen microorganismos especializados y que llegan a transformar el estiércol y materias orgánica en fertilizante altamente asimilable.

### 2.10.2. Abonos líquidos orgánicos

Por su parte Riquelme (1993), menciona que los abonos líquidos o bio fertilizantes líquidos son abonos obtenidos en base a la fermentación de residuos orgánicos que generalmente se aplican foliarmente, se usan principalmente como complementos por riego y para corregir deficiencias en aplicaciones foliares.

En el Cuadro 2, se observa composición de nutrientes % en cuatro abonos líquidos.

**Cuadro 2. Composición de nutrientes en cuatro abonos líquidos**

Abono	Nitrógeno	Potasio	Fosforo	M.O.	Ph
Bovino %	0,04	0,26	0,010	0,21	8,88
Ovino %	0,06	0,38	0,010	0,25	6,88
Porcino %	2,15	0,068	0,052	-	8,01
Extracto %	0,03	0,03	0,007	0,4	6,73

Fuente: IBTEN (2003).

### 2.10.3. El *jiri*

*Jiri* traducido al castellano significa renacer va en relación directa a la acción del *jiri*, los comunarios lo definen; como un buen alimento para el nacimiento del cultivo de la papa (San Martín, 1990).

El *jiri* es una capa compacta y pastosa, de color verde oscuro, donde se encuentra con un olor bastante penetrante, el contenido de humedad es del 50%, siendo el mayor en relación al *wanu*. La compactación se debe al pisoteo de las ovejas que mezclan las heces con el agua de lluvia, y las deyecciones líquidas (Valdez, 1995).

El uso del *jiri* es parte de una estrategia del uso de abonos orgánicos y es importante en el cultivo de la papa, ya que el *jiri* mejora los rendimientos y el estado fitosanitario de las plantas, lo que asegura la alimentación de las familias campesinas (Valdes, 1995).

La tecnología campesina del *jiri* es practicada desde hace muchos años atrás por los campesinos, y ofrece una estrategia de abonación y se considera que está compuesta por bioactivos las cuales incrementan los rendimientos. El uso de fitohormonas en los países industrializados es considerado como una tecnología de punta que supone un mínimo uso de material y energía. El *jiri* en cuanto al manipuleo, es mínimo en comparación con el estiércol de ovino (San Martín, 1991).

### 2.11. Las fitohormonas

Las fitohormonas o bioactivos son parte de los fitorreguladores vegetales, compuestos orgánicos diferentes de los nutrientes, los cuales al encontrarse en pequeñas cantidades promueven, inhiben o modifican diversos procesos fisiológicos a lo largo del crecimiento y desarrollo de las plantas (Rojas, 1992).

El *jiri* posiblemente por su alta concentración en nutrientes y estimulantes como hormonas y enzimas que actúan como mejoradores, dinamizadores y desinfectante de semilla de papa, favorecen el desarrollo de las plantas y reducen el ataque de algunos patógenos del suelo como es el caso de la verruga (*Synchytrium endobioticum*) que actúa en las papas amargas o *luk'is* (*Solanum juzepczukii*) (Tapia, 1992).

## 2.12. Perfil de las capas de corral de ovino

Según Valdez (1995), empezando por la parte inferior, se encuentra el *wanu* mezclado con tierra, seguido por el *jiri*; posteriormente viene la capa de *wanu* que es cubierto por una capa de *thaxa* estas cuatro capas se pueden observar más claramente en septiembre y octubre el volumen de cada una de estas capas se detalla en el siguiente (Cuadro 3).

**Cuadro 3. Volumen y peso aproximado de las capas de estiércol en el corral**

Capa de estiércol	Volumen %	Peso %
<i>Thaxa</i>	30 – 40	10 – 20
<i>Wanu</i>	50 – 60	60 – 70
<i>Jiri</i>	10 – 20	20 – 30

Fuente: Valdez (1995).

Esta capa de estiércol se forma en los meses más húmedos del año, o sea entre diciembre a febrero, es importante ya que del número de ovejas con las que cuenta una familia depende la producción tanto del *jiri* como del *wanu*. Si cuenta con una cantidad menos de 10 animales, el *jiri* no será de buena calidad, debido a que las diferentes capas de estiércol no son suficientemente gruesas y diferenciadas para darles las características deseadas. Con mayor número de ovejas, o sea con 15 o más cabezas, el *jiri* contará con las características apropiadas (Valdez, 1995).

En el Cuadro 4, se observa análisis químico y físico de *jiri* y *wanu* en % de materia seca.

**Cuadro 4. Análisis químico y físico de *jiri* y *wanu* en % de materia seca**

<b>ELEMENTO %</b>	<b><i>JIRI</i></b>	<b><i>WANU</i></b>
Humedad %	50,1	30,4
Nitrógeno%	1,93	1,95
Fósforo (ppm)	5052,8	3569,9
Potasio (ppm)	26227,8	26779,9
Calcio (ppm)	8564,8	9098,8
Hierro (ppm)	9539,8	6761,9
Magnesio (ppm)	10683,3	11544,9
Zinc (ppm)	59,4	50,7
Sodio (ppm)	995,4	627,2
Manganeso (ppm)	238	194
Cobre (ppm)	11	8
Boro (ppm)	43	28
Ceniza %	48	47,16
pH	8,5	7,7
Densidad g/cc	1,33	0,79

Fuente: Medina et al. (2015).

### **2.13. Características de *jiri***

El *jiri* acumulado en el corral es fácilmente distinguible por su coloración verdosa, su consistencia semipastosa y olor penetrante. El *jiri* garantiza un abono orgánico sin huevos de parásitos ni semillas de otras plantas, ya que el tiempo de fermentación permite la muerte de los mismos (San Martín, 1990).

#### **2.14. Forraje verde hidropónico en la alimentación animal**

El FVH ha sido utilizado en una buena diversidad de animales, y su principal carencia en la materia seca, lo que puede solucionarse agregando rastrojo de diversos cultivos para completar la ración, componentes que no solo son de fácil de encontrar, sino que también son baratos. Una serie de casos exitosos derivados de la alimentación de diferentes tipos de animales con FVH (Red Hidroponía, 2005).

Los resultados reportados, destacan incrementos mayores de 1,4 kg de peso diario en ganado vacuno de carne, con 7- 8 kg de FVH y 7 kg de concentrados. Además, se mejora la asimilación del concentrado, bajan costos y disminuye el tiempo de engorde. En el ganado lechero, además de bajar costos se ha incrementado la producción lechera en un 7.2% en vacas con una producción mayor de 28 litros leche/día, y en vacas de baja producción 14 litros leche/día, el incremento ha sido del 53% (Carballido, s/f).

Según Delizia (2009), que el 40% del sector lechero en Bolivia, tiene el potencial para incrementar su producción, aun cuando el forraje sea escaso en la época de sequía. DELIZIA y la Alianza CEDES-SNV, impulsaron la producción del forraje hidropónico, a bajo costo y accesible todo el año. Con la finalidad de mejorar e incrementar el beneficio económico a los productores y sus familias en Viacha, Tiahuanacu y sus comunidades en el departamento de La Paz, beneficiando a 1.800 pequeños productores.

### 3. MATERIALES Y MÉTODOS

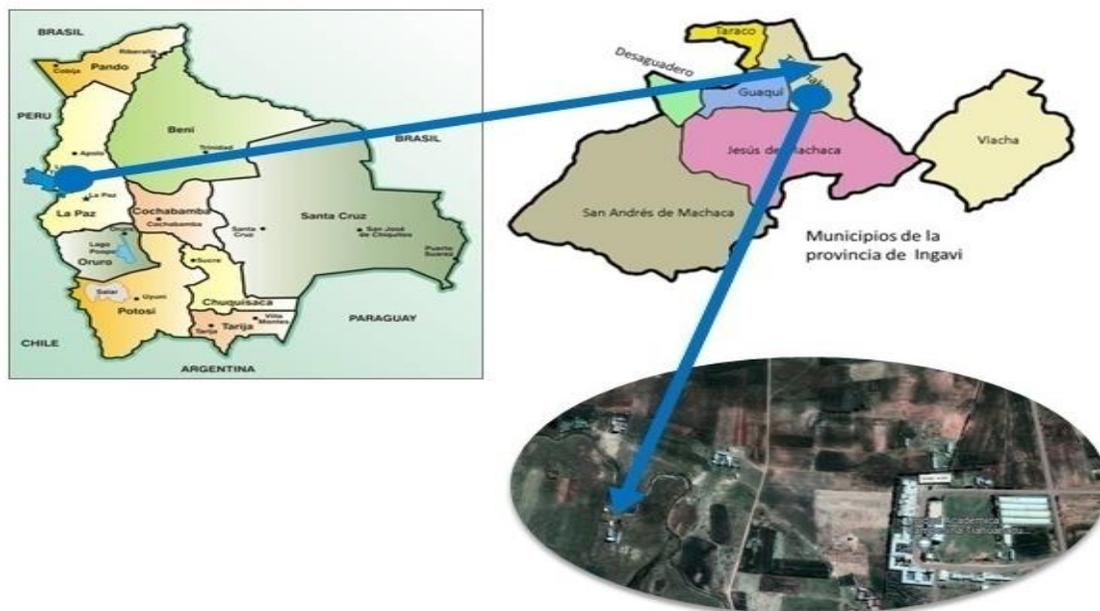
#### 3.1. Localización

##### 3.1.1. Ubicación Geográfica

El municipio de Tiahuanacu se ubica en la provincia Ingavi del departamento de La Paz, ubicado al oeste del departamento de La Paz a 72 km, geográficamente se encuentra a los 16° 25' 8.58" latitud Sur y 68° 51' 18.15" longitud Oeste a una altura de 3862 msnm (Mapasbolivia, net 2015).

##### 3.1.2. Características Edafoclimáticas

Tiahuanacu se encuentra en el altiplano boliviano, presenta características climáticas propias de la zona, un clima frío y seco, debido a su ubicación geográfica y características topográficas, tiene una temperatura que varía entre 12 a 14 grados centígrados durante los meses de noviembre a marzo, 5 y 7°C en los meses de junio y julio, la humedad relativa en la época seca es de 49% y en la época húmeda 80% con una precipitación pluvial en la época de lluvias, de noviembre a marzo, llega a los 150 mm. (SENAMHI, 2012).



**Figura 1. Ambiente donde se realizó la investigación (Google maps 2020, Mapasbolivia, net 2015).**

## **3.2. Materiales**

### **3.2.1. Material biológico en estudio**

El material biológico que se empleó fue semilla de cebada, variedad criolla (No certificada), adquirida en la feria del municipio de Tiahuanacu.

### **3.2.2. Material de gabinete**

Para esto fue utilizado un ordenador para el almacenado de datos del libro de campo, dispositivos de almacenamiento de información (Microsoft Excel y Microsoft Word). Sistema de Análisis Estadístico Infostat para el análisis de datos, así también materiales de escritorio.

- Hojas de papel bond
- Lapiceros
- Maquina portátil
- Impresiones
- Agenda
- Calculadora científica
- Marcadores
- Registros

### **3.2.3. Material de campo**

Para la siembra del forraje FVH se empleó.

- Estantes de madera
- Bandejas
- Termómetro de máximas y mínimas
- Baldes plásticos
- Alambre de amarre
- Letreros
- Flexómetro
- Regadera
- Fumigadora
- Balanza

- Regla
- Cámara fotográfica

### **3.3. Metodología**

#### **3.3.1. Desarrollo del ensayo**

El presente trabajo experimental fue realizado en el invernadero familiar, en la comunidad de Achaca en el municipio de Tiahuanacu, el mismo que fue adecuada para desarrollar las actividades y cumplir con los objetivos planteados para la producción de FVH de cebada.

#### **3.3.2. Equipos e instalaciones para producir FVH**

##### **3.3.2.1. Estante**

El invernadero estuvo provisto de una estantería cuya estructura fue de madera distribuida en 4 bloques con dimensiones de 4 m. de largo, 1 m. de alto, 0.45 m. de ancho, con espaciamiento de bloques de 0.50 m.

