

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



TESIS DE GRADO

**PRODUCCIÓN DE CEBADA (*Hordeum vulgare* L.) BAJO SISTEMA
HIDROPÓNICO, EN CUATRO SOLUCIONES NUTRITIVAS**

MARIO RUBEN MENDOZA ROJAS

La Paz, Bolivia

2009

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

**PRODUCCIÓN DE CEBADA (*Hordeum vulgare* L.) BAJO SISTEMA
HIDROPÓNICO, EN CUATRO SOLUCIONES NUTRITIVAS**

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

MARIO RUBEN MENDOZA ROJAS

TUTOR:

Ing. M. Sc. Jorge Pascuali Cabrera

ASESORES:

Ing. M. Sc. Hugo Bosque Sánchez

Ing. M. Sc. Hugo Mendieta Pedrazas

TRIBUNAL EXAMINADOR:

Ing. Victor Paye Huaranca

Ing. Eliseo Quino Mamani

Dr. Bernardo Solís Guerrero

Aprobada

Presidente Tribunal Examinador:

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a la
memoria de mi madre:
Martha Rojas Iturralde

AGRADECIMIENTOS

Agradezco:

A Dios, a mis padres Martha Rojas Iturralde y Mario Mendoza Narváez por darme la vida, salud, bienestar y educación.

A mis hermanos: Narda, Sonia, Andrea y en especial a Daniel por su apoyo.

A la Universidad Mayor de San Andrés y a la Facultad de Agronomía, por haberme formado.

A mi tutor.

Ing. M. Sc. Jorge Pascuali Cabrera, por su apoyo, sus consejos y su ayuda.

A mis asesores:

Ing. M. Sc. Hugo Bosque Sánchez, por su apoyo, sus consejos y su atención.

Ing. M. Sc. Hugo Mendieta Pedrazas, por sus lecciones, aportes y su colaboración.

Al Ing. Carlos Díaz Escobar, director nacional del SENAMHI, y su personal.

A los miembros del comité revisor, Ing. Victor Paye Huaranca, Ing. Eliseo Quino Mamani y en especial al Dr. Bernardo Solís Guerrero, por sus consejos y aportes para la elaboración del presente trabajo.

A todos mis maestros por mi formación.

A mis compañeros, amigos, estudiantes y trabajadores de de la Facultad de Agronomía.

PRODUCCIÓN DE CEBADA (*Hordeum vulgare* L.) BAJO SISTEMA HIDROPÓNICO, EN CUATRO SOLUCIONES NUTRITIVAS

AUTOR: Mario Ruben Mendoza Rojas
TUTOR: Ing. M. Sc. Jorge Pascuali Cabrera
ASESORES: Ing. M. Sc. Hugo Bosque Sánchez
Ing. M. Sc. Hugo Mendieta Pedrazas

RESUMEN

El presente estudio fue realizado en la zona de Humachua, localidad de Viacha, provincia Ingavi del departamento de La Paz, con el objetivo de evaluar cuatro soluciones nutritivas formuladas en base a fertilizantes disponibles en el mercado local para la producción de forraje hidropónico, como alternativa forrajera; considerando para ello como parámetros de respuesta los rendimientos de materia verde y seca, así como el valor nutricional del forraje producido por el uso de las diferentes soluciones nutritivas por tratamiento.

Para ello se utilizó semilla de Cebada CV. IVon de CEFO (La Violeta U.M.S.S.); el cultivo se realizó en estanterías de cuatro pisos de cultivo, la semilla fue desinfectada con hipoclorito de sodio, lavada y puesta en remojo para su imbibición, posteriormente se realizó su siembra en bandejas de 0.5 m², luego fueron cultivadas en un ambiente protegido en condiciones de alta humedad y luminosidad difusa, en el 3^{er} día brotan las hojas se riega con las soluciones nutritivas hasta el 7^{mo} día, con un consumo de solución nutritiva de 2 litros por bandeja, desde el 8^{vo} día al 11^{avo} en el que se realiza la cosecha, se riega con agua sola, bajo las condiciones del presente estudio se determinó un rendimiento de forraje de Cebada de 8.07 Kg. MV/m² (1.75 Kg. MS/ m²), 2.74 g de proteína por cada 100 gramos de forraje (13.2 % de proteína en MS)).

Del análisis de los resultados se concluye que el rendimiento de forraje es estadísticamente igual para todos los tratamientos, no siendo necesario el empleo de fertilizantes; aunque su uso eleva el valor nutritivo del forraje producido, según la estructura de costos se puede indicar que la producción de forraje hidropónico es más costosa que la producción de forraje convencional, debido a la exigencia en mano de obra.

PRODUCTION OF BARLEY (*Hordeum vulgare* L.) UNDER HYDROPONICS SYSTEM, IN FOUR NUTRITIOUS SOLUTIONS

AUTHOR: Mario Rubbn Mendoza Rojas
TUTOR: Ing. M. Sc. Jorge Pascuali Cabrera
ADVISE: Ing. M. Sc. Hugo Hugo Bosque Sánchez
Ing. M. Sc. Hugo Mendieta Pedrazas

SUMMARY

This present study took place in the Umachua's zone; it is a Viacha's town. It is situated to 32 kilometers from La Paz city. With the objective of evaluate four formulated nutritious solutions through available fertilizers in the local shops which are dedicated to production of fodder. How fodder option.

Taking how parameter of response the green and dried material's performance, that is the fodder's default value nutritional produced by the used of the different nutritive solutions by treatment.

For that was used barley seed CV. Ibon de CEFO (la violeta U.M.S.S.); the crop was made on shelves of four flours. Seed was disinfected whit sodium hypochlorite; these were washed and soaking for their inhibition. After that they were sowed on trays of 0.5 m², and then they were grown up in a protected environment that maintain conditions of high moisture and diffuse brightness. In the second day bring the sleeves up. These were showered nutritive solutions until the seventh day, with two litters of nutritive solution of consumption per tray. Since the eighth day to eleventh day on was made the harvest. It was showered with water only. Under the conditions of the present study was determined an performance of barley fodder around 8.07 kg. MV/M² (1.75 Kg. MS/m²), 2.74 g of protein per each 100 g of fodder (13.2% MS).

Of the analysis of the results you concludes that the forage yield is statistically equal for all the treatments, not being necessary the employment of fertilizers; although its use elevates the nutritious value of the produced forage, according to the structure of costs you can indicate that the production of forage hydroponics is but expensive that the production of conventional forage, due to the demand in worker.

CONTENIDO GENERAL

	Página.
DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTOS	iii
CONTENIDO GENERAL	iv
CONTENIDO DE CUADROS	vii
CONTENIDO DE FIGURAS	viii
RESUMEN	x
SUMMARY	xi
1. INTRODUCCIÓN	1
OBJETIVO GENERAL	2
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	2
HIPÓTESIS	2
2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	3
2.1. Cultivos sin suelo	3
2.2. Hidroponía	3
2.3. Hidroponía de alta tecnología	4
2.3. Hidroponía simplificada	4
2.4. El forraje hidropónico	5
2.4.1. Los forrajes	5
2.4.2. Antecedentes del cultivo de forraje hidropónico	5
2.4.3. El forraje verde hidropónico	6
2.4.4. Justificación del cultivo de forraje hidropónico	6
2.5. Ventajas y desventajas del forraje hidropónico.	7
2.5.1. Ventajas:	7
2.5.2. Desventajas:	9
2.6. Caracteres alimenticios y nutricionales del forraje hidropónico.....	9
2.6.1. Clases de alimentos.....	9
2.6.2. Nutriente.....	10
2.6.3. Clasificación de los nutrientes.....	10
2.6.4. Valoración nutritiva de los alimentos.....	11

2.7. Producción de forraje verde hidropónico.....	12
2.8. Factores en la producción de forraje hidropónico.....	13
2.9. Soluciones nutritivas.....	17
2.9.1. Elementos nutrientes utilizados por las plantas.....	18
2.9.2. Fertilizantes usados en hidroponía.....	18
2.9.3. Propiedades de los fertilizantes.....	19
2.9.4. Riqueza o concentración de un fertilizante.....	20
2.9.5. Características de los fertilizantes utilizados.....	21
2.9.5.1. Urea.....	21
2.9.5.2. Nitrato potásico.....	21
2.9.5.3. Nitrato cálcico.	22
2.9.5.4. Sulfato magnésico.	22
2.9.5.5. Fosfato diamónico.	22
2.9.5.6. Cloruro potásico.	22
2.9.5.7. Fuentes de micronutrientes.	23
2.9.7. Formulación de la solución nutritiva.	23
2.10. El cultivo de la cebada.	24
2.11. Importancia de la cebada.	24
2.12. Valor nutritivo de la cebada forrajera.	26
2.13. Requerimientos agro ecológicos de la cebada.	27
2.13.1. Requerimientos de la cebada en campo.	27
2.13.2. Requerimientos de la cebada bajo sistema Hidropónico.....	27
2.14. Requerimientos nutritivos de la cebada.	28
2.14.1. Requerimientos nutritivos de la cebada en campo.	28
2.14.2. Requerimientos nutritivos de la cebada bajo sistema hidropónico... ..	28
2.14.3. Requerimientos hídricos de la cebada bajo sistema hidropónico....	29
2.15. Costos de Producción del forraje hidropónico.	29
3. MATERIALES Y MÉTODOS.	30
3.1. Ubicación.	30
3.2. Características climáticas de la zona de estudio.....	31
3.4. Materiales y equipos.	32
3.4.1. Ambiente Hidropónico.	32

3.4.2. Material Biológico.	32
3.4.4. Fertilizantes.	33
3.4.5. Material de cultivo e instrumentos de medición.	33
3.4.6. Material de escritorio.	34
3.5. Métodos.	34
3.5.1. Procedimiento experimental.	34
3.5.2. Diseño experimental.	36
3.5.3. Modelo lineal aditivo.	38
3.5.4. Croquis del diseño experimental.	39
3.5.5. Comparación de medias.	39
3.6. Variables de respuesta.	40
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	41
4.1. Caracteres climáticos.	41
4.2. Calidad del agua de riego.	42
4.3. Características de los fertilizantes utilizados.	43
4.4. Calidad de la semilla.	44
4.5. Rendimiento de forraje hidropónico.	44
4.6. Valor nutritivo del forraje hidropónico.	47
4.6.1. Contenido de cenizas.	48
4.6.2. Contenido de fibra cruda.	50
4.6.3. Contenido de Grasa.	51
4.6.4. Contenido de hidratos de carbono.....	53
4.6.5. Contenido de proteína cruda.....	54
4.6.6. Valor energético.....	57
4.7. Índice de conversión de semilla en materia seca.....	58
4.8. Costos de producción.....	60
4.8.1. Costos fijos.....	60
4.8.2. Costos variables.....	61
5. CONCLUSIONES.....	62
6. RECOMENDACIONES.....	63
7. BIBLIOGRAFÍA.....	64
ANEXO.....	71

CONTENIDO DE CUADROS

Numero	Página.
1. Gasto de agua para la producción de forraje en condiciones de campo y en condiciones hidropónicas.....	7
2. Clasificación de los alimentos por su uso.....	10
3. Límites máximos de contenido de sales en el agua para hidroponía.....	16
4. Categorización de la dureza del agua.....	16
5. Superficie cultivada de Cebada en Bolivia.....	24
6. Composición de la cebada en % de materia seca en verde y como paja.....	26
7. Comparación bromatológica de la cebada en diferentes formas.....	26
8. Extracción de nutrientes del suelo del cultivo de la cebada en Kg/Ha.....	28
9. Fuentes de nutrientes y concentración del tratamiento 1.....	36
10. Fuentes de nutrientes y concentración del tratamiento 2.....	37
11. Fuentes de nutrientes y concentración del tratamiento 3.....	37
12. Fuentes de nutrientes y concentración del tratamiento 4.....	38
13. Análisis físico químico del agua utilizada en el ensayo.....	42
14. Características de los fertilizantes utilizados.....	43
15. Riqueza de nutrientes en el Fetrilon Combi®.....	43
16. Rendimiento de forraje hidropónico.....	44
17. Análisis de Varianza en (Kg MV/m ²) de forraje hidropónico.....	45
18. Análisis de Varianza en Kg MS/m ² de forraje hidropónico de Cebada.....	45
19. Valor nutritivo del forraje hidropónico en materia seca.....	48

20. Análisis de Varianza en % de ceniza en materia seca.....	49
21. Análisis de Varianza en % de Fibra en materia seca.....	50
22. Análisis de Varianza % de Grasa en materia seca.....	49
23. Análisis de Varianza % de carbohidratos en materia seca.....	54
24. Análisis de Varianza % de proteína en materia seca.....	55
25. Análisis de Varianza en Kcal/100 g de forraje hidropónico de Cebada.....	58
26. Relación de la cantidad de forraje en materia seca producido por unidad de semilla.....	59
27. Costos de producción del forraje hidropónico.....	60

CONTENIDO DE FIGURAS

Numero.	Página.
1. Componentes del Análisis Bromatológico de los alimentos.....	11
2. Compatibilidad de los fertilizantes.....	20
3. Localización de la zona de Humachua.....	30
4. Temperatura promedio anual de la zona de estudio.....	31
5. Ambiente Hidropónico.....	32
6. Croquis experimental.....	39
7. Temperaturas Máximas, Mínimas y Humedad Ambiental registradas en el Ambiente Hidropónico durante el periodo de estudio.....	41

1. INTRODUCCIÓN.

El agricultor del altiplano tiene la práctica agrícola el dejar en el campo sus cultivos forrajeros hasta su completa madurez fisiológica, para obtener su propia semilla, del mismo cultivo aprovecha la paja como base de la dieta de su ganado, complementada con pastoreo y asigna una menor superficie de su propiedad para el cultivo exclusivo de forrajeras, además le resulta dificultosa y riesgosa la conservación de forrajes en forma de heno o forma de ensilaje, debido a la ocurrencia de lluvias en la época de cosecha o segado, por los costos elevados en maquinaria y construcciones que requiere el ensilado, situación que es una limitante para el ganadero, por la baja disponibilidad de forraje nutritivo.

Una manera de afrontar este problema es a través de la generación y difusión de alternativas forrajeras, como es la producción de forraje hidropónico, que generalmente suele usarse la Cebada, en ambientes protegidos y rústicos de bajo costo, con insumos económicos y fáciles de conseguir, llegando a aprovechar sus propias semillas, lo que permitiría sostener una producción intensiva de forraje de buena calidad independientemente del clima y/o época del año.

El cultivo hidropónico requiere de una combinación precisa de diferentes compuestos químicos que pueden contener todos los nutrientes esenciales disueltos en agua, formando las llamadas "soluciones nutritivas"; las formulaciones de las mismas requieren de fertilizantes que no se hallan en el mercado o resultan peligrosos y son costosos, que solo se llegan a comercializar en cantidades apreciables.

Por lo indicado para el cultivo de forraje hidropónico es necesaria la generación de soluciones nutritivas prácticas y apropiadas a las condiciones y disponibilidades locales del altiplano, con fertilizantes disponibles y económicos, aprovechando las experiencias que se tienen en esta técnica y tratando de ofrecer otras alternativas productivas al agricultor boliviano, como pretende ser el objetivo del presente estudio.

OBJETIVO GENERAL.

- Evaluar cuatro soluciones nutritivas en la producción de cebada forrajera bajo sistema hidropónico.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

- Determinar los rendimientos de forraje hidropónico en materia seca.
- Identificar las características nutricionales de la cebada hidropónica.
- Analizar los costos de producción de forraje hidropónico a diferentes soluciones.

HIPÓTESIS.

Ho: No existen diferencias significativas en el rendimiento, ni en las características nutritivas, como también en los costos de producción para los diferentes tratamientos del presente estudio.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.

2.1. Cultivos sin suelo.

Según Abad, (1995) se entiende por cultivo sin suelo aquel en el que la planta desarrolla su sistema radicular en un medio sólido o líquido y esta siempre confinado a un espacio limitado y aislado, fuera del suelo.

El mismo autor clasifica desde un punto de vista práctico a los cultivos sin suelo en:

- Cultivos hidropónicos: aquellos que se realizan por adición de nutrientes en agua o sobre materiales inertes.
- Cultivos en sustrato: se efectúan sobre materiales químicamente activos.
- Para Resh, (1988) otra forma de cultivo sin suelo es la Aeroponía en esta técnica las raíces suspendidas en el aire son asperjadas “atomizadas” con la solución nutritiva cada cierto tiempo.

2.2. Hidroponía.

La palabra hidroponía proviene del griego *υωδρ* (*Hydro*) que significa agua y *πονοξ* (*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, etc.), 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 y Escalante. 1988).

En consecuencia los cultivos hidropónicos según Sánchez, (2004) son aquellos que se realizan por adición de nutrientes en agua o sobre materiales inertes

Cuando las raíces de la planta se sumergen solo en agua, presenciamos la hidroponía pura, uno de los primeros métodos utilizados; después evoluciona con implementos y variaciones, pero con el mismo principio: una solución nutritiva entra en contacto con las raíces y ningún otro sustrato (Abad, 1995).

2.3. Hidroponía de alta tecnología.

Para Caldeiro, *et al.*, (2003).el cultivo hidropónico está orientado al mercado, para maximizar la relación costo/beneficio del empresario, por la venta de su producción, emplea alta tecnología e inversión, con poca mano de obra, generalmente se ubica en áreas rurales

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, 1995).

2.3. Hidroponía simplificada.

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

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 EU, Europa,

Australia, su objetivo principal, es que la familia pueda auto alimentarse y generar algún pequeño ingreso. Se adapta a poblaciones carenciadas, ya que emplea una tecnología sencilla, requiere poca inversión y utiliza mano de obra familiar (Caldeiro, *et al.* 2003).

2.4. El forraje hidropónico.

2.4.1. Los forrajes.

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

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 (Calderón, 2001).

2.4.2. Antecedentes del cultivo de forraje hidropónico.

Sobre el final del siglo XI, John Woodward produjo germinaciones de granos utilizando aguas de diferentes orígenes y comparó diferentes concentraciones de nutrientes para el riego de los granos así como la composición del forraje resultante (Ñíguez, 1988).

Para Sánchez, (2005) 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.

2.4.3. El forraje verde hidropónico.

En la práctica, 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).

El FVH es un sistema de producción de biomasa vegetal de alta sanidad y calidad nutricional producido muy rápidamente (9 a 15 días), en cualquier época del año y en cualquier localidad geográfica, siempre y cuando se establezcan las condiciones mínimas necesarias para ello. La tecnología es complementaria y no competitiva a la producción convencional de forraje a partir de especies aptas (avena, cebada, mezclas de trébol y gramíneas, alfalfa, etc.) para cultivo forrajero convencional (Izquierdo, 2004).

2.4.4. 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).

Por tanto, Arano, (1998) recomienda la producción de forraje verde hidropónico para la alimentación de ganado bajo las siguientes circunstancias:

- Cuando los pastizales son pobres o no existen.
- En zonas áridas o ubicadas en una latitud extrema.

- En tierras inadecuadas, pobres y de campos deficientes o tierras costosas.
- Para reducir el excesivo desgaste de los animales por caminatas extensas.
- Cuando se destina la tierra fértil a actividades de mayor rédito económico.
- En periodos de necesidad de forrajes como en una emergencia ambiental.

2.5. Ventajas y desventajas del forraje hidropónico.

2.5.1. Ventajas:

- En el sistema de producción de forraje hidropónico las pérdidas de agua por evapotranspiración, escurrimiento superficial e infiltración son mínimas al comparar con las condiciones de producción convencional en especies forrajeras (Sánchez, 1997).

En el cuadro 1, se muestran las diferencias en gasto de agua en forraje hidropónico (FVH) y forraje tradicional.

Cuadro 1. Gasto de agua para la producción de forraje en condiciones de campo y en condiciones controladas.

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

Fuente: Carambula y Terra, (2000)

- Hidalgo, (1985) indica que con respecto a la eficiencia del uso del espacio indica que el sistema de producción de FVH puede ser instalado en forma modular en la dimensión vertical lo que optimiza el uso del espacio útil.
- La producción de FVH apto para alimentación animal tiene un ciclo de 10 a 15 días, a pesar que el óptimo definido por varios estudios científicos, no puede extenderse más allá del día 12. Aproximadamente a partir de ese día se inicia un marcado descenso en el valor nutricional del FVH (Hidalgo, 1985).
- Según Sánchez, (1997) el FVH producido representa un forraje limpio e inocuo, asegurando la ingesta de un alimento conocido por su valor alimenticio y su calidad sanitaria, también señala que a través del uso del FVH los animales no comerán hierbas o pasturas indeseables que dificulten o perjudiquen los procesos de metabolismo, absorción o producción.
- Arano (1998) sostiene que las inversiones necesarias para producir FVH dependerán del nivel y de la escala de producción; además señala que, esta técnica es una alternativa y económicamente viable que merece ser considerada por los pequeños y medianos productores
- Para Dosal (1987) la gran ventaja que tiene este sistema de producción es su significativo bajo nivel de costos fijos en relación a las formas convencionales de producción de forrajes. Al no requerir de maquinaria agrícola para su siembra y cosecha, el descenso de la inversión resulta evidente.
- El forraje hidropónico se puede obtener en los volúmenes que se desee, en un espacio mínimo y con poca inversión en relación a la producción de forrajes frescos convencionales como el ensilado y heno, el hecho de que este forraje se obtenga en terreno reducido y permite su instalación en pequeñas explotaciones (Sánchez, 2005).

2.5.2. Desventajas:

- Una desventaja que presenta este sistema es el elevado costo de implementación (Morales, 1987).
- La falta de conocimientos e información.
- Es una actividad continua y exigente en cuidados, lo que implica un compromiso concreto del productor (Marulanda e Izquierdo, 1998).

2.6. Caracteres alimenticios y nutricionales del forraje hidropónico.

El contenido, estado y la proporción de proteína, energía, hidratos de carbono y fibras de un alimento determina la calidad nutricional de este último (Cañas, 1995) y el valor nutritivo, de un alimento según Boada, (1998) está dado por su contenido en nutrientes y su grado de aceptación por parte del animal

2.6.1. Clases de alimentos.

Se denomina alimento a cualquier producto que presenta un valor nutritivo para la dieta utilizado adecuadamente (Cañas, 1995).

Los alimentos pueden tener diferentes fuentes de origen natural ya sea animal, vegetal, microbiano o mineral como el agua y la sal o preparado artificialmente como las vitaminas, pigmentos, antibióticos, hormonas (Church y Pond 1992).

En el cuadro 2, se resume la clasificación mas común de los alimentos por su uso.

Cuadro 2. Clasificación de los alimentos por su uso.

Clase de alimento	Principales fuentes
Alimentos básicos	Maíz, trigo, cebada, arroz, avena, salvados, etc.
Fibra Bruta <18 % Proteína cruda < 20%	Miel rica, miel.
	Azúcar crudo.
Alimentos concentrados Proteínicos PB > 20% Fibra Bruta <18 %	Origen vegetal: Tortas de semillas oleaginosas: Soya, algodón, girasol.
	Origen animal: Harina de pescado, sangre, leche deshidratada.
	Origen microbiano: Levadura de cerveza.
Alimentos voluminosos Fibra Bruta >18 %	Pastos y forrajes verdes H ^o >40 %
	Ensilaje
	Heno
	Pajas, cáscaras y vainas
Aditivos	Minerales, vitaminas, pigmentos y antibióticos

Fuente: Boada (1998)

2.6.2. Nutriente.

Un nutriente es un elemento constitutivo de las sustancias alimenticias, ya sean de procedencia vegetal o animal, que ayuda a mantener la vida. Un nutriente puede ser un elemento simple como el hierro o el cobre o puede ser un compuesto químico complicado como el almidón o la proteína, compuesto de muchas unidades diferentes (Church y Pond 1992).