##### **3.3.2.2. Bandejas**

Las bandejas para el experimento fueron realizadas de madera con una dimensión de 0.50 m. de largo, 0.50 m. de ancho y una altura de 0.05 m. por la base estuvo cubierta con plástico negro, además se realizó orificios en la parte inferior de las bandejas, esto para darle el drenaje respectivo. Así mismo, se desinfectó las bandejas con hipoclorito de sodio esto con el objetivo de evitar la aparición y proliferación de hongos.

##### **3.3.3. Obtención y preparación de los niveles de solución de *jiri***

El *jiri* se adquirió de la comunidad Achaca del municipio de Tiahuanacu, luego se realizó la preparación de niveles de soluciones de *jiri* que consistió de la siguiente manera: 10%, 20%, 30%, 40% y agua 100% posterior mente se empleó para el presente trabajo de investigación.

### **3.4. Producción del forraje verde hidropónico**

Para la producción de forraje verde hidropónico se dividió en tres áreas.

### **3.4.1. Área de pre germinación**

En este lugar se inició el proceso de producción también conocida como área de pre germinación y se empleó labores experimentales en la producción de forraje verde hidropónico que consistió en:

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

Se inició el proceso de producción que implica labores culturales que se han desarrollado durante el experimento de la producción de forraje verde hidropónico. Se seleccionó las semillas que estén en buen estado, eliminando los granos rotos o en mal estado e impurezas encontradas, se pesó la semilla de cebada la cantidad que se utilizó en el presente trabajo de investigación.

Se desinfecto las semillas con una solución de hipoclorito de sodio al 1% (10 ml de hipoclorito de sodio por cada litro de agua). El tiempo que se dejó las semillas en la solución fue no mayor a 3 minutos, que culmino en un enjuague con abundante agua, con este proceso se buscó eliminar las esporas de hongos y bacterias. También se retiró los granos que flotaban en el agua, ya que serían semillas no viables.

#### **3.4.1.2. Remojo**

Una vez lavado los granos de cebada se depositó en un recipiente de plástico sumergiendo completamente las semillas en agua (2 litro de agua por cada kilo de semilla) por un periodo de 48 horas con agua limpia, esto para romper el estado de latencia de las semillas y se dejó 1 hora para oxigenar antes de sembrar las semillas.

#### **3.4.1.3. Oreo**

Pasado el tiempo de inhibición de las semillas, las mismas fueron puestas en un recipiente para facilitar drenaje de agua existente, la cual es depositada en un recipiente y ubicada en lugar oscuro.

### **3.4.2. Área de germinación**

#### **3.4.2.1. Siembra del forraje**

Culminado el oreo de las semillas y cuando estuvo presente el punto de brote se realizó la siembra en las bandejas debidamente etiquetadas de acuerdo con el tratamiento que le

corresponde, esta actividad consistió en esparcir la semilla en forma homogénea en las bandejas evitando que las semillas sean des uniformes y los espacios que queden sin semilla de tal manera que la germinación y su desarrollo sea uniforme, utilizando 1.0 kg de semilla por unidad experimental. Para conservar la humedad de las semillas se cubrieron las bandejas con papel periódico húmedo dejando aberturas para evitar la falta de oxigenación.

#### **3.4.2.2. Cámara de germinación**

Luego de la siembra de las semillas, las bandejas fueron colocadas en un lugar oscuro el cual fue cubierto en su totalidad con un plástico negro esto para mantener en semioscuridad para facilitar la germinación. Una vez detectada la brotación completa de las semillas se retiró el plástico negro y el papel.

#### **3.4.3. Área de producción**

La etapa de producción de forraje verde hidropónico se inició al sexto día donde fueron descubiertas las bandejas en su totalidad, cuando se observó que las semillas han germinado mostrando que los brotes han alcanzado una altura de 2 a 3 cm promedio.

##### **3.4.3.1. Riego**

Durante los cuatro primeros días se realizó el riego con agua pura, el riego se realizó dos veces al día, uno en la mañana y otro en la tarde con el objetivo de mantener la humedad del grano, evitando siempre encharcamiento en las bandejas. A partir del sexto día se realizó el riego con solución de *jiri*, que consistió de la siguiente relación: 10%, 20%, 30%, 40% y agua al 100% por tratamiento. Una vez que las bandejas fueron expuestas en el área de producción con iluminación completa a partir de ese momento se inició el riego permanente con la ayuda de una regadera y fumigadora, los últimos cuatro días solo se aplicó el riego con agua pura, esto para eliminar los restos de *jiri* existente en las bandejas.

##### **3.4.3.2. Cosecha**

La cosecha del forraje verde hidropónico comprende el total de biomasa que se encuentra en la bandeja o biomasa de producción, esta comprende de hojas y tallos. La cosecha del forraje verde hidropónico se realizó a los 15 días después de la germinación el mismo que se midió y se pesó cada tratamiento para la posterior evaluación según las variables de la investigación.

### 3.4.3.3. Análisis de laboratorio

Se hizo un muestreo del forraje por tratamiento para su análisis bromatológico en el laboratorio del Instituto de Servicios de Laboratorio de Diagnostico e Investigación en Salud SELADIS-UMSA el cual se realizó para determinar la calidad nutritiva de cada tratamiento. (Anexo 19).

### 3.4.4. Diseño Experimental

En la presente investigación se empleó el Diseño de Bloques Completos al Azar (DBCA), para él mismo constó de cuatro tratamientos de soluciones de *jiri* y un testigo haciendo un total de cinco tratamientos con cuatro repeticiones (Ochoa, 2009).

El modelo lineal aditivo será lo siguiente:

$$X_{ij} = \mu + \beta_j + \alpha_i + \epsilon_{ij}$$

Donde:

$X_{ij}$  = Variable de respuesta debido al efecto de la  $i$ -ésimo tratamiento en el  $j$ -ésimo bloque.

$\mu$  = Media general.

$\alpha_i$  = Efecto del  $i$ -ésimo nivel de *jiri*.

$\beta_j$  = Efecto del  $j$ -ésimo bloque.

$\epsilon_{ij}$  = Efecto aleatorio del error experimental

### 3.4.5. Factores de estudio

- T1 = Solución de *jiri* 10%
- T2 = Solución de *jiri* 20%
- T3 = Solución de *jiri* 30%
- T4 = Solución de *jiri* 40%
- T5 = Agua 100% (Testigo)

### 3.4.6. Croquis del Experimento

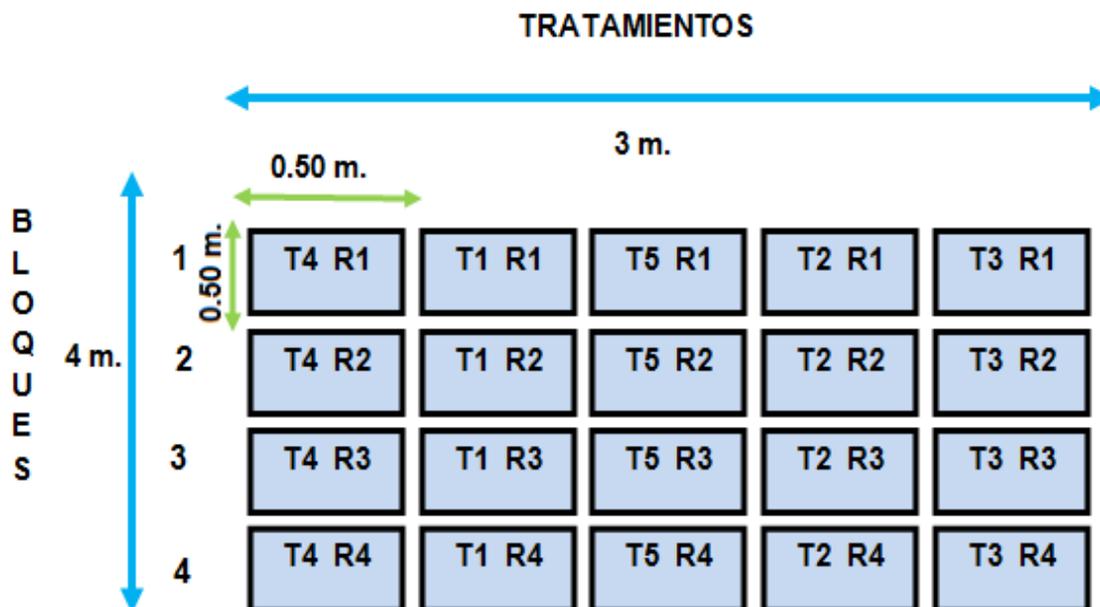


Figura 2. Croquis del trabajo de investigación

### 3.4.7. Variables de respuesta

#### 3.4.7.1. Altura de planta

Con la ayuda de una regla graduada en centímetros se tomó la medida de la altura de la planta a los 15 días después de la germinación. Para determinar la altura máxima de la planta se tomó la medida al azar 10 plantas por bandeja de cada tratamiento, entre los cuales están los más altos, medianos y pequeños, por lo tanto, los datos son el promedio de 10 plantas expresadas en centímetros para cada unidad experimental, la medida se tomó desde la base del tallo hasta el ápice de la hoja.

#### 3.4.7.2. Rendimiento

Para obtener el peso y el rendimiento final de biomasa del forraje verde hidropónico de cebada, se procedió a su respectivo pesaje de tallos y hojas a los 15 días después de la germinación, con la ayuda de una balanza, se pesó cada tratamiento y sus repeticiones, el peso fue expresado en kilogramos.

### 3.4.7.3. Índice de conversión de semilla a forraje

Este índice indica la cantidad de forraje esperado por unidad de semilla, se calculó con la siguiente relación (Leon, 2005):

$$ICS = wMV/wSs$$

Donde:

ICS = Índice de conversión de semilla a forraje.

wMV = Masa de forraje en materia verde por unidad experimental.

wSs = Masa de semilla por unidad experimental.

### 3.4.7.4. Análisis bromatológico

El análisis bromatológico del forraje se realizó en el laboratorio del Instituto de Servicios de Laboratorio de Diagnostico e Investigación en Salud (SELADIS-UMSA) el cual se determinó el contenido de valor energético, proteína y contenido de graso en 250 g, de muestra. (Anexo 19).

### 3.4.7.5. Variables de análisis económico

Se realizó el análisis económico de acuerdo al manual metodológico de (CIMMYT.1988), elaborando los costos de producción para todos los tratamientos del rendimiento del forraje verde hidropónico con la siguiente relación:

#### a) Benicio bruto

$$IB = R * P$$

Donde:

IB = Ingreso bruto

R = Rendimiento ajustado por tratamiento

P = Precio

Se considera beneficio bruto al valor o monto total en valores monetarios obtenidos de FVH de cebada en concepto de venta total. Para la obtención de beneficio bruto para FVH de cebada producido, es multiplicando el rendimiento ajustado por el precio del producto, por

kg de FVH producido total. Este precio se consideró tomando como base el forraje verde de cebada en la feria de ex tranca Rio Seco y en otras ferias de la ciudad de El Alto.

### **b) Beneficio neto**

$$IN = IB - CP$$

Donde:

IN = Ingreso neto

IB = Ingreso bruto

CP = Costo de producción

El beneficio neto es el ingreso real de cualquier producto. Esto quiere decir que se trata del total vendido (beneficio bruto) menos el valor de costo para producir (costo de producción).

### **c) Relación Beneficio/costo (B/C)**

$$B/C = IB / CP$$

Donde:

B/C = Beneficio costo

CP = Costo de producción

IB = Ingreso bruto

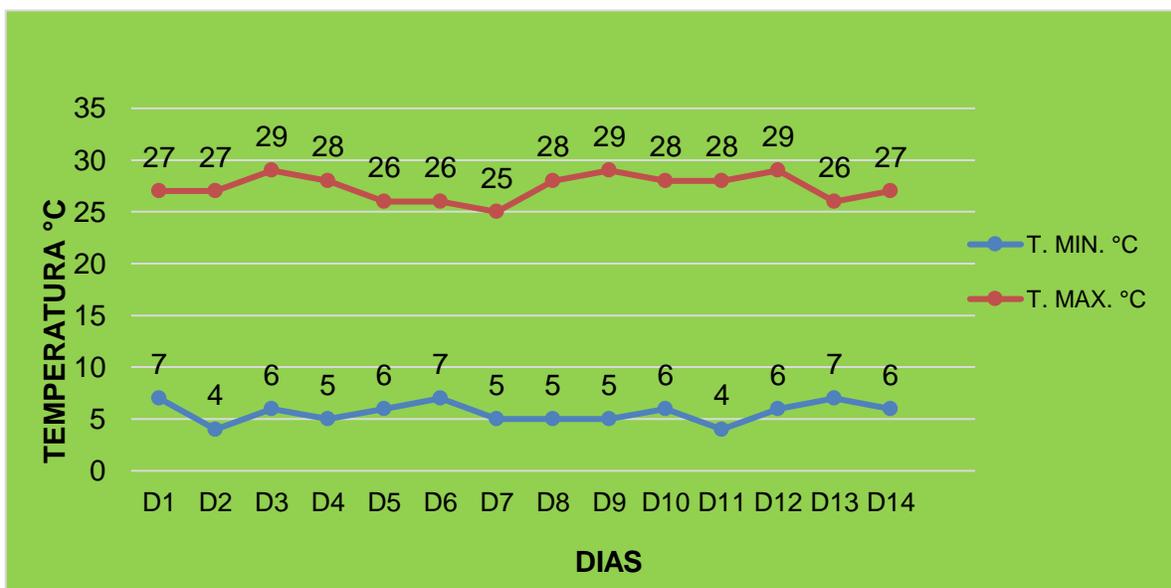
Costo/Beneficio tiene como objetivo fundamental de facilitar una medida de rentabilidad de la producción de FVH de cebada, mediante la comparación de los costos previstos con los beneficios esperados en la realización del mismo. Los precios se determinaron, tomando como base el forraje verde de cebada, de acuerdo al peso y su precio en el tiempo de estiaje ofrecido por los productores en las ferias de la ciudad de El Alto.

## 4. RESULTADOS Y DISCUSION

De acuerdo a los resultados obtenidos y con el objetivo de mostrar el efecto de los diferentes niveles de solución de *jiri* en la producción de FVH de cebada, bajo sistema hidropónico, para luego determinar la altura de la planta, el rendimiento, índice de conversión de semilla a forraje, el valor nutritivo, así como los costos de producción, que se detallan a continuación.

### 4.1. Temperatura en el ambiente atemperado

Se puede observar en la Figura 3, los valores registrados, durante el transcurso del trabajo de investigación en el interior del ambiente hidropónico muestran diferentes valores, se registró una temperatura máxima extrema de 29°C y la mínima extrema fue de 4°C durante el tiempo que duró la producción de forraje verde hidropónico.



**Figura 3. Temperaturas máximas y mínimas**

Para Aquino (2010), el rango óptimo de temperatura para la producción de FVH está entre 15 a 30°C.

Según Roger (2004), las temperaturas cercanas a los 15°C son apropiadas para el cultivo de cebada, al registrarse temperaturas de 30°C, estas temperaturas indican que el ambiente recibió mucha radiación, la cual debe limitarse para obtener temperaturas más bajas.

Duran (2009), indica que la temperatura influye todos los procesos de la planta. Las temperaturas extremas afectan el rango de adaptación y la distribución de las especies. El rango óptimo es distinto para las diferentes especies. La temperatura ideal es de 20°C y debe ser lo más constante posible, un exceso de temperatura puede causar hongos y una temperatura baja retarda el crecimiento.

#### 4.2. Altura de planta

Según el análisis de varianza que se presenta en el Cuadro 5, se puede observar que entre los tratamientos niveles de *jiri* del cultivo de cebada como forraje verde hidropónico para la variable altura de planta tuvieron diferencias estadísticas altamente significativas, pero en cuanto a los bloques no se obtuvo diferencias significativas, con un coeficiente de variación de 3,86% que indica que los datos del estudio se encuentran dentro del rango de confiabilidad.

**Cuadro 5. Análisis de varianza para la Altura de Planta**

F.V.	SC	GL	CM	F	p-valor	SIG
<b>Bloque</b>	2,67	3	0,89	0,87	0,4843	N.S.
<b>Niveles de <i>jiri</i> %</b>	52,49	4	13,12	12,8	0,0003	**
<b>Error</b>	12,31	12	1,03			
<b>Total</b>	67,47	19				

**C.V. (%)** 3,86

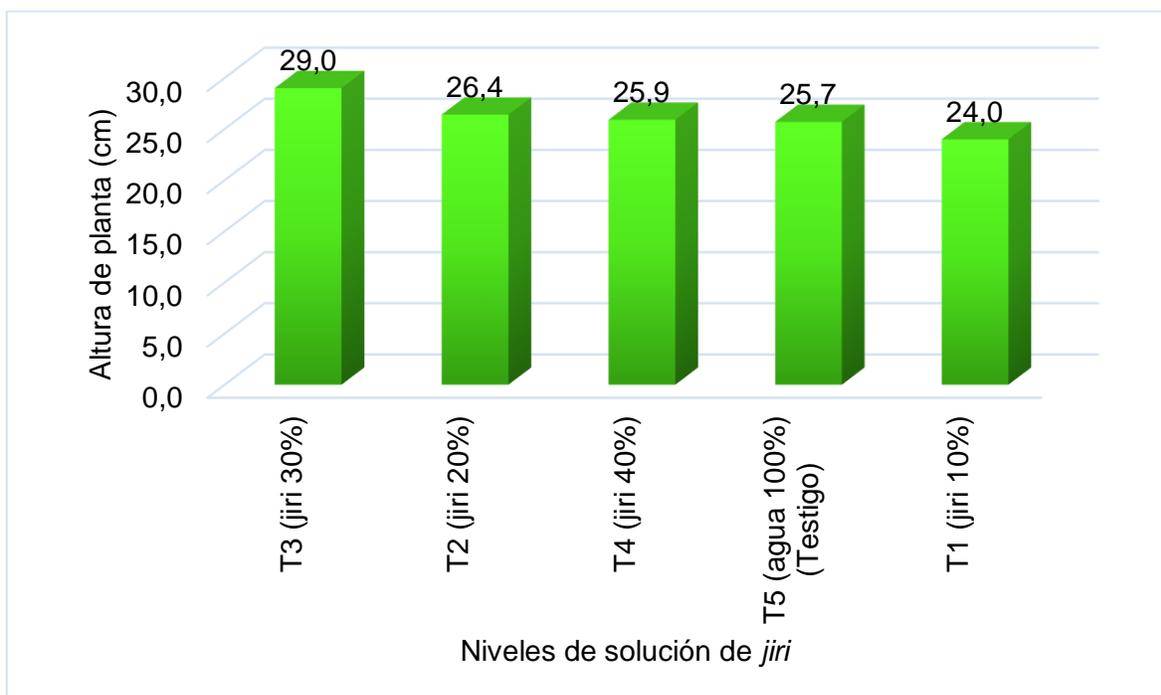
(\*\*) = Altamente significativo. (S.N.) = No significativo.

Según la prueba de Duncan al 5% en el Cuadro 6, se puede observar que se encuentran separados en tres grupos donde el tratamiento T3 (*jiri* 30%), se encuentra en el primer grupo, estadísticamente superior a los otros tratamientos, siendo la altura mayor en relación a los demás tratamientos, mientras los tratamientos, T2 (*jiri* 20%), T4 (*jiri* 40%) y T5 (Agua 100%), se encuentran en el segundo grupo, son estadísticamente iguales, obtuvieron comportamientos similares, por último en el tercer grupo, se encuentra T1 (*jiri* 10%), estadísticamente inferior a los demás tratamientos, obtuvo menor crecimiento.

**Cuadro 6. Análisis comparativo de Duncan para la altura de planta para los diferentes niveles de solución de *jiri* (cm)**

Niveles de solución de <i>jiri</i> (%)	Medias (cm)	Duncan ( $\alpha = 5\%$ )
T3 ( <i>jiri</i> 30%)	29,0	A
T2 ( <i>jiri</i> 20%)	26,4	B
T4 ( <i>jiri</i> 40%)	25,9	B
T5 (agua 100%)	25,7	B
T1 ( <i>jiri</i> 10%)	24,0	C

Pero en la Figura 4, se puede observar que el tratamiento T3 (*jiri* 30%), obtuvo una mayor altura de 29,0 cm; sin embargo, los tratamientos T2 (*jiri* 20%), T4 (*jiri* 40%) y T5 (Agua 100%), se encuentran intermedios con valores promedios de 26,4, 25,9 y 25,7 cm, respectivamente, y el que presenta una menor altura es el tratamiento T1 (*jiri* 10%), con un valor de 24,0 cm. Esto puede ser debido a que T3 asimilo nutrientes esenciales como el nitrógeno esto hace que el crecimiento de la planta sea acelerado.



**Figura 4. Altura de planta para los diferentes niveles de solución de *jiri***

Por su parte Clavijo (2001), menciona que a los 15 días la altura de planta debe alcanzar aproximadamente 25 cm. Sin embargo, empleando soluciones de *jiri* al 30% T3 la altura de planta del FVH obtenida fue de 29,0 cm, dichos resultados son superiores a los datos obtenidos por otros investigadores como. Castaño (2014), con la aplicación de biol en un lapso de 15 días obtuvo una altura promedio de 24,2 cm y Aquino (2010), con la aplicación de orina humana en el lapso de 15 días a 20 días obtuvo una altura promedio de 24,2 cm, Pérez (2017), que con la aplicación de biolixiviado de residuos sólidos urbanos a los 15 días de cultivo, obtuvo una altura de 28,9 cm, estos valores son inferiores a los resultados obtenidos por Sanches (2004), que con la aplicación de dos soluciones nutritivas formuladas con fertilizantes químicos en un lapso de 20 días obtuvo una altura de 30,4 cm, dicha superioridad podría ser debido a que utilizó soluciones nutritivas que cumplan con los requerimientos nutritivos que la planta requiere para su crecimiento.

#### 4.3. Rendimiento en materia verde

Según el análisis de varianza Cuadro 7, se puede observar que existen diferencias altamente significativas en el rendimiento de forraje en Materia Verde entre los tratamientos, pero en cuanto a bloques se obtuvo diferencias significativas, con un coeficiente de variación de 10,84% que indica que los datos del estudio son confiables.

**Cuadro 7. Análisis de varianza para el rendimiento de materia verde**

F.V.	SC	GL	CM	F	p-valor	SIG
<b>Bloque</b>	0,22	3	0,41	3,51	0,0494	*
<b>Niveles de <i>jiri</i> %</b>	6,23	4	1,56	13,45	0,0002	**
<b>Error</b>	1,39	12	0,12			
<b>Total</b>	8,84	19				
<b>C.V. (%)</b>						10,84

(\*\*) = Altamente significativo. (\*) = Significativo.