2.6.3. Clasificación de los nutrientes.

De acuerdo a Cañas (1995) los nutrientes se pueden clasificar en:

- Según su origen en: Orgánicos (Carbohidratos, Grasas, Proteínas, Vitaminas), e Inorgánicos (Agua, Sales minerales).
- Según su misión principal: Energéticos (carbohidratos y lípidos), Plásticos y energéticos (proteínas), biorreguladores (macroelementos minerales).

2.6.4. Valoración nutritiva de los alimentos.

La composición química de los alimentos Indica la cantidad de nutrientes orgánicos y minerales presentes (aunque no de su disponibilidad para el animal), así como la existencia de factores o constituyentes que influyen negativamente sobre la calidad (Church, 1988).

2.6.4.1. Análisis bromatológico

El análisis bromatológico es el más utilizado para determinar las sustancias alimenticias, puede presentarse como el esquema químico utilizado frecuentemente para la descripción de un alimento, aunque este análisis posee limitaciones como indicador de propiedades nutritivas (Boada, 1998). Investigadores de la Estación Experimental de *Weende* (Alemania) presentan el siguiente esquema:

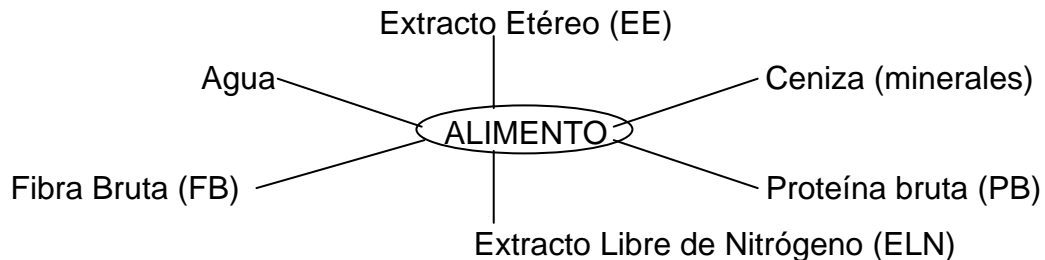


Figura 1. Componentes del Análisis Bromatológico de los alimentos.

2.6.4.2. Análisis proximal.

Estos análisis indican el contenido de humedad, proteína cruda (nitrógeno total), fibra cruda, lípidos crudos, ceniza y extracto libre de nitrógeno en la muestra. Los análisis comprendidos dentro de este grupo, también conocido como análisis proximales *Weende*, se aplican en primer lugar a los materiales que se usarán para formular una dieta como fuente de proteína o de energía y a los alimentos terminados, como un control para verificar que cumplan con las especificaciones o requerimientos establecidos durante la formulación (FAO, 2007).

2.7. Producción de forraje verde hidropónico.

Gallardo & Asociados, (2007) afirman, que solo un ambiente con mucho control ambiental y sobre todo baja oscilación térmica, puede servir para la producción de forraje hidropónico durante los 365 días del año; además no requiere el uso de energía eléctrica.

Para Sánchez, (2001) la localización de una construcción para producción de FVH no presenta grandes requisitos. Las instalaciones hidropónicas pueden ser clasificadas en:

- Instalaciones populares

Según Marulanda & Izquierdo, (1998) las instalaciones populares consisten en una estructura artesanal compuesta de palos o cañas, revestida de plástico transparente común. El piso es de tierra y las estanterías para la siembra y producción del FVH son construidas con palos, cañas y restos de madera de envases o desechos de aserraderos; por la calidad de los materiales, se presentan hasta 3 pisos o niveles de producción.

- Estructuras o recintos en desuso.

Comprende instalaciones industriales en desuso, antiguos criaderos de pollos, galpones vacíos, viejas fábricas, casas abandonadas, etc. Los rendimientos en este tipo de instalaciones suelen ser superiores a las instalaciones populares por el mejor control ambiental logrado y el mayor número (hasta 7) de pisos de producción (Marulanda & Izquierdo, 1998).

- Estructuras Modernas o de alta tecnología.

Para Sánchez (2001), la estructura de producción son “containers” cerrados, totalmente automatizadas y climatizadas. Las instalaciones de este tipo pueden ser de construcción de albañilería hecha en el lugar, prefabricadas o importadas directamente como unidades de producción o “fábricas de forraje”, que alcanzan un costo de 221 US\$ por metro cuadrado.

2.8. Factores en la producción de forraje hidropónico.

Los principales factores que condicionan en la mayoría de las veces, el éxito o fracaso de un emprendimiento hidropónico son fundamentalmente:

- Calidad de la semilla.

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

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 (Marulanda & Izquierdo, 1998).

- Iluminación.

Al comienzo del ciclo de producción de FVH, la presencia de luz durante la germinación de las semillas no es deseable por lo que, hasta el tercer o cuarto día de sembradas, las bandejas, deberán estar en un ambiente de luz muy tenue (Marulanda & Izquierdo, 1998).

Gallardo, (1997) coincide que el ambiente debe permitir el paso de buena cantidad de luz difusa, evitando la llegada de radiación directa a los cultivos, en especial entre las 10:00 a 15:00 Hrs.

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 lo cual es muy característico y por lo tanto complete su riqueza nutricional óptima (Marulanda & Izquierdo, 1998).

- Temperatura.

La temperatura debe mantenerse estable, y en todo caso sobre los 3°C y debajo de los 25°C (Gallardo, 1997).

El rango óptimo para producción de FVH según Schneider, (1991).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 esta entre los 18°C a 21°C.

- Humedad ambiental.

La humedad relativa del recinto de producción no puede ser inferior al 90%. Valores mayores al 90% 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).

La compatibilización del porcentaje de humedad relativa con la temperatura óptima es una de los aspectos claves para lograr una exitosa producción de FVH. (Schneider, 1991).

Por ello Gallardo, (1997) recomienda una humedad superior a 70%.

- Calidad del agua de 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 me/L; aniones: nitratos, bicarbonatos, carbonatos, cloruros, sulfatos en me/L y boro en ppm. (Red Hidroponía. 2003)

Según Ramos (1999) los criterios en el uso de aguas son: i) contenido en sales y elementos fitotóxicos (sodio, cloro y boro); ii) contenido de patógenos; iii) concentración de metales pesados; y iv) concentración de nutrientes y compuestos orgánicos.

- 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 p.p.m. de sales totales, no poseen apreciación significativa en la solución nutritiva; por otro lado un contenido de cloruro sódico superior a las 50 p.p.m. en el agua de riego no es aconsejable porque disminuye el ritmo de crecimiento de la planta.

Ramos (1999) sostiene que el agua debe estar entre 50 – 150 miligramos por litro de agua e indica que aguas con CE menores a 1,0 serían las más aptas para preparar nuestra solución de riego.

En el cuadro 3, se muestran los límites máximos de contenido de sales en el agua para su uso en hidroponía.

Cuadro 3. Límites máximos de contenido de sales en el agua para hidroponía.

Sal	Concentración
Cloro libre	<5 p.p.m
Boro, Flúor y Manganeso	<2 p.p.m.
Sodio	<10 p.p.m.
CE	< 1,0 mS/cm

Fuente: www.alfinal.com

- Dureza del agua.

La cantidad de carbonatos de Calcio y Magnesio presentes en el agua determinan la “dureza del agua” (Ramos. 1999). En el cuadro 4, se da la clasificación del agua según su dureza.

Cuadro 4. Categorización de la dureza del agua.

Dureza	Dureza Total mg/L
agua blanda	0-75
agua semidura	75-150
agua dura	151-300
agua muy dura	>300

Fuente: Boletín 18, Red Hidroponía, (2003)

Si se utiliza una concentración normal de nutrientes con agua dura de acuerdo con Rodríguez (1982), los niveles de calcio y magnesio serán tan altos que el nutriente se desbalanceará. Otro problema adicional con el bicarbonato es que muestra un pH alcalino, y cuando se encuentra en la solución nutritiva el pH se incrementará por encima del rango recomendado. Al respecto Ramos (1999),

recomienda que el agua a usarse no debe superar los 100 miligramos de carbonato de calcio por litro.

- Potencial de hidrogeniones (pH).

El valor de pH del agua de riego debe oscilar entre 5.2 y 7 las semillas utilizadas (cereales mayormente) usualmente en FVH, no se comportan eficientemente por encima del valor 7 (Ramos. 1999).

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 (www.fertiberia.com).

- Contenido de microorganismos patógenos.

La norma bacteriológica de calidad establece que el agua debe estar exenta de patógenos de origen entérico y parasitario intestinal que son los responsables de transmitir enfermedades como *salmonelosis*, *shigelosis*, *amebiasis*, etc.(OPS.98).

2.9. Soluciones nutritivas.

En el cultivo tradicional, el agua disuelve los elementos nutritivos presentes en el suelo; así se obtiene el líquido nutritivo que las plantas absorben. En el sistema hidropónico de cultivos, el agua es preparada de manera artificial y se le conoce como **solución nutritiva**, que consta de sales minerales disueltas en agua y en ella se regula el pH, en caso necesario (Izquierdo, 2002).

En hidroponía, las necesidades nutrimentales que tienen las plantas son satisfechas con los nutrimentos que se suministran en la solución nutritiva. La cantidad de nutrimentos que requieren las plantas depende de la especie, la variedad, la etapa fenológica y las condiciones ambientales (Rodríguez, 1982).

Según Steiner, (1961) las soluciones nutritivas consisten en agua con oxígeno y los nutrimentos esenciales en forma iónica. Algunos compuestos orgánicos como los quelatos de hierro forman parte de la solución nutritiva, la misma debe ser una solución verdadera, todos los iones se deben encontrar disueltos.

Existen muchas fórmulas de soluciones nutritivas, lo importante es utilizar aquella fórmula que se pueda preparar con fertilizantes que se pueden conseguir sin dificultad, la finalidad es reducir los costos de producción y permitir una producción sostenida (Red Hidroponía. 2002).

2.9.1. Elementos nutrientes utilizados por las plantas.

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).

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, etc. los denominados macronutrientes, se encuentran siempre presentes en por lo menos un gramo por kilogramo de materia seca (Salisbury y Ross, 1994).

2.9.2. Fertilizantes usados en hidroponía.

Cualquier abono 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).

Sánchez (2004), señala que 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 mas alto que lo recomendado.

La Red Hidroponía (2000), recomienda que los micronutrientes sean suministrados como quelatos, los cuales son menos afectados en su disponibilidad por cambios en el pH de la solución.

Usualmente el boro se suministra como ácido bórico o bórax, el bórax se disuelve con más rapidez, en tanto el molibdeno es abastecido como molibdato de sodio o molibdato de amonio (Sánchez, 2004)

2.9.3. Propiedades de los fertilizantes.

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

2.9.3.1. 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).

2.9.3.2. 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).

2.9.3.3. 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, lo 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).

2.9.3.4. Compatibilidad de los fertilizantes.

La compatibilidad de los fertilizantes figura 2, determina la estabilidad y disponibilidad de los nutrientes en las soluciones nutritivas en hidroponía y fertirriego.

NITRATO POTASIO					
C	NITRATO CALCIO				
C	C*	UREA			
C	I	C	FOSFATO DIAMÓNICO		
C	C	C	C	CLORURO POTASIO	
C	I	C	I**	C	SULFATO MAGNESIO
C	C	C	C	C	ACIDO BÓRICO

I Incompatible

C Compatible

C* Compatible en una solución, pero incompatible en solución de NPK solubles.

I** Incompatible por su alto pH, si se agrega ácido nítrico o fosfórico, es compatible.

Figura 2, Compatibilidad de los fertilizantes utilizados en hidroponía según: www.misti.com.pe

2.9.4. 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 y en el siguiente orden: (Infoagro, 2007).

N, P₂O₅, K₂O, CaO, MgO, SO₃, B, Cl, Co, Cu, Fe, Mn, Mo, Zn, para todas las formas del elemento nutriente (Infoagro, 2007).

2.9.5. Características de los fertilizantes utilizados.

Las particularidades de empleo y los valores estándar de los fertilizantes usados en el presente estudio se detallan a continuación: (Cepeda, 1991).

2.9.5.1. Urea.

Las plantas absorben nitrato (NO₃⁻) y amonio (NH₄⁺) pero no nitrito (NO₂⁻). Se recomienda una relación de 3 nitrato: 1 amonio. La concentración óptima de nitrógeno es de 200 ppm o 200 mg/L. Por lo tanto, de esta concentración 150 ppm debería estar aportado por nitrato y 50 ppm por amonio (La Molina, 2007).

Es muy utilizado en fertirrigación de cultivos en suelo, su riqueza es de (46% N como norma general el contenido de biuret debe ser inferior al 0,3 % por su empleo en fertirrigación (Infoagro, 2006).

2.9.5.2. Nitrato potásico.

Constituye la fuente potásica más utilizada, su ley es de (13-46-0). Frecuentemente se cubren las necesidades del potasio con el uso exclusivo de este fertilizante. Una disolución de 0,5 g/l en agua pura presenta una C.E. de 693 mS/cm, es decir, muestra incremento en la C.E. relativamente elevados. (Infoagro, 2006).

2.9.5.3. Nitrato cálcico.

Es un fertilizante muy utilizado, su riqueza es de (15,5% N y 27% CaO). El suministro de cantidades de calcio adicionales al contenido presente en el agua de riego resulta a veces beneficioso ante excesos relativos de sodio y de magnesio o para prevenir fisiopatías ocasionadas por deficiencias cálcicas. Una pequeña parte de su nitrógeno está en forma amoniacal y puede ser suficiente para cubrir las exigencias de esta forma nitrogenada en cultivos hidropónicos en situaciones de gran demanda. Una disolución de 0,5 g/l presenta una C.E. de 605 mS/cm, muestra niveles medios de incrementos de C.E. (Infoagro, 2006).

2.9.5.4. Sulfato magnésico

Es la fuente de magnesio generalmente utilizada (16% MgO y 31% SO₃), ya que se aporta el magnesio adicional necesario sin modificar el equilibrio NPK. Una disolución de 0,5 g/l tiene una CE de 410 mS/cm, es un abono que provoca incrementos de la CE bajos. (Infoagro, 2006).

2.9.5.5. Fosfato diamónico.

Es el abono fosfatado (18% N y 46% P₂O₅) sólido más empleado en fertirrigación. En cultivos hidropónicos su uso está limitado ya que la totalidad de su nitrógeno está en forma amoniacal, en el suelo, su empleo está siendo cada vez más desplazado por la utilización de ácido fosfórico como fuente de fósforo. Una disolución de 0,5 g/l muestra una C.E. en el agua pura de 455 mS/cm, es decir, provoca incrementos bajos de la C.E. (Infoagro, 2006).

2.9.5.6. Cloruro potásico.

Fertilizante barato y de gran riqueza en K (60% K₂O), con lo que su uso queda restringido a aguas de buena calidad, con niveles de cloruros nulos o muy bajos, o bien a situaciones en que se da prioridad al precio del abono. Una disolución de 0,5 g/l

presenta una CE de 948 mS/cm, provoca incrementos de CE muy altos (Infoagro, 2006).

2.9.5.7. Fuentes de micronutrientes.

Como fuente de micronutrientes se pueden usar fertilizantes foliares que en cuya formulación estén presentes micronutrientes que además suelen venir como quelatos (Barros, 1999).

Fetrilon Combi 2 y Fetrilon Combi 2C son fertilizantes de alta solubilidad y fácilmente asimilables, contienen todos los micros nutrientes esenciales para las plantas. Su uso principal es vía foliar, pueden usarse también en fertirriego y en mezclas con sustratos., al estar quelatizados con EDTA, son compatibles con la mayoría de los productos fitosanitarios de uso común. (COMPO. AGROChile. 2006).

Para hacer viable la hidroponía y bajar los costos al mínimo, se puede emplear Fetrilon Combi, aunque, no aporta la concentración óptima de boro y hierro, por ello se hace necesario agregar ácido bórico y un quelato de hierro a la formulación (Red Hidroponía, 2001).

2.9.7. Formulación de la solución nutritiva

Es recomendable el análisis químico del agua para determinar su riqueza mineral, conductividad eléctrica y pH, aquellas aguas que resulten con valores de más de 2 o 2,5 mS/cm debemos obligatoriamente descartarlas, salvo que las corriamos con agua limpia de lluvia. (Sánchez, 2001).

Antes de elaborar cualquier disolución nutritiva, es conveniente determinar los cationes Ca^{2+} , Mg^{2+} y Na^+ , así como los aniones Cl^- y SO_4^{2-} , pueden encontrarse en cantidades excesivas respecto a las necesidades de la planta, por lo que conviene tenerlo en cuenta a la hora de escoger los fertilizantes y las cantidades relativas a aportar (Fertiberia, 2007).

2.10. El cultivo de la cebada.

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

La cebada está representada principalmente por dos especies cultivadas: *Hordeum distichon* L., que se emplea para la elaboración de la cerveza, y *Hordeum hexastichon* L., que se usa como forraje para alimentación animal; ambas especies se pueden agrupar bajo el nombre de *Hordeum vulgare* L. ssp. *vulgare* (WIKIPEDIA, 1996).

La cebada es una planta anual herbácea macolladora, con raíz fibrosa, tallo en caña fistulosa, hojas envainadoras lineales, inflorescencia en espiga compuesta y fruto en cariósido (Robles, 1990).

2.11. Importancia de la cebada.

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 (Colque, 2005).

En la actualidad 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 (Parson, 1984).

- Producción nacional de cebada.

A continuación resumimos algunas estadísticas del cultivo de la Cebada en Bolivia.

Cuadro 5. Superficies cultivadas de Cebada en Bolivia.

Superficie cultivada de Cebada, por año Agrícola										
(En miles de hectáreas) 1994 - 2004										
93-94	94-95	95-96	96-97	97-98	98-99	99-00	00-01	00-02	00-03	00-04
88.92	83.72	85.40	86.90	84.10	85.66	88.35	88.56	89.47	90.32	90.91

Fuente: INE 1994

- Rendimientos de forraje de cebada en campo.

Los rendimientos de cebada como forraje en condiciones de campo y en seco fueron de 3.75 TM/MS/Ha. a la madurez fisiológica y 1.62 TM/MS/Ha cuando la cosecha se realiza con el grano en estado masa (González, 1995).

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

El rendimiento de cebada en berza promedio nacional es de 2163.7 Kg /Ha (2.164 TM/Ha)(Servicio Nacional de Agricultura y ganadería 1995-2000).

- Rendimientos de la cebada bajo sistema hidropónico.

Trabajos de validación de tecnología sobre FVH, han obtenido cosechas de 12 a 18 kilos de FVH producidos por cada kilo de semilla utilizada a los 15 días de instalado el cultivo y en una situación climática favorable para su desarrollo. (Sánchez. 2004).

Por su parte Gallardo (1997) utilizando sólo elementos mayores N, P, K, Mg, S y Ca y sin aporte extra de micro nutrientes obtuvo hasta 5 Kg. de Forraje Verde Hidropónico) por kilogramo de semilla de cebada en bandejas de 0.5 m²

2.12. Valor nutritivo de la cebada forrajera.

En el cuadro 6, se presenta los valores nutricionales de la cebada en base seca:

Cuadro 6. Composición de la cebada en % de materia seca en verde y como paja.

Nutriente analizado en materia seca (%)	Estado del forraje			
	Cebada paja	Cebada verde	Cebada heno	Cebada ensilage
Materia seca	88	30,38	87	35
Proteínas	2,21 - 3,8	8,6 - 13,09	8,7	8,7
Materia no nitrogenada	51,05	46,07		
Celulosa	40,09	29,32		
Total carbohidratos	91,14	75,39		
Materia grasa	1,98	2,56		
Cenizas	4,66	8,9		
Energía Mcal	1,4	2,11	2,04	2,04

Fuente: INFOAGRO (2005), Rojas (1999), Jarrigue (1989).

En el siguiente cuadro 7, se compara el valor nutricional del Forraje de cebada en diferentes formas en materia seca y comparada con otras formas de cebada como fuente de alimentos, donde se puede apreciar su ventaja en todos los indicadores de calida por alimento.

Cuadro 7. Comparación bromatológica de de la cebada en diferentes formas.

Nutriente analizado	Análisis nutritivo de la cebada			
	Cebada hidropónica	Cebada concentrado	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; Sepúlveda (1994)

2.13. Requerimientos agro ecológicos de la cebada.

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

2.13.1. Requerimientos de la cebada en campo.

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

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° C, una precipitación de 300 a 600 mm. Es un cultivo de foto período largo. (INFOAGRO, 2005).

2.13.2. 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, 2004).

El ambiente hidropónico llamado “Utayapu” es apto para la producción de forraje hidropónico en la región del altiplano, puede ser utilizada económicamente en el altiplano, en ensayos preliminares se observó que la luz directa quemaba las plantas (Gallardo, 1997).

El valor de pH del agua de riego debe oscilar entre 5.2 y 7 y salvo raras excepciones como son las leguminosas, que pueden desarrollarse hasta con pH

cercano a 7.5, el resto de las semillas utilizadas (cereales mayormente) usualmente en FVH, no se comportan eficientemente por encima del valor 7 (Ramos. 1999).

Según Dosal (1994) 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.

2.14. Requerimientos nutritivos de la cebada.

2.14.1. Requerimientos nutritivos de la cebada en campo.

Teniendo en cuenta la absorción de nutrientes del suelo por el cultivo de la cebada para una producción de 2.500 kg/ha, un abonado recomendable sería: 75 kg de N - 75 kg de P₂O₅ -75 kg de K₂O (INFOAGRO, 2005).

En el cuadro 8, se observa los nutrientes que el cultivo de la cebada extrae del suelo:

Cuadro 8. Extracción de nutrientes del suelo del cultivo de la cebada en Kg/Ha.

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

Fuente: Rodríguez (1982)

2.14.2. Requerimientos nutritivos de la cebada bajo sistema hidropónico.

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

Si los elementos menores (Cu, B, Fe, Mn, Zn y Mo) no existieran en la solución nutritiva, las plantas podrían crecer pero las cosechas serían de mala calidad (mal color, consistencia y/o sabor), no habría asimilación de los otros elementos nutritivos o se presentarían alteraciones importantes en el desarrollo de las plantas hasta hacerlas improductivas (Marulanda, 2003).

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, por lo que no es imprescindible su empleo y no tiene mayor influencia en los rendimientos, con lo que se prescindiría de fuentes de molibdeno en la formulación.

2.14.3. 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).

2.15. Costos de Producción del forraje hidropónico.

Para Sánchez (2004), el trabajo en forraje hidropónico requiere más dedicación y constancia que un cultivo hidropónico común, debido al corto ciclo de vida del cultivo y a su alta intensidad en el uso del espacio, además sostiene que los costos fijos, necesarios para llevar adelante la producción de forraje hidropónico, son los más elevados.

3. MATERIALES Y MÉTODOS.

3.1. Ubicación.

El presente trabajo fue realizado en la zona Humachua, situada al sur de la comunidad Challajahuira, y al norte de la localidad de Viacha, que se halla en la provincia Ingavi (Altiplano Norte) del departamento de La Paz, a 22.9 Km. de la ciudad de La Paz, geográficamente se halla a $16^{\circ} 38''$ de Latitud Sur y $68^{\circ} 17''$ de Longitud Oeste, a una altitud de 3792 msnm.