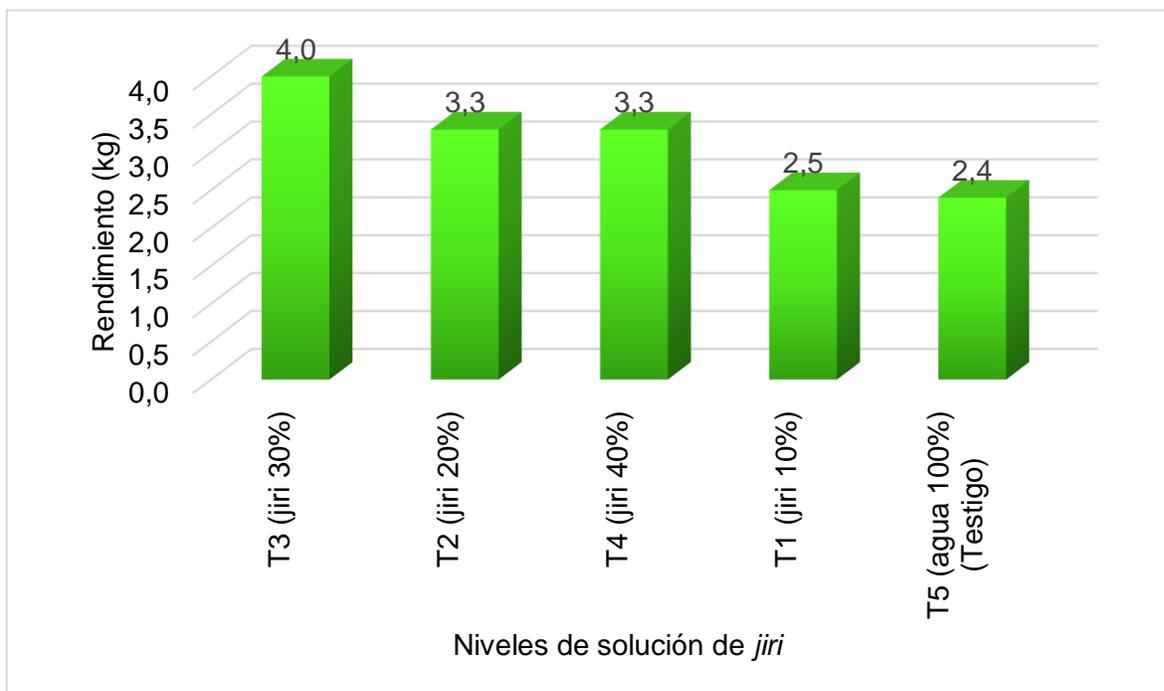
Para la prueba de medias de Duncan al 5% Cuadro 8, se puede observar que se encuentran separados en tres grupos donde el primer grupo, es presentado por el tratamiento T3 (*jiri*

30%), siendo el rendimiento mayor en materia verde en relación a los demás tratamientos, sin embargo, en el segundo grupo, se encuentran los tratamientos T2 (*jiri* 20%) y T4 (*jiri* 40%), son estadísticamente iguales, obtuvieron rendimientos similares y en el tercer grupo, se encuentran los tratamientos, T1 (*jiri* 10%) y T5 (Agua 100%), estos obtuvieron bajos rendimientos, estadísticamente inferior a los demás tratamientos.

**Cuadro 8. Análisis comparativo de Duncan para rendimiento de materia verde para los niveles de solución de *jiri* (kg)**

Niveles de solución de <i>jiri</i> (%)	Medias	Duncan ( $\alpha = 5\%$ )
T3 ( <i>jiri</i> 30%)	4,0	A
T2 ( <i>jiri</i> 20%)	3,3	B
T4 ( <i>jiri</i> 40%)	3,3	B
T1 ( <i>jiri</i> 10%)	2,5	C
T5 (agua 100%)	2,4	C

Por otra parte, en la Figura 5, se puede observar que el T3 (*jiri* 30%), obtuvo un mayor rendimiento de 4,0 kg en materia verde. Esto es debido a la radiación solar o fotoperiodo la cual influye en el desarrollo vegetativo de la planta. Seguido por los tratamientos T2 (*jiri* 20%) y T4 (*jiri* 40%), con un valor promedio de 3,3 kg; sin embargo, los tratamientos T1 (*jiri* 10%) y T5 (Agua 100%), presentan un valor de 2,5 y 2,4 kg. Esto es debido a que las plantas en el proceso de absorción y metabolización de los nutrientes realiza un gasto de energía que se desvía de la formación de biomasa total en los tratamientos fertilizados, en el tratamiento T3 no ocurrió tal gasto y también en el presente trabajo de investigación solo se realizó el pesaje de las hojas y tallos.



**Figura 5. Rendimiento de materia verde para los niveles de solución de *jiri***

Asimismo, en la Figura 5, el rendimiento de forraje hidropónico de cebada en materia verde obtenido durante el periodo de estudio fue de (8,0 kg/m<sup>2</sup>) a los 15 días de cultivo son similares a los valores reportados por Pérez (2017), con un rendimiento de 8,0 kg/ m<sup>2</sup>, a los 15 días de cultivo y próximos a los valores reportados por otros investigadores como.

Ralde (2000), encontró rendimiento de 8,9 kg/ m<sup>2</sup>, y Gómez (2007), con 8,9 kg/ m<sup>2</sup>, a los 15 días de cultivo. Conde (2015), reporta un rendimiento de 9,2 kg/ m<sup>2</sup>, a los 15 días de cultivo.

Por su parte Clavijo (2001), señala que la densidad de siembra afecta directamente los datos y resultados que tiene con la variable peso.

#### **4.4. Índice de conversión de semilla en materia verde**

En el Cuadro 9, Este índice nos muestra si en el forraje producido hubo un incremento o un decremento en materia verde en relación a la semilla y se puede observar que el mayor índice de conversión de semilla a forraje es el tratamiento T3 (*jiri* 30%), esto significa que por cada 1 kg de peso de semilla utilizada se obtiene 3,0 kg de forraje en materia verde este índice indica que hubo un aumento de materia verde debido a la asimilación de

nitrógeno y carbono durante la fotosíntesis, lo que demuestra la necesidad de la luz en el interior del ambiente hidropónico, estos resultados son superior a los valores reportados por Mendoza (2009), 1,59 kg de forraje.

**Cuadro 9. Relación de la cantidad de forraje en materia verde producido por unidad de semilla**

Tratamiento	Peso de Semilla (g)	Materia Verde (g) de 0.50 m <sup>2</sup>	Índice de Conversión (kg)
T1	1000	2584	1: 1,5
T2	1000	3311	1: 2,3
T3	1000	4011	1: 3,0
T4	1000	2883	1: 1,8
T5	1000	2482	1: 1,4

Fuente: Elaboración propia

Según Izquierdo (2003), relaciones de 10, 6, 8, y 9 kg de FVH por kilogramos de semilla respectivamente a los 14 – 15 días después de la siembra. Esto se debe a algunos factores como ser el porcentaje de germinación, duración de horas luz, calidad de agua, equilibrio de nutrientes, temperatura, humedad, circulación del aire y la ventilación, pH y la conductividad eléctrica.

Sin embargo, Pérez (2017), con la aplicación de biolixiviado de residuos sólidos urbanos a los 15 días de cultivo, obtuvo una relación de 3,5 kg de forraje, por kilogramo de semilla.

Para Howars (1997), en la hidroponía las plantas llegan a competir por la luz y no a si por alimento de tal manera que en una densidad de siembra excesiva obliga a la planta a un mayor esfuerzo por obtener luz disponible y tiende a reducir resultados de la cosecha.

#### **4.5. Valor nutritivo del forraje hidropónico**

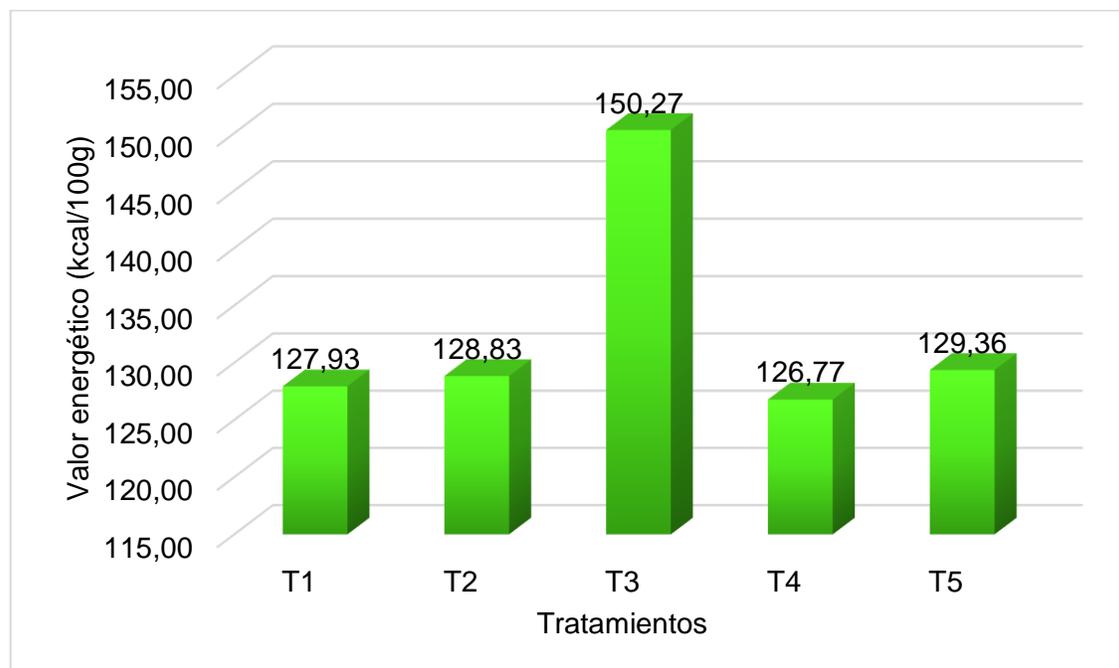
En el Cuadro 10, se puede observar, desde el punto de vista bromatológico el forraje hidropónico de cebada producido por tratamiento durante el periodo de estudio, tienen las siguientes características nutritivas en materia húmeda, los valores de valor energético, proteína y contenido graso del forraje hidropónico.

**Cuadro 10. Valor nutritivo del forraje hidropónico en materia húmeda**

Nutrientes analizados en base húmeda (%)	T1	T2	T3	T4	T5
Valor energético (kcal/100g)	127,93	128,83	150,27	126,77	129,36
Proteínas %	1,38	2,02	5,12	1,79	1,37
Grasa %	0,56	1,40	1,42	0,42	0,42

Fuente: Elaboración propia

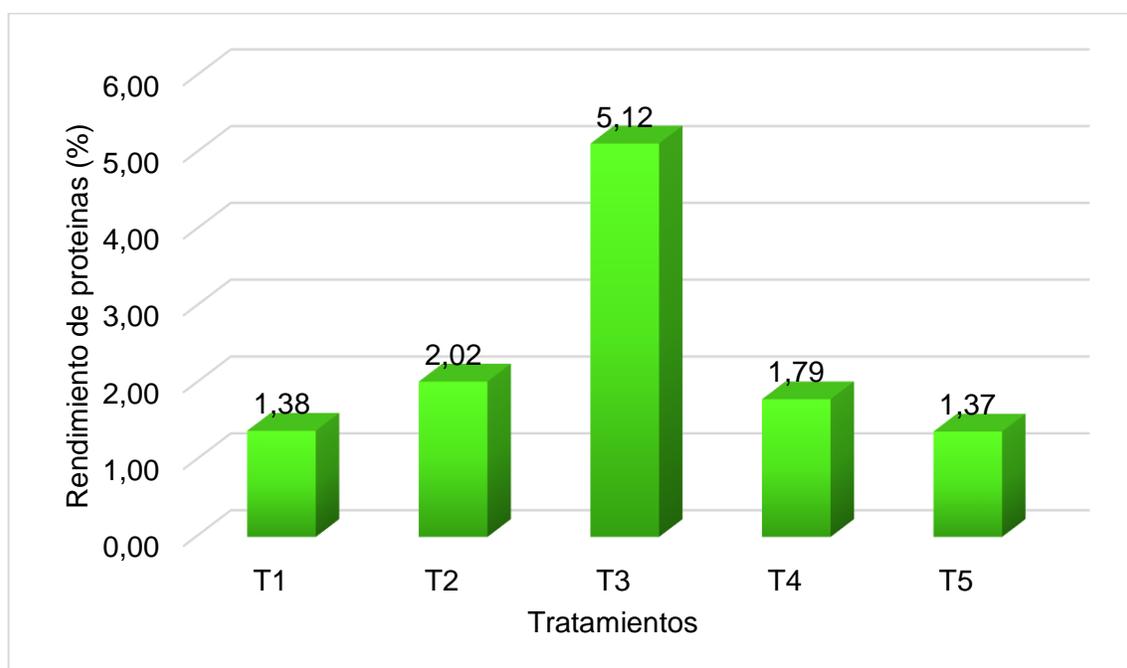
Al observar la Figura 6, del análisis de valor energético del forraje producido por el T3 (*jiri* 30%), es de 150,27 Kcal/100g, presenta un mayor valor, seguido por los tratamientos T5 (Agua 100%) y T2 (*jiri* 20%), con un valor de 129,36 y 128,83 Kcal. Mientras los otros tratamientos T1 (*jiri* 10%) y T4 (*jiri* 40%), presentan un valor de 127,93 y 126,77 Kcal/100g.