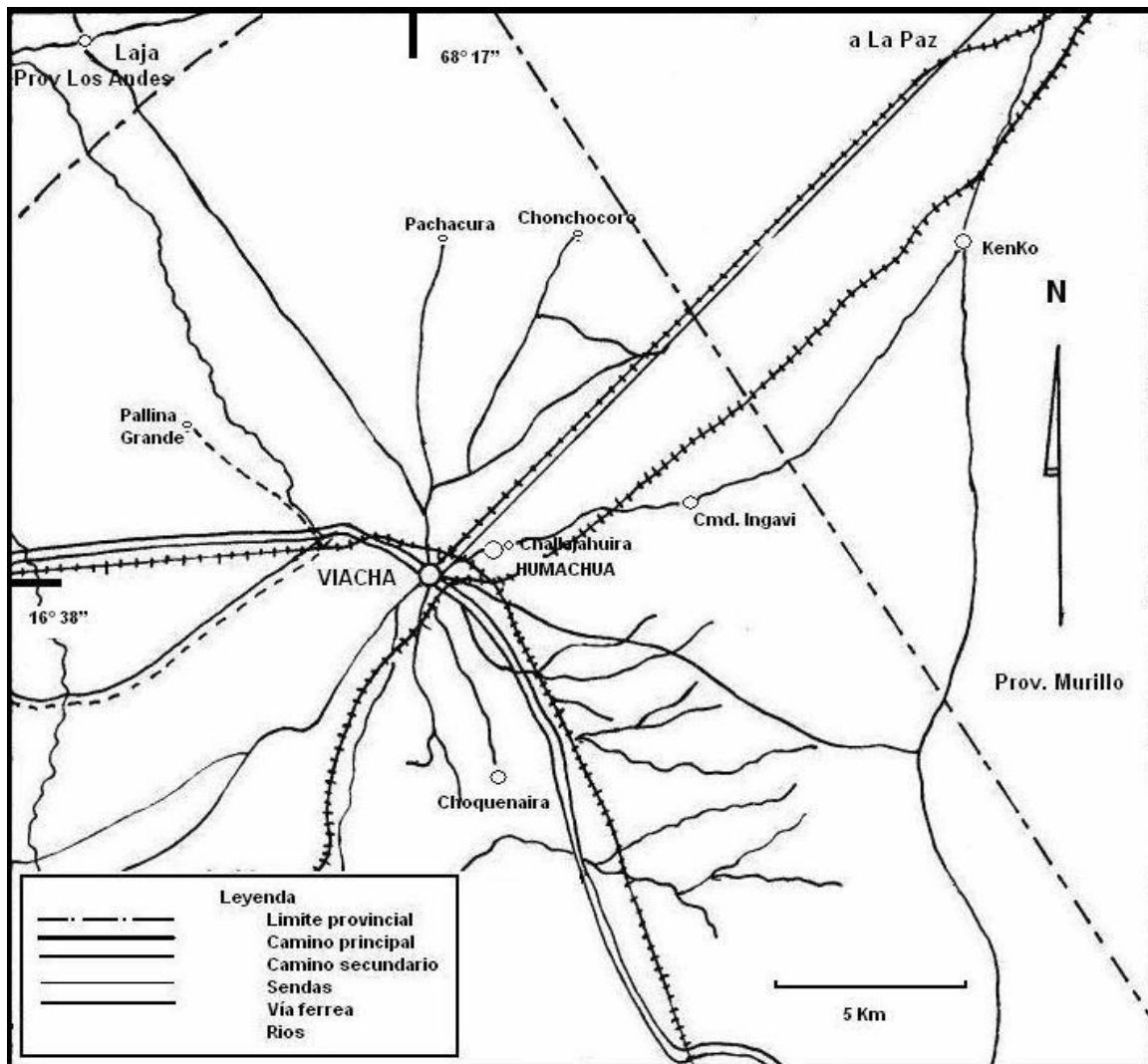


Figura 3. Localización de la zona de Humachua en la provincia Ingavi del departamento de La Paz. Fuente: Instituto Geográfico Militar

3.2. Características climáticas de la zona de estudio.

Holdridge, (1978) indica que la zona corresponde a la clasificación climática de “templado frío, con vegetación montano - Estepa a Estepa - Espinosa”.

Según los datos registrados por 10 años en el Centro de Investigaciones Nucleares del IBTEN, la población de Viacha, tiene una temperatura anual promedio de 8.5° C, la temperatura mínima es de - 0.7° y la máxima es de 17.7 ° C, las temperaturas mínima y máxima extremas son de - 5.1 y 19.6 respectivamente, y tiene una precipitación anual de 527,1 mm. (SENAMI, 2008).

Los datos actuales de las temperaturas anuales promedio registrados en la zona se muestran en la figura 5.

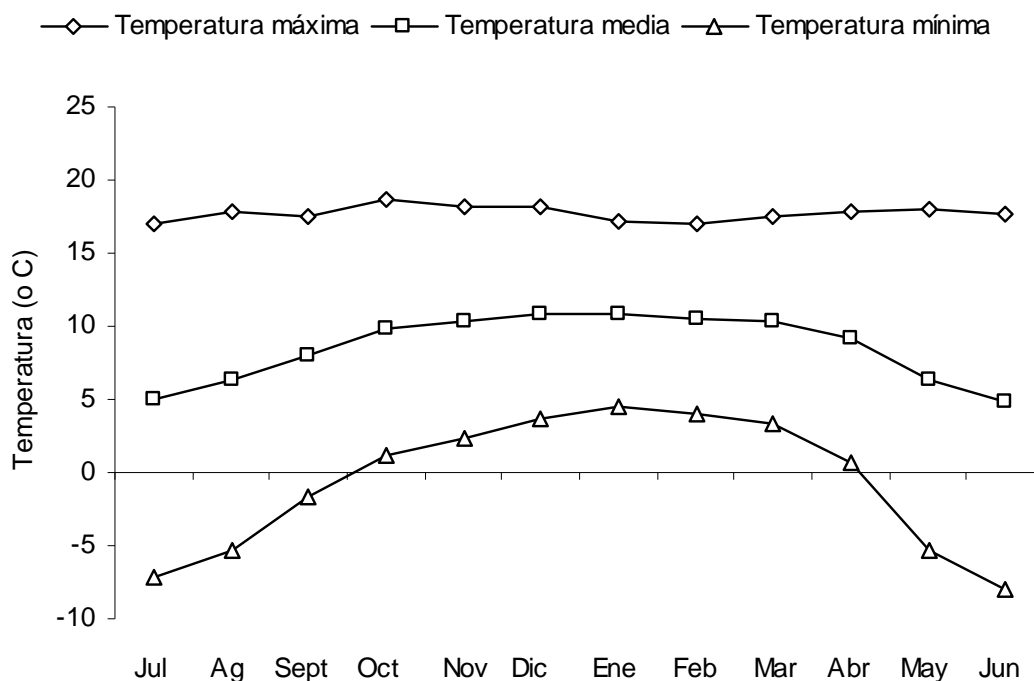


Figura 4. Temperatura promedio anual de la zona de estudio. (SENAMI, 2008).

Como puede apreciarse los meses más fríos en la zona de estudio son mayo a septiembre y los más calidos de noviembre a marzo.

3.4. Materiales y equipos.

3.4.1. Ambiente Hidropónico.

Para la producción de forraje hidropónico se construyó un ambiente hidropónico que se caracteriza por mantener condiciones de alta humedad y escasa luminosidad, cuya cubierta y elevaciones este, oeste son de lona; y las elevaciones laterales norte y sur de agrofilm, en la figura 6, se aprecia el croquis del ambiente hidropónico que se usó en el desarrollo del presente estudio. Los detalles de construcción se detallan en el Anexo 2.

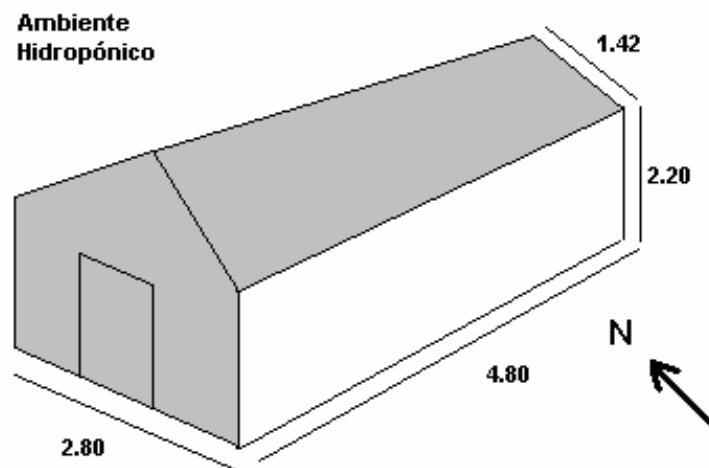


Figura 5. Ambiente Hidropónico.

3.4.2. Material Biológico.

Para el ensayo se utilizó 12 Kg. de semilla certificada de cebada, *H. vulgare* c.v. "Ivon" de la empresa de semillas forrajeras SEFO – SAM, UMSS de Cochabamba, este cultivar es resistente a la roya y es una de las últimas en ser liberadas por la empresa.

3.4.3. Material de laboratorio.

Los materiales e instrumentos de laboratorio que se usaron en el desarrollo del presente estudio fueron:

- Balanza de precisión hasta 0.001 Kg.
- Mortero.
- Pipeta 10 cc.
- Probetas 1 Lt.

3.4.4. Fertilizantes.

Los fertilizantes utilizados en el desarrollo del presente estudio fueron:

- Ácido Bórico.
- Cloruro de potasio plus 1-1-58.
- Fetrilon®Combi -1.
- Fosfato diamónico.
- Nitrato de Calcio.
- Nitrato de Potasio.
- Sulfato Ferroso.
- Sulfato Magnésico
- Urea.

3.4.5. Material de cultivo e instrumentos de medición.

Los materiales de cultivo e instrumentos de medición que se usaron en el desarrollo del presente estudio fueron:

- Agua destilada.
- Balanza de reloj.
- Baldes plásticos.
- Bidón 5 Lt I, 1 Lt.

- Bolsas de polietileno(PE).
- Botella aspersora 1 Lt.
- Hipoclorito de Sodio.
- Laminas de polietileno (PE) 1.2 x 0.60 m.
- Termómetro de máximas y mínimas.

3.4.6. Material de escritorio.

Los materiales de escritorio que se usaron en el desarrollo del presente estudio fueron: computadora, fichas de identificación, papel, cuaderno, lápiz y bolígrafos.

3.5. Métodos.

3.5.1. Procedimiento experimental.

Para el desarrollo del presente estudio se realizó las siguientes actividades:
(Las fotografías en el Anexo 3).

- El agua que se utilizó se analizó en el “Instituto Boliviano de Tecnología Nuclear” (IBTE.N) y el “Instituto Nacional de Laboratorios de salud Néstor Morales Villazón” (INLASA). con los resultados físico químico en y microbiológico, respectivamente se verificó su potabilidad, los formularios se presentan en el Anexo 1.
- Se construyó el ambiente hidropónico, andamiaje y bandejas de producción, se prepararon las soluciones nutritivas. Se cribaron y ventearon las semillas, se pesó la semilla para la siembra a una densidad recomendada por Sánchez, (2001) de 2,2 kilos por metro cuadrado, desde este paso la semilla se mantuvo separada por unidad experimental, para un mejor manejo y control.