**Figura 6. Valor energético para los diferentes niveles de solución de *jiri***

Estos valores son próximos al heno de cebada que tiene 168 Kcal/100g en MS, y superior a la paja de cebada que tiene 139,2 Kcal/100g en MS reportados por Sepúlveda (2004), lo que indica que hubo un mayor valor nutritivo del forraje hidropónico comparado con las otras formas de forraje de cebada, esto puede ser debido a que el T3 (*jiri* 30%), asimiló nutrientes esenciales del *jiri* como el nitrógeno, este nutriente al ser asimilado rápidamente hace que el crecimiento de la planta sea acelerado.

En la Figura 7, se puede observar el rendimiento del análisis de proteína del forraje producido por el T3 (*jiri* 30%), con un valor de 5,12%, seguido por los tratamientos T2 (*jiri* 20%) y T4 (*jiri* 40%), con un valor 2,02 y 1,79% y los otros tratamientos T1 (*jiri* 10%) y T5 (Agua 100%), reportan un valor de 1,38 y 1,37% de proteína, a los 15 días de cultivo.

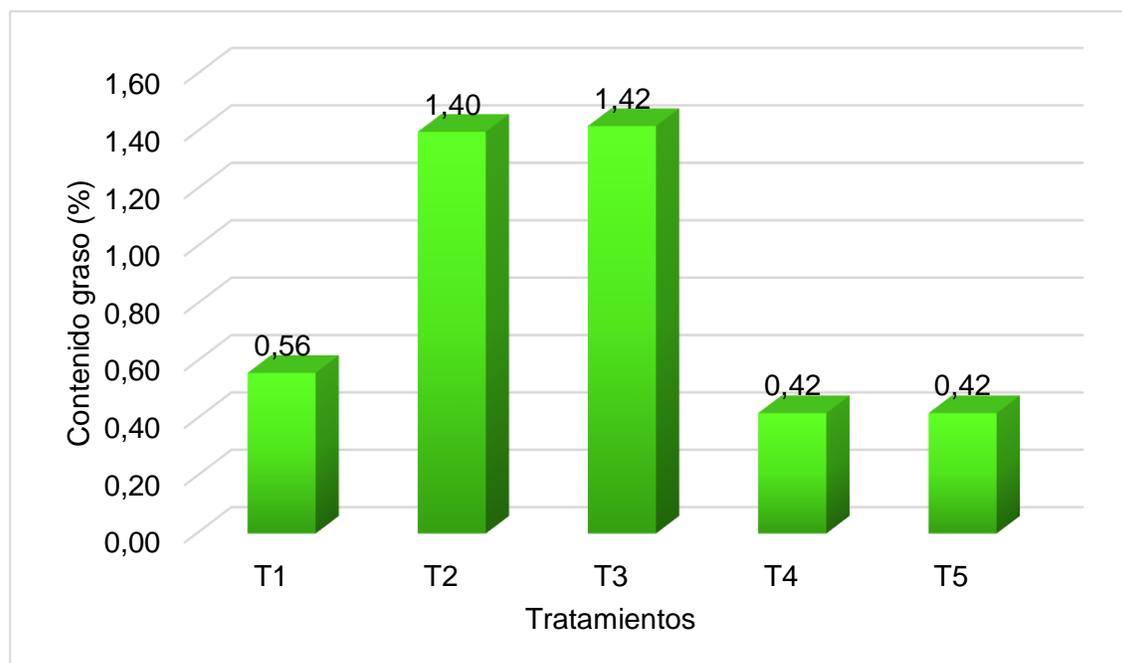


**Figura 7. Rendimiento de proteína para los diferentes niveles de solución de *jiri***

Los resultados obtenidos durante el trabajo de investigación, son próximos a los valores reportados por Pérez (2017), con contenido de proteína de 6,49% a los 15 días de cultivo con la aplicación de biolixiviados y superior a los datos reportados por Sepúlveda (2000), 3,7% de contenido de proteína, esto puede ser debido a que el T3 asimiló nutrientes disponibles en el *jiri*.

Según Sánchez (2001), Un mayor valor nutritivo del forraje hidropónico y el contenido relativo de proteína entre otros componentes es máximo, reduciéndose drásticamente la proteína verdadera a partir del día 15 de cultivo.

Además, en la Figura 8, se puede observar el contenido graso del forraje hidropónico de cebada obtenido durante el periodo de estudio T3 (*jiri* 30%), registra un valor de 1,42% de grasa, sin embargo, T2 (*jiri* 20%) y T1 (*jiri* 10%), presenta un valor de 1,40 y 0,56%, y los tratamientos T4 (*jiri* 40%) y T5 (Agua 100%), presentan un menor valor de 0,42%, sin embargo, el mejor tratamiento es el T3.



**Figura 8. Contenido graso para los diferentes niveles de solución de *jiri***

Estos resultados son próximos a los valores reportados por Mendoza (2009), 2,79% y Gómez (2007), 3,0%. Estas diferencias podrían ser debido a que dicha investigación brindó a la planta soluciones nutritivas que cumplieran con los requerimientos nutritivos y con un pH neutro para su respectiva asimilación y absorción.

#### **4.6. Análisis económico**

Para análisis de costos de producción se determinó en base a egresos e ingresos de la producción de forraje verde hidropónico de cebada.

- **Costos fijos:** se encuentran la construcción de estantes, bandejas y utensilios. Otra inversión importante e imprescindible es debida a los costos para la construcción del andamiaje o estantería para la producción del forraje hidropónico.
- **Costos variables:** se encuentran insumos, volumen de las semillas a transformarse en forraje de cebada y solución de *jiri*.

**Cuadro 11. Análisis de costos de producción de FVH por tratamiento**

Tratamiento	Semilla en (kg)	Costo de Semilla en (Bs.)	Jiri en (Bs.)	Costo/Trat. en (Bs.)
T1	4,0	13,6	18,0	31,6
T2	4,0	13,6	18,0	31,6
T3	4,0	13,6	18,0	31,6
T4	4,0	13,6	18,0	31,6
T5	4,0	13,6	0,0	13,6
<b>Total</b>	20,0	68,0	72,0	140,0

Fuente: Elaboración propia

Los resultados obtenidos en el Cuadro 11, donde se tiene la inversión para la producción de forraje verde hidropónico. De acuerdo al análisis económico realizado para cada uno de los tratamientos, considerando la producción de forraje en bandeja.

En este trabajo se ha tomado en cuenta los costos variables, debido a que el cultivo tuvo un tiempo de 15 días, así mismo los costos de producción muestra el total de los costos de inversión para cada tratamiento.

Para calcular el precio de FVH, se consultó el precio de venta de forraje verde de cebada en las ferias de Rio Seco y 16 de Julio, se tomó en cuenta el costo de un kilogramo de cebada verde la cual tuvo un costo de Bs. 2,60 para realizar el cálculo de precio de la venta del FVH de cebada se hizo un ajuste de incremento de 5% la cual fue de Bs. 2,70 por kilogramo de FVH de cebada (Espinoza, 2005).

Debido a que en las ferias de la ciudad del Alto no cuenta con precios establecidos para dicho producto precio de venta del FVH de cebada en el tiempo de estiaje, dependerá de la presentación y cantidad del forraje verde.

Para FAO (2001), revela que, considerando los riesgos de sequías, otros fenómenos climáticos adversos, las pérdidas de animales y los costos unitarios del insumo básico (semilla) el FVH es una alternativa económicamente viable que merece ser considerada por los pequeños y medianos productores.

**Cuadro 12. Resultados obtenidos para Relación Beneficio-Costo en los diferentes tratamientos**

Tratamiento	Rdto. FVH (kg.)	Rdto. Ajustado (5%)	Precio kg. FVH (Bs.)	IB Bs./Trat.	CP Bs./Trat.	IN Bs./Trat.	B/C
T5	9,9	9,4	2,70	25,4	13,6	11,8	1,86
T3	16,0	15,2	2,70	41,1	31,6	9,5	1,30
T2	13,2	12,5	2,70	33,8	31,6	2,2	1,06
T4	11,5	10,9	2,70	29,5	31,6	- 2,1	0,93
T1	10,3	9,7	2,70	26,2	31,6	- 5,4	0,82
<b>Total</b>	<b>60,9</b>	<b>57,7</b>	<b>2,70</b>	<b>155,8</b>	<b>140,0</b>	<b>15,8</b>	<b>1,11</b>

Fuente: Elaboración propia

#### 4.6.1. Beneficio bruto

Tomando en cuenta el costo de un kilogramo de forraje verde de cebada en el mercado la cual fue de Bs. 2,60, se calcula el valor por kilogramo de FVH de cebada con ajuste de 5% de incremento alcanzando a Bs. 2,70, este valor se multiplica por el rendimiento de FVH producida (60,9 kg total de la producción), pero tomando el rendimiento ajustado de 5% la cantidad es 57,7 kg, misma es multiplicado por el precio de venta Bs. 2,70 por kg de FVH, un total recaudado de Bs. 155,8 (ingreso bruto), se puede observar en el Cuadro 12.

#### 4.6.2. Beneficio neto

En ingresos netos se puede observar que el T5 con la aplicación de agua 100% presentó mayores ingresos de Bs. 11,8 debido a cero costos de solución *jiri*, seguido por el T3 (*jiri* 30%), reportó un ingreso de Bs. 9,5. Seguidamente por el T2 (*jiri* 20%), con un (IN) 2,2 en cambio los otros tratamientos presentaron un ingreso neto de T4 (-2,1) y T1 (-5,4), no presentan beneficios porque el costo de producción es mayor al ingreso bruto.

#### 4.6.3. Relación beneficio – costo

Los resultados obtenidos en el Cuadro 12, en relación al beneficio costo están por encima a la unidad 1; esto significa que se recupera la inversión realizada con la aplicación de diferentes niveles de solución de *jiri* y agua para los tratamientos T5, T3 y T2 pero el mejor tratamiento fue el T5 ( agua 100%), donde se obtuvo un resultado de 1,86 es decir que de cada Bs. invertido se recupera Bs. 0,86 esto refleja que la aplicación de agua 100%, es mejor para la producción de forraje verde hidropónico de cebada. Sin embargo, en cuanto al contenido nutricional el T3, es el mejor.

T3 solución de *jiri* al 30%, la relación B/C de acuerdo a los resultados es Bs. 1,30 esto significa que por cada boliviano invertido se recupera Bs. 0,30 de utilidad, con respecto al T2 solución de *jiri* al 20%, relación B/C es menor al anterior con 1,06 esto significa que por cada boliviano invertido se recupera Bs. 0,06.

T4 (*jiri* 40%) y T1 (*jiri* 10%), de acuerdo a los resultados obtenidos no se recupera, por la inversión de un boliviano se pierde Bs. 0,07 y 0,18 esto debido a que los egresos económicos son mayores a los ingresos, valores de bajo de 1, lo cual significa que no se tienen ganancias además de que no se logra recuperar el costo invertido, se puede apreciar en el Cuadro 12. Izquierdo (2001), menciona que la tecnología y materiales empleados para la producción de forraje hidropónico, se puede considerar al ambiente hidropónico como una instalación popular.

Podemos comparar que los ingresos de la producción de forraje verde hidropónico son rentables debido a que en la investigación se utilizó insumos locales, semilla de forraje Variedad criolla no certificada, ya que el precio de la semilla es accesible. No obstante, se obtuvo las ganancias respectivas.

## 5. CONCLUSIONES

En respuesta a los objetivos planteados y en base a los resultados obtenidos se tiene las siguientes conclusiones:

- En los resultados obtenidos con respecto a las variables de altura y rendimiento en materia verde se aprecia que el tratamiento T3 (*jiri* 30%), fue el que presentó resultados sobresalientes en comparación de los de más tratamientos, obteniendo un mayor desarrollo de la planta con una altura de 29,0 cm, y un rendimiento de 8,0 kg/m<sup>2</sup> de forraje. Esto es debido a la radiación solar o fotoperiodo la cual influye en el desarrollo vegetativo de la planta. Por otra parte, los diferentes niveles de solución de *jiri*, incrementa el rendimiento de FVH.
- En la evaluación índice de conversión de semilla a materia verde se observa que en el T3 (*jiri* 30%), por cada kilogramo de semilla utilizada presentó un rendimiento de 3,0 kg, de materia verde, la cual es el tratamiento mejor a diferencia de los demás tratamientos.
- El valor energético del forraje producido por el T3 (*jiri* 30%), mostró un valor de 150,27 Kcal/100g, podemos decir que hay un aumento del valor energético en el forraje verde hidropónico de cebada con la aplicación de *jiri* al 30%.
- El contenido de proteína de forraje producido por el tratamiento T3 (*jiri* 30%), presentó un valor de 5,12% de proteína, comparado con el forraje tradicional, existe un aumento del contenido de proteína en el forraje hidropónico de cebada producido con la aplicación de soluciones de *jiri*. El contenido graso del forraje hidropónico de cebada obtenido durante el periodo de estudio T3 (*jiri* 30%), obtuvo un valor de 1,42% a los 15 días de cultivo.
- En cuanto a los resultados obtenidos, en relación beneficio/costo (B/C) el T5 (agua 100%) es el tratamiento que mostro una mayor rentabilidad con 1,86 estos resultados indican que de cada boliviano invertido se logró recuperar el Bs 1 y adicionalmente se obtuvo una ganancia de Bs 0,86. Sin embargo, en cuanto al contenido nutricional el T3, es el mejor con un B/C de 1,30.

## 6. RECOMENDACIONES

En base a los resultados obtenidos en el estudio, podemos recomendar los siguientes aspectos:

- Se recomienda aplicar solución de *jiri* al 30%, en la producción de forraje verde hidropónico de cebada, con diferentes especies, variedades, densidad de siembra, días de cosecha, a fin de obtener resultados más diferenciados y mayores incrementos de producción de la región.
- Realizar nuevas investigaciones relacionados a la producción de forraje verde hidropónico, en ambientes atemperados, con otros niveles de solución de *jiri*, a si para obtener mejor información en la producción de FVH de cebada, ya que el *jiri* es una alternativa para la producción hidropónica.
- Desarrollar otras investigaciones con productos ecológicos como el *jiri*, en la producción de FVH de cebada, con el objetivo de ver los efectos en el comportamiento agronómico.
- Se recomienda evitar la compra de semilla certificada, ya que estas tienen agregados químicos además por el alto costo. Producir FVH de cebada, con insumos locales (semilla variedad criolla no certificada), sin embargo, también no se debe descuidar la calidad y características de una buena semilla sin ser certificada.

## 7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abad, M. 1994. Sustratos para el cultivo sin suelo. Ed. Mundi-Prensa. Madrid, España. 131-166. p.
- Álvarez, F. 2011. Producción de forraje verde hidropónico: Una alternativa para alimentación de animales en periodos de carencia de pastos. Lima, Perú. 40. p.
- Alfinal, 2007. Calidad del agua de riego en hidroponía. (en línea). Lima, Perú. Consultado 15 de julio. 2024. Disponible en: [www.alfinal.com/cgi-bin/search.cgi](http://www.alfinal.com/cgi-bin/search.cgi)
- Aruquipa, C. 2008. Producción de cuatro variedades de lechuga (*Lactuca sativa* L.) bajo dos sustratos (sólidos y líquidos) en el municipio de El Alto Tesis de Agronomía. La Paz. Universidad Mayor de San Andrés. 80. p.
- Aquino, E. 2010. Producción, Manejo y Uso de Forraje Verde Hidropónico para zonas de altura La Paz, Bolivia Edit. SIRCA.
- CIMMYT, 1988. (Manual Metodológico de evaluación económica) México D.F. Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo. 79 p.
- Campos, I. 1981. Suelos abonos y fertilizantes. Barcelona, De Venchi 207p.
- Calderón, G. 2001. Historia de la Hidroponía y de la Nutrición Vegetal (en línea). Bogotá, Col. Consultado 20 de julio. 2024. Disponible en: <http://www.drcalderonlabs.com/index.html>.
- Casa, C. 2008. Efecto de la utilización del forraje verde hidropónico de avena, cebada, maíz y trigo en la alimentación de cuyes. Tesis Lic. Ing. Agr. Riobamba - Ecuador. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. 90. p.
- Clavijo, G. 2001. Efecto de Soluciones de Nitrato de Amonio y Densidades de Siembra sobre el contenido de Proteína den Avena (*Hordeum vulgare* L.) producida en el Sistema hidropónico. Tesis de Agronomía. La Paz. Universidad Mayor de San Andrés. 46. p.
- Colque, T. 2005. Evaluación de variedades de cebada (*Hordeum vulgare* L.) bajo épocas de siembra en la localidad de Janko Marca Sirpa, Prov. Pacajes, Departamento de

- La Paz. Tesis licenciatura en Agronomía. La Paz. Universidad Mayor de San Andrés. 65. p.
- Dosal, J. 1987. Efecto de la dosis de siembra, época de cosecha y fertilización sobre la calidad y cantidad de forraje de Avena producido bajo condiciones de hidroponía. Chile. Editorial Universidad de Concepción. 252. p.
- Delizia, 2009. Incremento de la productividad lechera de pequeños proveedores a través de la introducción del cultivo de forraje verde hidropónico (forraje verde idropónico) como suplemento alimenticio para el ganado. Disponible en: <http://www.delizia.com.bo/delizia/content/view/49/49/>
- Duran, R. 2009. Forraje verde hidropónico, Grupo latino Editores, Bogotá. 208. p.
- Espinosa, M. 2005. Proyecto de inversión para la producción de forraje verde hidropónico en Santa María Chachoapan Nochixtlan, Oaxaca. Tesis Lic. Ing. Agr. Huajuapán de León - México. Universidad Tecnológica de la Mixteca. 104 p. Disponible en: [http://jupiter.utm.mx/~tesis\\_dig/9735.pdf](http://jupiter.utm.mx/~tesis_dig/9735.pdf)
- FAO, 2001. Mejoramiento de la disponibilidad de alimentos en los centros de desarrollo infantil del infna. en: manual técnico forraje verde hidropónico [en línea] <http://www.rlc.fao.org:80/prior/segalim/forraje.htm>.
- FAO, 2007. Valor nutritivo de los alimentos. (en línea). México. Me. Consultado 01 de julio. 2024. Disponible en: [www.rlc.fao.org/pubs](http://www.rlc.fao.org/pubs)
- Fertiveria, 2007. Soluciones nutritivas para Hidroponía. (en línea). Lima, Pe. Consultado 07 de agosto. 2024. Disponible en: [http://www.fertiberia.com/informacion\\_fertilizacion/articulos/fertirrigacion/Preparacion\\_DisolucionesNutritivas.html](http://www.fertiberia.com/informacion_fertilizacion/articulos/fertirrigacion/Preparacion_DisolucionesNutritivas.html)
- Gómez, M. 2007. Evaluación del forraje verde hidropónico de maíz y cebada con diferentes dosis de siembra para las etapas de crecimiento y engorde de cuyes. Tesis Ing. Zoo. Riobamba, Ecuador. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias Pecuarias, Escuela de Ingeniería Zootécnica. 74 p.
- Hidalgo, I. 1985. Producción de forraje en condiciones de hidroponía. Evaluaciones preliminares en avena y triticale. sn. chillán. Chile. 35 – 43. p.

- Howard, M. 1997. Cultivos hidropónicos, Ediciones Mundi – Prensa, Madrid - España.150. p.
- INFOAGRO, 2005. Cultivos Hidropónicos. El Tomate. Disponible en: [www.infoagro.com](http://www.infoagro.com).
- INFOAGRO, 2007. Los fertilizantes (en línea). Consultado 10 de junio. 2024. Disponible en: [www.infoagro.com](http://www.infoagro.com).
- Izquierdo, J. 2001. El forraje verde hidropónico (FVH) como tecnología apta para pequeños productores agropecuarios consultado el 19 de agosto 2024.disponible en: <http://www.elmejorguia.com/hidroponia/forraje/verde/hidroponico.htm>.
- Izquierdo, J. 2002. Producción de Forraje Verde Hidropónico (en línea). Santiago, Ch. Consultado 25 de agosto. 2024. Disponible en: <http://www.fao.org/prior/segalim/forraje.htm>
- Izquierdo, J. 2003. Manual Técnico "La Huerta Hidropónica Popular". 3 ed. Santiago, Chile. FAO. 130. p.
- IBTEN. 2003. (Análisis físico químico de abonos orgánicos líquidos) Centro de investigaciones nucleares división química misterio de desarrollo sostenible y planificación. La paz – Bolivia.
- Luna, R. 2013. Rendimiento del cultivo de cebada (*Hordeum vulgare* L.) forrajera verde en relación a tres métodos de producción hidropónica estándar. Tesis de licenciatura. Ingeniería agronomica. La paz, Bolivia,13 – 30. p.
- Medina, A. Quipuzco, L. y Juscamayda, J. (2015). Evaluación de la calidad de biol de segunda generación de estiércol de ovino producido a través de biodigestores. In Animales Científicos (Vol. 76, No.1, pp. 116-124). Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Marulanda, C. 2003. Manual Técnico "La Huerta Hidropónica Popular". 3 ed. Santiago, Chile. FAO. 130. p.
- Mapasbolivia.net.2015. [http://www.mapasbolivia.net/tiahuanacu-ingavi\\_la-paz.html](http://www.mapasbolivia.net/tiahuanacu-ingavi_la-paz.html).
- Mendoza, M. 2009. Producción de cebada (*Hordeum vulgare* L.) bajo sistema hidropónico, en cuatro soluciones nutritivas. Tesis Lic. Ing. Agr. La Paz, Bolivia. Universidad

- Mayor de San Andrés, Facultad de Agronomía, Carrera de Ingeniería Agronómica. 70. p.
- Ochoa, R. 2009. Diseños experimentales. bo. 240.p.
- Ralde, M. 2000. Producción de avena forrajera (*avena sativa*) p.7.
- Pérez, N. 1987. Efecto de la sustitución del concentrado por forraje obtenido en condiciones de hidroponía en una crianza artificial de terneros. Tesis Lic. Ing. Agr. Chile. Universidad de Concepción, Facultad de Ciencias Agropecuarias y Forestales, Sede Chillán. 58. p.
- Pérez, N. 1999. Efecto de la sustitución del concentrado por forraje obtenido en condiciones de hidroponía en una crianza artificial de terneros facultad de ciencias agropecuarias y forestales de la universidad de concepción sede chillan Chile. 52. p.
- Pérez, R. 2017. Evaluación de la aplicación de biolixiviados de residuos sólidos urbanos y estiércol de bovino en forraje verde hidropónico de cebada (*Hordeum vulgare* L.) en la estación experimental de kallutaca, Departamento de La Paz. Tesis licenciatura en Agronomía. El Alto. Universidad Pública de el Alto.63. p.
- Red Hidroponía. 2005. Boletín Informativo Número 27. Universidad Nacional Agraria La Molina. (En línea). Lima, Pe. Consultado 26 de agosto. 2024. Disponible en: <http://www.lamolina.edu.pe/hidroponia/boletin27.htm>
- Rodríguez, C. (2000). Manual para cultivos hidropónicos editorial antropar. Bogotá colombia. 84. p.
- Rodríguez, A. 2003. Forraje verde hidropónico: cómo producir con facilidad, rapidez y óptimos resultados. Editorial Diana. México. 113. p.
- Roger, J. 2004. El cultivo de la cebada y del trigo. Editorial Trillas. Buenos Aires – Argentina. 140. p.
- Schneider, A. 1991. Alternativas para lecheras y engorde: Forraje Verde Hidropónico. Ed. Revista El Campesino. Santiago, Chile. 45. p.
- Salisbury, F. Ross, 1994. Fisiología vegetal. Ed. Ibero América. México. 450. p.