- La semilla se desinfectó con una solución de hipoclorito de sodio al 1%, (10 ml de hipoclorito de sodio en 1 litro de agua) mojando bien la semilla con la solución por un minuto, para luego enjuagarla inmediatamente con agua.
- Posteriormente se remojaron las semillas en agua limpia, por un período de 12 horas, a cuyo termino se escurrieron durante una hora, luego se sumergieron nuevamente por 12 horas para completar su imbibición.
- Antes de la siembra se lavaron las semillas y se escurrió el exceso de agua, se desinfectaron las bandejas de producción con una solución de hipoclorito de sodio al 10% (100 ml de hipoclorito de sodio en 1 litro de agua).
- La siembra consistió en esparcir la semilla en forma homogénea en las bandejas, utilizando guantes de goma. Para conservar la humedad, se cubrieron las bandejas sembradas con láminas de PE con perforaciones, dejando aberturas para evitar la falta de oxigenación, Sánchez, (2001) recomienda papel periódico mojado para este fin.
- Una vez que germinaron las semillas (2^{do} día después de la siembra) se retiró la cubierta y se empezaron los riegos por aspersion con agua pura (250 cc por bandeja) uno en la mañana y otro en la tarde. Apenas aparecidas las primeras hojas (4to día), se comenzó el riego con las soluciones nutritivas por tratamiento.
- La lámina de fertiirrigación fue de 300 cc por unidad experimental, uno en la mañana y otro en la tarde, desde el 4^o hasta el 8^o día. A partir del 8^o día se regó solo con agua sola hasta el día antes de la cosecha, día en el que se regó en exceso para lixiviar de la masa radicular los posibles restos de sales.
- En el día 11^{avo} de cultivo se cosecha el forraje, determinando el rendimiento de materia verde por tratamiento, se hizo un muestreo del forraje para su análisis bromatológico en el I.N.L.A.S.A.
- Los resultados de laboratorio (Anexo 1) se procesaron con una hoja de cálculo de Excel.

3.5.2. Diseño experimental.

Se utilizó el diseño experimental completamente al azar, por existir condiciones experimentales homogéneas dentro del ambiente hidropónico, el mismo que constó de cuatro soluciones nutritivas y un testigo, haciendo un total de cinco tratamientos con tres repeticiones con un total de 15 unidades experimentales, bajo el siguiente detalle:

TRATAMIENTO 1:

El Tratamiento (S1) contiene una solución formulada con fertilizantes disponibles en el mercado local, para ello las se utilizó las concentraciones recomendadas por la universidad “LA MOLINA”, Perú, para cultivos en general, las fuentes y la concentración de nutrientes se detallan en el cuadro 9.

Cuadro 9. Fuentes de nutrientes y concentración de la solución propuesta como tratamiento 1 del presente ensayo.

NIVEL DE NUTRIENTES		FUENTES	CANTIDAD PARA 400 l.
190 ppm N	0.50 ppm B	Acido bórico	0.24 g
35 ppm P	0.15 ppm Zn	Cloruro de Potasio	110.944 g
200 ppm K	0.10 ppm Cu	Fetrilon Combi	2.40 g
150 ppm Ca	0.05 ppm Mo	Nitrofoska	160.184 g
70 ppm S	1.00 ppm Fe	Sulfato de magnesio	44.00 g
45 ppm Mg	0.50 ppm Mn	Sulfato de hierro	0.51g
		Urea	95.743 g

TRATAMIENTO 2:

La solución nutritiva del tratamiento (S2) no contiene micronutrientes añadidos, lo cual abarata los costos en la formulación de la solución y la hace mas

apropiada a nivel productor; Las fuentes y las concentraciones de nutrientes se detallan en el cuadro 10.

Cuadro 10. Fuentes de nutrientes y concentración de la solución propuesta como tratamiento 2 del presente ensayo.

NIVEL DE NUTRIENTES	FUENTE	CANTIDAD PARA 400 l.
190 ppm N	Urea	95.743 g
150 ppm Ca	Nitrofoska	160.184 g
35 ppm P	Cloruro de Potasio	110.944 g
200 ppm K	Sulfato de	
70 ppm S	magnesio	44.00 g
45 ppm Mg		

TRATAMIENTO 3:

El Tratamiento (S3) es una adaptación de una solución propuesta por la F.A.O. en cuanto a las fuentes de los macro elementos considerados esenciales se detalla en el siguiente cuadro.

Cuadro 11. Fuentes de nutrientes y concentración de la solución propuesta como tratamiento 3 del presente ensayo.

NIVEL DE NUTRIENTES		FUENTE	CANTIDAD PARA 400 l.
190 ppm N	0.50 ppm B	Nitrato de calcio	80.94g
150 ppm Ca	0.15 ppm Zn	Fosfato monoamónico	69.65 g
35 ppm P	0.10 ppm Cu 0.05	Nitrato de potasio	214.25 g
200 ppm K	ppm Mo1.00 ppm	Sulfato de magnesio	44.00 g
70 ppm S	Fe	Fetrilon ® Combi	2.40 g
45 ppm Mg	0.50 ppm Mn	Acido Bórico	0.24 g
		Sulfato ferroso	0.51g

TRATAMIENTO 4:

El Tratamiento (S4) es una solución modificada en base a las recomendaciones de la FAO en lo que respecta a las fuentes de macro elementos; mientras las concentraciones de la solución nutritiva son recomendaciones de la universidad de "LA MOLINA". Las fuentes y la concentración de nutrientes se detallan en el cuadro 12.

Cuadro 12. Fuentes de nutrientes y concentración de la solución propuesta como tratamiento 4 del presente ensayo.

NIVEL DE NUTRIENTES	FUENTE	CANTIDAD PARA 400 l.
190 ppm N		
150 ppm Ca	Nitrato de calcio	80.94g
35 ppm P	Fosfato Diamónico	69.65 g
200 ppm K	Nitrato de potasio	214.25 g
70 ppm S	Sulfato de magnesio	44.00 g
45 ppm Mg		

TRATAMIENTO 5 (TESTIGO):

El tratamiento (S5) que resulta ser el tratamiento testigo y consiste en utilizar sólo el agua disponible, sin la adición de los nutrientes vegetales.

3.5.3. Modelo lineal aditivo.

Este diseño estadístico tiene el siguiente modelo lineal aditivo:

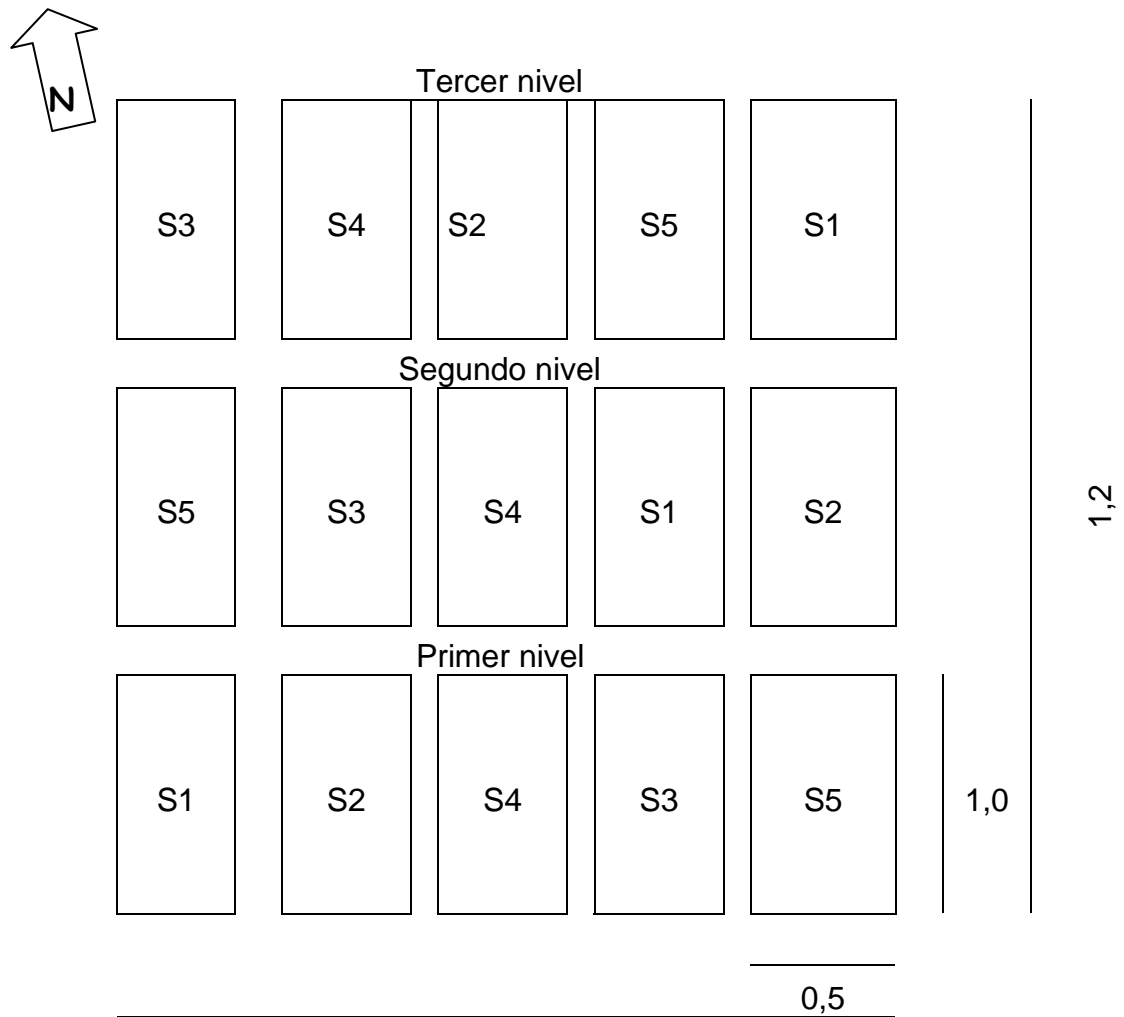
$$X_{ij} = \mu + \alpha_j + \epsilon_{ijk}$$

Donde:

X_{ij}	=	Una observación cualquiera.
μ	=	Media general.
α_j	=	Efecto del i-ésima solución nutritiva.
ϵ_{ijk}	=	Error experimental.

3.5.4. Croquis del diseño experimental.

En la figura 6 se muestra la disposición de los tratamientos en el arreglo experimental, además de sus dimensiones.



2.9
Figura 7. Croquis experimental.

3.5.5. Comparación de medias.

Para la comparación de medias se usó la prueba de rango múltiple de Duncan, por ser independiente a la prueba de "F" (Calzada, 1970).

3.6. Variables de respuesta.

- **Rendimiento.**

Se determino el rendimiento total de forraje hidropónico en materia verde y materia seca por tratamiento en Kg/m².

- **Valor Nutritivo.**

En el análisis proximal del forraje se determinó el contenido de ceniza, fibra cruda, grasa, hidratos de carbono, materia seca, proteína, valor energético, en 100 gramos de muestra.

- **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.

$$ICS = wMS/wSs$$

Donde:

ICS = Índice de conversión de semilla a forraje.

wMS = Masa de forraje en materia seca por unidad experimental.

wSs = Masa de semilla por unidad experimental.

- **Costos de producción.**

Se determinaron los costos fijos y variables de producción del forraje hidropónico de cebada por tratamiento.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De acuerdo a los resultados obtenidos y con el objeto de mostrar el efecto de las distintas soluciones nutritivas en la producción de forraje de Cebada bajo sistema hidropónico, se abordaron primero los factores que influyen en la producción, para luego determinar el rendimiento por superficie, el valor nutritivo, así como el índice de producción de forraje por unidad de semilla y cuantificar los costos de producción.

4.1. Caracteres climáticos.

En el ambiente hidropónico se registró una temperatura promedio de 17,15 °C, con una máxima extrema de 31°C y la mínima extrema fue de 5 °C; la humedad ambiental promedio fue de 76.85 % (Figura 6), 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.

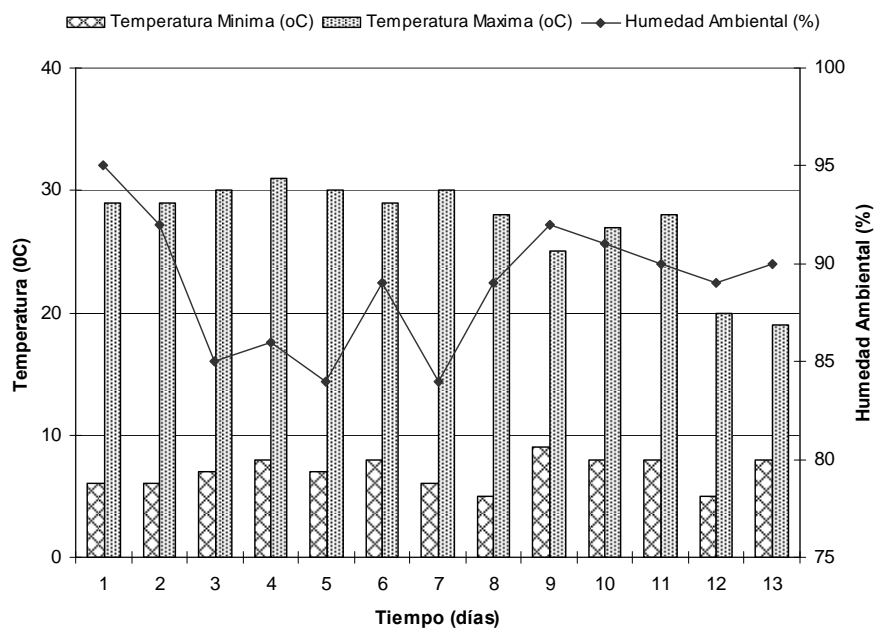


Figura 8. Temperaturas Máximas, Mínimas y Humedad Ambiental registradas en el Ambiente Hidropónico durante el periodo de estudio.

4.2. Calidad del agua de riego.

De acuerdo al cuadro 13 que muestra los resultados del análisis de calidad de agua, se tiene agua de buena calidad y apta para la preparación de soluciones hidropónicas, según los valores obtenidos en los análisis, el agua empleada esta dentro de los parámetros de calidad de la OMS mencionados por la Red Hidroponía, (2003), el contenido de cloruros es menor a 50 ppm estando muy por debajo de los límites aconsejados por Ramos, (1999) y la CE fue menor a 1.0 e indica que el agua es de las más aptas para preparar diferentes tipos de soluciones nutritivas, según Sánchez, (2004) el contenido de sales totales menores a 200 ppm hacen apta el agua a utilizar.

Cuadro 13. Análisis físico químico del agua utilizada en el ensayo.

Parámetro	Unidad de medida	Valor obtenido en laboratorio	Limite máximo de calidad de agua (OMS)
pH	-	7.09	6,0-8,5
Conductividad Eléctrica	mS/cm	0.175	< 1,0
Sodio	mg/lt	8.61	<10
Potasio	mg/lt	1.93	400
Calcio	mg/lt	9.45	500
Magnesio	mg/lt	3.89	125
Cloruros	mg/lt	4.89	250
Sulfatos	mg/lt	9.93	250
Sólidos disueltos	mg/lt	90.61	< 200
Boro	mg/lt	0.48	<2
Coniformes totales	NMP/100 ml	<2	<2
Coniformes fecales	-	<2	<2
Aspecto	-	Límpido	Límpido
Sustancias en suspensión	-	Ausentes	Ausentes
Olor	-	Inodoro	Inodoro

En cuanto a la calidad microbiológica del agua esta cumple con la norma boliviana de potabilidad, así también se halla en los límites de las recomendaciones hechas por la Organización Panamericana de la Salud, (1998).

4.3. Características de los fertilizantes utilizados.

Las particularidades de empleo y las riquezas reportadas por los fabricantes de los fertilizantes utilizados en el presente estudio se detallan en los cuadros 14 y 15.

Cuadro 14. Características de los fertilizantes utilizados.

Fertilizante	Riqueza	Reacción	Solubilidad (g.l-1 a 20 °C)
Fosfato diamónico	P ₂ O ₅ -46.0%; N-18.0 %	Básica	-
Nitrato cálcico	N- 15,5 %; CaO-27,0 %	Básica	1260
Nitrato potásico	K ₂ O- 46,0 %; N-13,0 %	Neutra	320
Sulfato amónico	N- 21,0 %; SO ₃ -60,0 %	Ácida	740
Sulfato magnésico	SO ₃ - 31% ; MgO-16,0%	Ácida	360
Sulfato ferroso	SO ₃ - 0% ; FeO-0,0%	Ácida	-
Urea	N- 45,0 %	Básica	1060

Fuente: COMPO AGRO Chile Ltda.; (2006), MISTI, (2008).

Cuadro 15. Riqueza de nutrientes en el Fetrilon Combi®

Nutriente	Fetrilon Combi 2	Fetrilon Combi 2C
Magnesio	2 % MgO	2 % MgO
Azufre	2,8 % S	2,8 % S
Hierro	4 % Fe	4 % Fe
Zinc	4 % Zn	4 % Zn
Manganeso	3 % Mn	3 % Mn
Boro	1,5 % B	0.0 % B
Cobre	0,5 % Cu	0,5 % Cu
Molibdeno	0,05 % Mo	0,05 % Mo
Cobalto	0,005 % Co	0,005 % Co

Fuente: COMPO AGRO Chile Ltda. (2006)

4.4. Calidad de la semilla.

Las pruebas de germinación indican que la semilla utilizada tiene una viabilidad de 84 % de germinación y 99% de pureza física, con un valor cultural de 83.1, lo que significa que de cada 100 kg de semilla 83.1 kg es material vegetativo, según Sánchez, (2004), Dosal, (1987) y Gallardo, (1997) el porcentaje de germinación 84 % está dentro del rango aceptable para su uso en la producción de forraje hidropónico, que es mayor a 80 %.

4.5. Rendimiento de forraje hidropónico.

Definimos el rendimiento como la masa (“peso”) del producto obtenido por unidad de superficie, en el presente caso lo expresamos como kilogramos de materia seca y materia verde (fresca) por metro cuadrado, en el cuadro 16, se muestran los rendimientos del forraje hidropónico de cebada producido por tratamiento durante el periodo de estudio.

Cuadro 16. Rendimiento de forraje hidropónico en un periodo de 11 días de cultivo

Tratamiento	S1	S2	S3	S4	S5 (testigo)
Rendimiento en materia verde (Kg/m ²)	14,96	16,15	16,03	16,13	15,40
Rendimiento en materia seca (Kg/m ²)	3,01	3,50	2,85	2,82	3,12

Según el análisis de varianza que se presentan en los cuadros 17 y 18 no existen diferencias significativas entre los rendimientos de forraje en Materia Seca en los tratamientos S1, S2, S3, S4 y S5 a un nivel de significación del 5%.

Según Calzada, (1972) el coeficiente de variación (CV) menor a 20 Indica que los datos son confiables y el valor obtenido no supera los 5.0 %.

Cuadro 17. Análisis de Varianza de Forraje Hidropónico de Cebada (Kg MV/m²)

F V	GL	SC	CM	Fcal	Ftab
Tratamientos	4	0,845	0,211	1,411319	3,48
Error	10	1,496	0,15		
TOTAL	14	2,341			

CV 4,91672 %

Cuadro 18. Análisis de Varianza de Forraje Hidropónico de Cebada (Kg MS/m²)

F V	GL	SC	CM	Fcal	Ftab
Tratamientos	4	0,241	0,06	1,134337	3,48
Error	10	0,531	0,053		
TOTAL	14	0,771			

CV 15,0436 %

Los rendimientos de cebada son estadísticamente iguales debido al periodo de cultivo corto (11 días), el bajo consumo de solución nutritiva (900 ml día en tres riegos durante 5 días), por otro lado las concentraciones de nutrientes no son altas para evitar problemas de toxicidad, además que las semillas por su naturaleza son ricas en elementos nutritivos.

Puede apreciarse que el tratamiento testigo (S5) presenta un rendimiento mayor en relación a los demás tratamientos excepto con (S2), situación aparentemente contradictoria, siendo que, el testigo no recibió ningún aporte de nutrientes su rendimiento debería ser menor. Lo que ocurre es que las plantas en el proceso de absorción, translocación 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 testigo no ocurre tal gasto; además que la planta al no disponer de fuentes de nutrientes incrementa su volumen radicular para tratar de interceptarlos del medio, aunque estos nutrientes no se encuentren en el medio, situación que reflejan los rendimientos, aunque este aumento de biomasa no signifique un aumento de su valor nutritivo.

Los rangos de rendimiento promedio de forraje hidropónico de cebada en materia seca por unidad de superficie obtenido durante el periodo de estudio (11 días) fueron 3.5 Kg/m^2 S2 – 2.82 Kg/m^2 S4, son mayores a los los rendimientos de cebada en condiciones de campo y en secano como forraje reportados por Gonzáles, 1995 de 3750 Kg/MS/Ha (0.375 Kg/MS/m^2 , a los 137 días); y 5.23 TM/MS/Ha (0.523 Kg/ m^2) reportados por Quispe (1992), lo cual indica que el sistema hidropónico es mas eficiente en la producción de fitomasa, frente al cultivo tradicional.

Asimismo el rango promedio de rendimiento de forraje hidropónico de cebada en materia verde obtenido durante el periodo de estudio (16.15 Kg / m^2 , S2 y 14.96 Kg/m^2 , S1) (cuadro 16) a los 11 días de cultivo son próximos a los valores reportados por otros investigadores como, Gallardo (1997) con 10 Kg/ m^2 , a los 20 días y Sánchez (2004) reporta 18 Kg/ m^2 , a los 15 días de cultivo.

Al respecto Dosal (1994) indica que no es conveniente prolongar el periodo de cultivo por la pérdida de fitomasa aunque se recurra a prácticas de fertilización.

Los procesos bioquímicos y fisiológicos básicos relacionados con la síntesis, transporte y degradación de sustancias en las plantas están influenciados por la temperatura. No todas las especies de forrajes tienen el mismo valor óptimo de temperatura para el cumplimiento de estas funciones. Cuando este valor óptimo es superado, las plantas utilizan mecanismos estructurales para reducir los efectos de estrés por altas temperaturas, como es el aumento del contenido de la pared celular,

en especial de la lignina, la cual reduce de forma muy marcada la digestibilidad y la calidad de los forrajes. Church, (1988).

4.6. Valor nutritivo del forraje hidropónico.

Bateman, (1970) indica que, en términos generales, el valor nutritivo de las especies forrajeras es la resultante de la ocurrencia de factores intrínsecos de la planta como son la composición química, digestibilidad, factores ambientales, factores propios del animal y la interacción entre las pasturas, el animal y el ambiente. Los factores que determinan el valor nutritivo de los forrajes son: la composición química, el contenido de energía del forraje, la digestibilidad y el consumo voluntario o palatabilidad.

Para Church (1988) la capacidad de los forrajes de garantizar o no las exigencias nutritivas de los animales para el mantenimiento, crecimiento y reproducción es lo que se conoce como valor nutritivo. También indica que la composición química de un forraje Indica la cantidad de nutrientes orgánicos y minerales presentes (aunque no de su disponibilidad para el animal), así como la existencia de factores o constituyentes que influyen negativamente sobre la calidad.

Boada, (1998) sostiene que los análisis químicos directos nos permiten conocer la riqueza de los alimentos en sus nutrientes, y que para hacer uso racional y eficiente de los alimentos es necesario conocer el valor nutritivo y dietético de los mismos, además de conocer las necesidades de las diferentes especies animales, así como la producción que se desea lograr; estos datos permiten preparar las dietas para cubrir las necesidades del animal y la producción esperada.

Desde el punto de vista bromatológico el forraje hidropónico de cebada producido por tratamiento durante el periodo de estudio tiene las siguientes características nutritivas en materia seca (cuadro 19); los resultados del análisis proximal, se encuentran en A 2.

Cuadro 19. Valor nutritivo del forraje hidropónico en materia seca.