- Sánchez, A. 2001. Forraje Verde Hidropónico. Ed. Oficina Regional de la FAO Para América Latina y el Caribe. Santiago, Chile. p. 68.
- Sánchez, C. R. 2005. Hidroponía (en línea). Lima, Pe. Consultado 20 de enero. 2024. Disponible en: [www.mtss.gub.uy](http://www.mtss.gub.uy)
- Sánchez, C. R. 2004. Hidroponía; Paso a Paso-Cultivo sin tierra. Ed. RIPALME Lima, Perú. 16,17, 44. p.
- SENAMHI-BOLIVIA, 2012. Servicio nacional de Meteorología e hidrología.
- San Martin, J. 1990. Tecnologías campesinas. AGRUCO. Cochabamba, Bolivia. 15. p.
- Tapia, N. 1991. Informe anual gestión. 1991. AGRUCO. Cochabamba, Bolivia. 10. p.
- Tapia, N. 1992. Informe anual gestión 1991-1992. AGRUCO. Cochabamba, Bolivia. 10. p.
- Universidad Agraria La Molina. 2005. Centro de Investigación de Hidroponía y Nutrición Mineral. (en línea). Lima, Pe. Consultado 26 de agosto. 2024. Disponible en: <http://www.lamolina.edu.pe/FACULTAD/ciencias/hidroponia/default.htm>
- Valdez, L. 1995. Evaluación agroecológica de la tecnología andina del *jiri*: su formación y uso en el cultivo de la papa. (comunidad estroni) Cochabamba, Bolivia. 60. p.

## 8. ANEXOS

Anexo 1. Costos de producción del tratamiento 1 (*jiri* 10%)

N°	Descripción	Unidades de medida	Cantidad	Precio unitario (Bs)	Costo total (Bs)
<b>1</b>	<b>Preparación de estructuras</b>				<b>8,00</b>
	Armado	Jornal	0,1	40,00	4,00
	Limpieza y desinfección	Jornal	0,1	40,00	4,00
<b>2</b>	<b>Preparación para la siembra</b>				<b>8,00</b>
	Selección de semillas	Jornal	0,1	40,00	4,00
	Remojo y oreado	Jornal	0,1	40,00	4,00
<b>3</b>	<b>Insumos para el almácigo</b>				<b>4,50</b>
	Bandejas	Unidad	4	1,00	4,00
	Hipoclorito de sodio	Sachet	0.13	4,00	0,50
<b>4</b>	<b>Insumos para la siembra</b>				<b>7,79</b>
	Semilla de cebada	kg	1,0	7,00	7,79
<b>5</b>	<b>Labores culturales</b>				<b>8,00</b>
	Aplicación de solución de <i>jiri</i>	Jornal	0,1	40,00	4,00
	Cosecha	Jornal	0,1	40,00	4,00
<b>6</b>	<b>Insumos para labores culturales</b>				<b>11,00</b>
	Solución de <i>jiri</i>	Lt	0,2	3,60	1,00
	Regadera de solución de <i>jiri</i>	Unidad	1	10,00	10,00
<b>7</b>	<b>Otros</b>				<b>0,3</b>
	Agua	MI	0,01	3,5	0,3
<b>8</b>	<b>Costos de producción</b>				<b>47,59</b>

Anexo 2. Costos de producción del tratamiento 2 (*jiri* 20%)

N°	Descripción	Unidades de medida	Cantidad	Precio unitario (Bs)	Costo total (Bs)
<b>1</b>	<b>Preparación de estructuras</b>				<b>8,00</b>
	Armado	Jornal	0,1	40,00	4,00
	Limpieza y desinfección	Jornal	0,1	40,00	4,00
<b>2</b>	<b>Preparación para la siembra</b>				<b>8,00</b>
	Selección de semillas	Jornal	0,1	40,00	4,00
	Remojo y oreado	Jornal	0,1	40,00	4,00
<b>3</b>	<b>Insumos para el almacigo</b>				<b>4,50</b>
	Bandejas	Unidad	4	1,00	4,00
	Hipoclorito de sodio	Sachet	0.13	4,00	0,50
<b>4</b>	<b>Insumos para la siembra</b>				<b>7,79</b>
	Semilla de cebada	kg	1,0	7,00	7,79
<b>5</b>	<b>Labores culturales</b>				<b>8,00</b>
	Aplicación de solución de <i>jiri</i>	Jornal	0,1	40,00	4,00
	Cosecha	Jornal	0,1	40,00	4,00
<b>6</b>	<b>Insumos para labores culturales</b>				<b>11,00</b>
	Solución de <i>jiri</i>	Lt	0,2	3,60	1,00
	Regadera de solución de <i>jiri</i>	Unidad	1	10,00	10,00
<b>7</b>	<b>Otros</b>				<b>0,3</b>
	Agua	MI	0,01	3,5	0,3
<b>8</b>	<b>Costos de producción</b>				<b>47,59</b>

**Anexo 3. Costos de producción del tratamiento 3 (*jiri* 30%)**

N°	Descripción	Unidades de medida	Cantidad	Precio unitario (Bs)	Costo total (Bs)
<b>1</b>	<b>Preparación de estructuras</b>				<b>8,00</b>
	Armado	Jornal	0,1	40,00	4,00
	Limpieza y desinfección	Jornal	0,1	40,00	4,00
<b>2</b>	<b>Preparación para la siembra</b>				<b>8,00</b>
	Selección de semillas	Jornal	0,1	40,00	4,00
	Remojo y oreado	Jornal	0,1	40,00	4,00
<b>3</b>	<b>Insumos para el almácigo</b>				<b>4,50</b>
	Bandejas	Unidad	4	1,00	4,00
	Hipoclorito de sodio	Sachet	0.13	4,00	0,50
<b>4</b>	<b>Insumos para la siembra</b>				<b>7,79</b>
	Semilla de cebada	kg	1,0	7,00	7,79
<b>5</b>	<b>Labores culturales</b>				<b>8,00</b>
	Aplicación de solución de <i>jiri</i>	Jornal	0,1	40,00	4,00
	Cosecha	Jornal	0,1	40,00	4,00
<b>6</b>	<b>Insumos para labores culturales</b>				<b>13,00</b>
	Solución de <i>jiri</i>	Lt	0,3	3,60	3,00
	Regadera de solución de <i>jiri</i>	Unidad	1	10,00	10,00
<b>7</b>	<b>Otros</b>				<b>0,3</b>
	Agua	MI	0,01	3,5	0,3
<b>8</b>	<b>Costos de producción</b>				<b>49,59</b>

Anexo 4. Costos de producción del tratamiento 4 (*jiri* 40%)

N°	Descripción	Unidades de medida	Cantidad	Precio unitario (Bs)	Costo total (Bs)
<b>1</b>	<b>Preparación de estructuras</b>				<b>8,00</b>
	Armado	Jornal	0,1	40,00	4,00
	Limpieza y desinfección	Jornal	0,1	40,00	4,00
<b>2</b>	<b>Preparación para la siembra</b>				<b>8,00</b>
	Selección de semillas	Jornal	0,1	40,00	4,00
	Remojo y oreado	Jornal	0,1	40,00	4,00
<b>3</b>	<b>Insumos para el almácigo</b>				<b>4,50</b>
	Bandejas	Unidad	4	1,00	4,00
	Hipoclorito de sodio	Sachet	0.13	4,00	0,50
<b>4</b>	<b>Insumos para la siembra</b>				<b>7,79</b>
	Semilla de cebada	kg	1,0	7,00	7,79
<b>5</b>	<b>Labores culturales</b>				<b>8,00</b>
	Aplicación de solución de <i>jiri</i>	Jornal	0,1	40,00	4,00
	Cosecha	Jornal	0,1	40,00	4,00
<b>6</b>	<b>Insumos para labores culturales</b>				<b>14,00</b>
	Solución de <i>jiri</i>	Lt	0,4	3,60	4,00
	Regadera de solución de <i>jiri</i>	Unidad	1	10,00	10,00
<b>7</b>	<b>Otros</b>				<b>0,3</b>
	Agua	MI	0,01	3,5	0,3
<b>8</b>	<b>Costos de producción</b>				<b>50,59</b>

## Anexo 5. Costos de producción del tratamiento 5 (agua 100%)

N°	Descripción	Unidades de medida	Cantidad	Precio unitario (Bs)	Costo total (Bs)
<b>1</b>	<b>Preparación de estructuras</b>				<b>8,00</b>
	Armado	Jornal	0,1	40,00	4,00
	Limpieza y desinfección	Jornal	0,1	40,00	4,00
<b>2</b>	<b>Preparación para la siembra</b>				<b>8,00</b>
	Selección de semillas	Jornal	0,1	40,00	4,00
	Remojo y oreado	Jornal	0,1	40,00	4,00
<b>3</b>	<b>Insumos para el almacigo</b>				<b>4,50</b>
	Bandejas	Unidad	4	1,00	4,00
	Hipoclorito de sodio	Sachet	0.13	4,00	0,50
<b>4</b>	<b>Insumos para la siembra</b>				<b>7,79</b>
	Semilla de cebada	kg	1,0	7,00	7,79
<b>5</b>	<b>Labores culturales</b>				<b>0</b>
	Aplicación de solución de <i>jiri</i>	Jornal			0,00
	Cosecha	Jornal			0,00
<b>6</b>	<b>Insumos para labores culturales</b>				<b>0</b>
	Solución de <i>jiri</i>	Lt			0,00
	Regadera de solución de <i>jiri</i>	Unidad			0,00
<b>7</b>	<b>Otros</b>				<b>0,3</b>
	Agua	MI	0,01	3,5	0,3
<b>8</b>	<b>Costos de producción</b>				<b>28,59</b>

### Anexo 6. Obtención de *jiri*



Fuente: Propia



Fuente: Propia

### Anexo 7. Pre experimento



Fuente: Propia



Fuente: Propia

### Anexo 8. Dosificación de hipoclorito de sodio para desinfectar las semillas



Fuente: Propia



Fuente: Propia

### Anexo 9. Pesado, lavado y desinfección de semilla



Fuente: Propia



Fuente: Propia

### Anexo 10. Remojo y oreado de la semilla



Fuente: Propia



Fuente: Propia

### Anexo 11. Siembra de la semilla y cubierto con plástico negro de las bandejas



Fuente: Propia



Fuente: Propia

### Anexo 12. Descubierta de las bandejas y riego



Fuente: Propia



Fuente: Propia

### Anexo 13. Preparado de solución de *jiri*



Fuente: Propia



Fuente: Propia

#### Anexo 14. Niveles de solución de *jiri*



Fuente: Propia

#### Anexo 15. Crecimiento del FVH de cada uno de los tratamientos a los 9 días



Fuente: Propia



Fuente: Propia

### Anexo 16. Crecimiento del FVH de cada uno de los tratamientos a los 15 días



Fuente: Propia



Fuente: Propia

### Anexo 17. Cosecha y pesado de FVH



Fuente: Propia

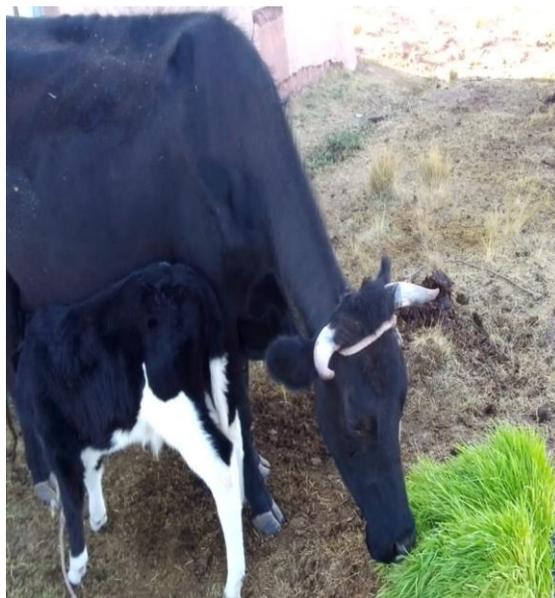


Fuente: Propia

### Anexo 18. Prueba de palatabilidad



Fuente: Propia



Fuente: Propia

## Anexo 19. Análisis bromatológico del valor nutritivo del FVH

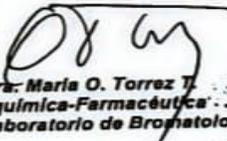
FACULTAD DE CIENCIAS FARMACEUTICAS Y BIOQUÍMICAS  
 INSTITUTO DE SERVICIOS DE LABORATORIO DE DIAGNOSTICO E INVESTIGACIÓN EN  
 SALUD (SELADIS)  
 LABORATORIO DE BROMATOLOGIA

	<b>INFORME DE RESULTADOS</b> <b>LABORATORIO DE BROMATOLOGIA</b>		<b>CODIGO:</b> 8626-9414	
<b>Informe N°:</b>	99 /2022			
<b>Producto:</b>	FORRAJE VERDE HIDROPONICO T-1			
<b>Marca:</b>	S/D	<b>Razón Social</b>	ELIZARDO POMA SIRPA	
<b>Procedencia</b>	MUNICIPIO DE TIHUNAKU, COMUNIDAD ACHACA			
<b>Muestreado</b>	ELIZARDO POMA SIRPA		<b>FECHA:</b> 2024/08/13	<b>HORA :</b> 14:00
<b>Fecha de recepción muestra:</b>	2024/08/14	<b>Fecha de emisión de resultados:</b>	2024/09/04	
<b>Fecha de inicio de ensayos:</b>	2024/08/15			

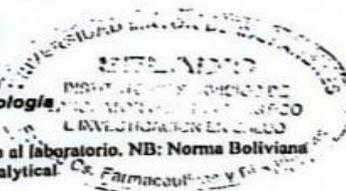
**RESULTADOS**

ENSAYO REALIZADO	UNIDADES	RESULTADOS OBTENIDOS	VALOR REFERENCIAL	METODO DE ENSAYO
VALOR ENERGÉTICO (base húmeda)	kcal/100g	127,93.-	SVR	CÁLCULO MATEMÁTICO
PROTEINA (base húmeda)	g /100g	1,38. -	SVR	KJELDHAL
EXTRACTO ETERIO (base húmeda)	g /100g	0,56. -	SVR	BARSHALL

NSD: No Se Detecta / SVR: Sin Valor de Referencia / EAA: espectro de absorción atómica / <LD menor al límite de detección (<0.01 mg/L). \* Valores referenciales del agua potable NB-512

  
 Dra. María O. Torrez T.  
 Bioquímica-Farmacéutica  
 Jefe de Laboratorio de Bromatología

Nota: Los resultados se refieren únicamente a la muestra que ingreso al laboratorio. NB: Norma Boliviana / AOAC: American Organization Analytical



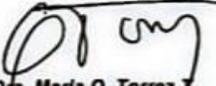
FACULTAD DE CIENCIAS FARMACEUTICAS Y BIOQUÍMICAS  
 INSTITUTO DE SERVICIOS DE LABORATORIO DE DIAGNOSTICO E INVESTIGACIÓN EN  
 SALUD (SELADIS)  
 LABORATORIO DE BROMATOLOGIA

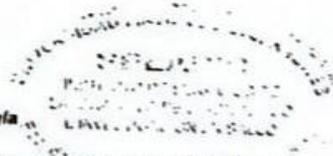
	<b>INFORME DE RESULTADOS</b> <b>LABORATORIO DE BROMATOLOGIA</b>	<b>CODIGO:</b> 8626-9414	
<b>Informe N°:</b>	101 /2022		
<b>Producto:</b>	FORRAJE VERDE HIDROPONICO T-2		
<b>Marca:</b>	S/D	<b>Razón Social</b>	ELIZARDO POMA SIRPA
<b>Procedencia</b>	MUNICIPIO DE TIHUNAKU, COMUNIDAD ACHACA		
<b>Muestreado</b>	ELIZARDO POMA SIRPA	<b>FECHA:</b>	2024/08/13 <b>HORA :</b> 14:00
<b>Fecha de recepción muestra:</b>	2024/08/14	<b>Fecha de emisión de resultados:</b>	2024/09/04
<b>Fecha de inicio de ensayos:</b>	2024/08/15		

**RESULTADOS**

ENSAYO REALIZADO	UNIDADES	RESULTADOS OBTENIDOS	VALOR REFERENCIAL	METODO DE ENSAYO
VALOR ENERGÉTICO (base húmeda)	kcal/100g	128,83.-	SVR	CÁLCULO MATEMÁTICO
PROTEINA (base húmeda)	g /100g	2,02. -	SVR	KJELDHAL
EXTRACTO ETHERIO (base húmeda)	g /100g	1,40. -	SVR	BARSHALL

NSD: No Se Detecta / SVR: Sin Valor de Referencia / EAA: espectro de absorción atómica /<LD menor al limite de detección (<0.01 mg/L), \* Valores referenciales del agua potable NB-512

  
 Dra. María O. Torrez  
 Bioquímica-Farmacéutica  
 Jefe de Laboratorio de Bromatología



Nota: Los resultados se refieren únicamente a la muestra que ingreso al laboratorio. NB: Norma Boliviana / AOAC: American Organization Analytical

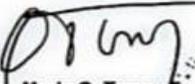
FACULTAD DE CIENCIAS FARMACEUTICAS Y BIOQUÍMICAS  
 INSTITUTO DE SERVICIOS DE LABORATORIO DE DIAGNOSTICO E INVESTIGACIÓN EN  
 SALUD (SELADIS)  
 LABORATORIO DE BROMATOLOGIA

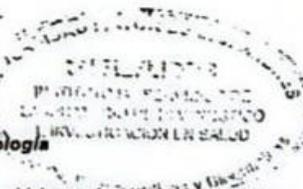
	<b>INFORME DE RESULTADOS</b> <b>LABORATORIO DE BROMATOLOGIA</b>	<b>CODIGO:</b> 8626-9414	
<b>Informe N°:</b>	100 /2022		
<b>Producto:</b>	FORRAJE VERDE HIDROPONICO T-3		
<b>Marca:</b>	S/D	<b>Razón Social</b>	ELIZARDO POMA SIRPA
<b>Procedencia</b>	MUNICIPIO DE TIHUNAKU, COMUNIDAD ACHACA		
<b>Muestreado</b>	ELIZARDO POMA SIRPA	<b>FECHA:</b>	2024/08/13 <b>HORA :</b> 14:00
<b>Fecha de recepción muestra:</b>	2024/08/14	<b>Fecha de emisión de resultados:</b>	2024/09/04
<b>Fecha de inicio de ensayos:</b>	2024/08/15		

**RESULTADOS**

ENSAYO REALIZADO	UNIDADES	RESULTADOS OBTENIDOS	VALOR REFERENCIAL	METODO DE ENSAYO
VALOR ENERGÉTICO (base húmeda)	kcal/100g	150,27.-	SVR	CÁLCULO MATEMÁTICO
PROTEINA (base húmeda)	g /100g	5,12	SVR	KJELDHAL
EXTRACTO ETERIO (base húmeda)	g /100g	1,42. -	SVR	BARSHALL

NSD: No Se Detecta / SVR: Sin Valor de Referencia / EAA: espectro de absorción atómica /<LD menor al límite de detección (<0.01 mg/L). \* Valores referenciales del agua potable NB-512

  
**Dra. María O. Torrez J.**  
 Bioquímica-Farmacéutica  
 Jefe de Laboratorio de Bromatología



Nota: Los resultados se refieren únicamente a la muestra que ingreso al laboratorio. NB: Norma Boliviana / AOAC: American Organization Analytical

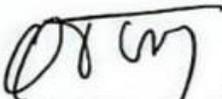
FACULTAD DE CIENCIAS FARMACEUTICAS Y BIOQUÍMICAS  
 INSTITUTO DE SERVICIOS DE LABORATORIO DE DIAGNOSTICO E INVESTIGACIÓN EN  
 SALUD (SELADIS)  
 LABORATORIO DE BROMATOLOGIA

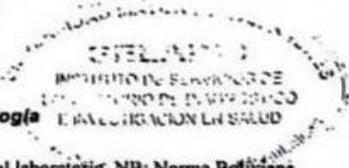
	<b>INFORME DE RESULTADOS</b> <b>LABORATORIO DE BROMATOLOGIA</b>	<b>CODIGO:</b> 8626-9414	
<b>Informe N°:</b>	102 /2022		
<b>Producto:</b>	FORRAJE VERDE HIDROPONICO T-4		
<b>Marca:</b>	S/D	<b>Razón Social</b>	ELIZARDO POMA SIRPA
<b>Procedencia</b>	MUNICIPIO DE TIHUNAKU, COMUNIDAD ACHACA		
<b>Muestreado</b>	ELIZARDO POMA SIRPA	<b>FECHA:</b>	2024/08/13 <b>HORA :</b> 14:00
<b>Fecha de recepción muestra:</b>	2024/08/14	<b>Fecha de emisión de resultados:</b>	2024/09/04
<b>Fecha de inicio de ensayos:</b>	2024/08/15		

**RESULTADOS**

ENSAYO REALIZADO	UNIDADES	RESULTADOS OBTENIDOS	VALOR REFERENCIAL	METODO DE ENSAYO
VALOR ENERGÉTICO (base húmeda)	kcal/100g	126,77.-	SVR	CÁLCULO MATEMÁTICO
PROTEINA (base húmeda)	g /100g	1,79. -	SVR	KJELDHAL
EXTRACTO ETERIO (base húmeda)	g /100g	0,42. -	SVR	BARSHALL

NSD: No Se Detecta / SVR: Sin Valor de Referencia / EAA: espectro de absorción atómica / <LD menor al límite de detección (<0.01 mg/L). \* Valores referenciales del agua potable NB-512

  
**Dra. María O. Torrez T.**  
 Bioquímica-Farmacéutica  
 Jefe de Laboratorio de Bromatología

  
 INSTITUTO DE SERVICIOS DE  
 LABORATORIO DE DIAGNOSTICO  
 E INVESTIGACION EN SALUD

Nota: Los resultados se refieren únicamente a la muestra que ingreso al laboratorio. NB: Norma Boliviana / AOAC: American Organization Analytical

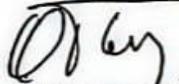
FACULTAD DE CIENCIAS FARMACEUTICAS Y BIOQUÍMICAS  
 INSTITUTO DE SERVICIOS DE LABORATORIO DE DIAGNOSTICO E INVESTIGACIÓN EN  
 SALUD (SELADIS)  
 LABORATORIO DE BROMATOLOGIA

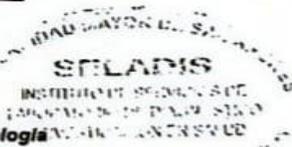
	<b>INFORME DE RESULTADOS</b> <b>LABORATORIO DE BROMATOLOGIA</b>	<b>CODIGO:</b> 8626-9414	
<b>Informe N°:</b>	103/2022		
<b>Producto:</b>	FORRAJE VERDE HIDROPONICO T-5		
<b>Marca:</b>	S/D	<b>Razón Social</b>	ELIZARDO POMA SIRPA
<b>Procedencia</b>	MUNICIPIO DE TIHUNAKU, COMUNIDAD ACHACA		
<b>Muestreado</b>	ELIZARDO POMA SIRPA	<b>FECHA:</b>	2024/08/13 <b>HORA :</b> 14:00
<b>Fecha de recepción muestra:</b>	2024/08/14	<b>Fecha de emisión de resultados:</b>	2024/09/04
<b>Fecha de inicio de ensayos:</b>	2024/08/15		

**RESULTADOS**

ENSAYO REALIZADO	UNIDADES	RESULTADOS OBTENIDOS	VALOR REFERENCIAL	METODO DE ENSAYO
VALOR ENERGÉTICO (base húmeda)	kcal/100g	129,36.-	SVR	CÁLCULO MATEMÁTICO
PROTEINA (base húmeda)	g /100g	1,37. -	SVR	KJELDHAL
EXTRACTO ETERIO (base húmeda)	g /100g	0,42. -	SVR	BARSHALL

NSD: No Se Detecta / SVR: Sin Valor de Referencia / EAA: espectro de absorción atómica /<LD menor al límite de detección (<0.01 mg/L),\* Valores referenciales del agua potable NB-512

  
 Dra. María O. Torres T.  
 Bioquímica-Farmacéutica  
 Jefa de Laboratorio de Bromatología

  
 SELADIS  
 INSTITUTO DE SERVICIOS DE  
 LABORATORIO DE DIAGNOSTICO E INVESTIGACIÓN EN  
 SALUD

Nota: Los resultados se refieren únicamente a la muestra que ingreso al laboratorio. NB: Norma Boliviana / AOAC: American Organization Analytical