Nutriente analizado	Tratamientos				
	S1	S2	S3	S4	S5
Ceniza (%)	2,97	3,06	3,20	3,39	2,85
Fibra cruda (%)	20,84	19,01	21,07	22,66	19,46
Grasa (%)	3,33	2,97	3,09	2,79	2,94
Hidratos de carbono (%)	82,41	83,41	78,28	81,01	83,30
Materia seca (%)	20,13	21,65	17,73	17,42	20,29
Proteína (%)	11,3	10,69	15,43	12,81	10,84
Valor Energético (Kcal/Kg)	4042	4010	4031	3999	4030
Valor Energético (Kcal/100g)	81,33	87,00	73,00	69,67	81,67

4.6.1. Contenido de cenizas.

Los minerales son elementos inorgánicos. Los compuestos orgánicos, que contienen carbono (como los carbohidratos, proteínas, vitaminas), se queman cuando se someta una muestra de alimento a 600°C hasta que deja de perder peso, los minerales permanecen como cenizas. De ahí que la palabra ceniza se refiere al contenido total de minerales de un alimento (Churchy Pond, 1992).

El contenido promedio de cenizas del forraje hidropónico de cebada en porcentaje en la materia se halla en el cuadro 19. Según el análisis de varianza no existen diferencias significativas en el contenido de minerales en el forraje producido con los diferentes tratamientos (cuadro 20) y el coeficiente de variación es de 1.9 %.

Cuadro 20. Análisis de Varianza de ceniza en % de materia seca.

F V	GL	SC	CM	Fcal	Ftab
Tratamientos	4	0,013	0,003	0,741717	3,48
Error	10	0,044	0,004		
TOTAL	14	0,057			

CV 11,0889 %

Es de conocimiento que el contenido de minerales de los tejidos vegetales esta determinado por la cantidad disponible de los nutrientes en el medio en el que se desarrollan y la tasa de asimilación de la planta, entonces es de esperarse que el tratamiento testigo haya asimilado una menor cantidad de minerales a diferencia de los demás tratamientos.

Los resultados altos en ceniza (3.39 % S4) son superiores a los reportados por Dosal (1987) de 2.0 % en forraje hidropónico de cebada; este mayor contenido de ceniza se puede atribuir a la mayor tasa de asimilación de nutrientes por el cultivo debido al aporte de minerales de las soluciones nutritivas y la riqueza en minerales de la semilla.

Si comparamos el contenido de cenizas del forraje hidropónico de hasta 3.39 % en S4 con el contenido de cenizas del testigo que es de 2.85 % en S5, en materia seca, observamos que hay un incremento de 0.54% en el contenido mineral de los tratamientos, esto es debido al aporte de nutrientes en las soluciones nutritivas y la asimilación de los mismos por parte del cultivo en los diferentes tratamientos e indica que sí hubo asimilación de nutrientes, lo cual señala la importancia del uso de soluciones nutritivas para la producción de forrajes.

Aunque la solución S1 es completa su composición presenta cierto grado de incompatibilidad, reflejándose esta en el contenido total de minerales absorbidos por los tratamientos.

4.6.2. Contenido de fibra cruda.

Se considera fibra bruta a todas las sustancias orgánicas no nitrogenadas que no se disuelven tras hidrólisis sucesivas, una en medio ácido y otra en medio alcalino, y a cuya cifra final total se le resta el peso de las cenizas, es decir, la fracción de carbohidratos que es insoluble a digestiones sucesivas de ácido-base (FAO, 2007).

Boada (1998) indica que la celulosa, hemicelulosa y lignina de la pared celular forman la fracción fibra bruta y son la principal fuente de energía de los rumiantes.

Por lo general, cuanto más basto es un alimento, más fibra contiene, son alimentos groseros o voluminosos, cuyo fin principal es dar volumen a la ración para asegurar el buen funcionamiento digestivo, sobre todo en los rumiantes que son los que mejor aprovechan este nutriente por las características de su tubo digestivo (Churchy Pond, 1992).

El análisis proximal del forraje hidropónico de cebada arrojó los siguientes contenidos promedio de fibra cruda (cuadro 19), efectuado el análisis de varianza y la prueba de comparación de medias de contenido de fibra cruda, se establece que los tratamientos son estadísticamente iguales (cuadro21).

Cuadro 21. Análisis de Varianza para la de fibra en materia seca (%)

F V	GL	SC	CM	Fcal	Ftab
Tratamientos	4	0,236	0,059	0,511562	3,48
Error	10	1,153	0,115		
TOTAL	14	1,389			

CV 8,56392 %

Los resultados registrados eran de esperarse por la proporción que existe entre el contenido de materia seca y el contenido de fibra que constituye el cuerpo del organismo vegetal, por los valores del contenido de fibra en S2 con 19,01 % y en S4 con 22,66 %, se puede clasificar al forraje hidropónico de cebada como un alimento medianamente voluminoso, pues tienen un contenido mayor a 18 % de fibra, indicado por Boada, (1998).

Los rendimientos en fibra cruda son menores a los reportados por Sepúlveda (1994), que es de 27.9 %, pero esos resultados se obtuvieron con un mayor nivel de fertilización nitrogenada a un nivel de 400 ppm de Nitrógeno, a diferencia del presente ensayo que tubo un nivel de fertilización de Nitrógeno de 200 ppm.

Comparando el menor contenido de fibra del forraje hidropónico de 19.01 % en S2, con el contenido de fibra del testigo 19.46 % en S5, puede verse que el testigo posee un 0.45 % mas de fibra, esto es debido al rendimiento relativo en materia seca del tratamiento testigo.

4.6.3. Contenido de Grasa.

Las grasas y aceites son ésteres de ácidos grasos puros de glicerol, llamados por esta razón triglicéridos. Asimismo, la definición del término lípido se refiere a todas las sustancias de los alimentos o tejidos que son extractables por el éter, incluyendo a las grasas y aceites, las grasas son la fuente más poderosa de energía en las raciones, al igual que los hidratos de carbono, son compuestos ternarios de C, H y O. (Cañas, 1995).

En el extracto etéreo figuran todas las sustancias solubles en los disolventes de las grasas, esto es, las grasas verdaderas (glicéridos), ácidos grasos, cétidos, esteroides, pigmentos, etc., pero esta fracción, que no es grasa verdadera, contiene elementos de gran valor nutritivo, como los esteroides, carotenos, vitaminas liposolubles, etc., (FAO, 2007).

En el cuadro 19 se presenta el contenido promedio de grasa en materia seca por tratamiento y en el cuadro 22 el análisis de varianza, la prueba de Duncan de comparación de medias indica que no existen diferencias significativas entre el contenido de grasa entre los tratamientos a un nivel de significación del 5%, según Calzada, (1972) el CV es menor a 20 e indica que los datos son confiables.

Cuadro 22. Análisis de Varianza para la grasa en materia seca (%)

F V	GL	SC	CM	Fcal	Ftab
Tratamientos	4	0,376	0,094	0,318843	3,48
Error	10	2,95	0,295		
TOTAL	14	3,326			

CV 17,968 %

Los valores del contenido graso del forraje es igual en todos los tratamientos debido a la riqueza de grasas en las semillas, no varió apreciablemente entre tratamientos durante el periodo de crecimiento de la semilla a forraje (A 2).

Por otro lado comparar el contenido graso del forraje hidropónico que es 3.33 % en el tratamiento S1, con otras formas de forraje de cebada como es la paja de cebada cuyo valor es 1.98 % de grasa o con la cebada verde que tiene un contenido graso de 2.65 % reportados por Sánchez, (2004) (cuadro 6) podemos decir que hay un aumento del contenido graso en el forraje obtenido bajo tratamiento, lo que significa un mayor valor energético en el forraje hidropónico.

El contenido graso del testigo S5 que es de 2.94% es menor que los demás tratamientos excepto al tratamiento S4 con 2.79 %, con una diferencia de 0.15%, esto se debe a los diferentes procesos metabólicos que se dan entre los tratamientos y las fuentes amoniacales en los tratamientos S1, S2 y nítricas en los tratamientos S3, S4; el aporte de macronutrientes y la falta de microelementos en S4, determina una menor proporción de activadores enzimáticos que redujeron el tenor graso.

4.6.4. Contenido de hidratos de carbono.

Los Hidratos de Carbono son un grupo de compuestos que contienen hidrógeno y oxígeno, en las proporciones del agua, y carbono; el grupo de los hidratos de carbono está formado principalmente por azúcar, almidón, dextrina, celulosa y glucógeno y los azúcares más sencillos (Churchy Pond, 1992).

Al consumirlos los animales, los carbohidratos sirven como fuente de calor y energía, y todo exceso se almacena en el cuerpo como grasa (Cañas, 1995). Según Boada (1998) la FB mas el ELN constituye los hidratos de carbono totales del alimento.

El análisis proximal de forraje hidropónico de cebada arrojo valores en el contenido promedio de hidratos de carbono en materia seca (cuadro 19) y se establece que la mayor proporción de hidratos de carbono del tratamiento S2 con 83.41 %, podría deberse al menor gasto energético en la reducción de NO_3^- a NH_4^+ que no se da por la mayor proporción de fuentes amoniacales que no requiere del consumo de carbohidratos en la respiración; así los carbohidratos de la planta proporcionan el sustrato de respiración y las estructuras carbonatadas necesarias para la incorporación del grupo amonio y la energía necesaria para la reducción del NO_3^- ,. Este proceso incide en el contenido de los hidratos de carbono contenidos en el forraje hidropónico, o sea los carbohidratos fijados en la fotosíntesis son empleados como fuente de energía para los demás procesos metabólicos como absorción, tras locación y los posteriores procesos bioquímicos.

Según el análisis de varianza no existen diferencias significativas en el contenido de hidratos de carbono entre los tratamientos; por lo tanto la prueba Duncan de comparación de medias indica que todos los tratamientos son iguales, a un nivel de significación del 5% (cuadro 23) en tanto el CV registró un valor del 13.13 % que establece la confiabilidad de los resultados.

Cuadro 23. Análisis de Varianza % de carbohidratos en materia seca

F V	GL	SC	CM	Fcal	Ftab
Tratamientos	4	36,63	9,158	2,072409	3,48
Error	10	44,19	4,419		
TOTAL	14	80,82			

CV 13,1463 %

El contenido de carbohidratos en el forraje hidropónico con 83.41 % en S2 resulta menor al contenido de carbohidratos de la semilla analizada por INLASA de 90.48 % (A 2) esto indica una pérdida de 9 % de carbohidratos debido a la transformación de los mismos en energía metabólica para el inicio de la germinación y síntesis de nuevos metabolitos.

4.6.5. Contenido de proteína cruda.

Son compuestos orgánicos constituidos en su mayor parte por aminoácidos que existen en proporciones características en cada proteína. Estos aminoácidos, son agrupados en esenciales y no esenciales o dispensables, por su costo la proteína es este el nutriente más importante en la dieta en una operación comercial, su adecuada evaluación permite controlar la calidad de los insumos proteicos que están siendo adquiridos o del alimento que se está suministrando (Churchy Pond, 1992).

En la alimentación del rumiante nos interesa de manera fundamental la cantidad total de proteína obtenible en la ración, pero en la alimentación de los no rumiantes hemos de preocuparnos por las cantidades de aminoácidos específicos siendo esencial para el crecimiento, mantenimiento y producción del ganado (Cañas, 1995).

Su análisis se efectúa mediante el método de Kjeldahl, determinando primero la cantidad total de nitrógeno contenido en el alimento, y se multiplica este valor N por 6.25. Las proteínas contienen alrededor del 16% de nitrógeno ($100 \div 16 = 6.25$) (Church y Pond, 1992).

Los resultados del análisis proximal del forraje hidropónico de cebada en materia seca se hallan en el cuadro 19, los mismos fueron elaborados a partir de los resultados de los análisis de laboratorio (A 1).

Al efectuar el análisis de varianza se evidencia que no existen diferencias significativas en el contenido de Proteína en materia seca y materia verde entre los tratamientos (cuadro 24); la prueba Duncan de comparación de medias indica que el tratamiento S3 con 15.43 % en materia seca es mayor y estadísticamente diferente a los demás a un nivel de significación del 5%, el cv indica que los datos merecen confiabilidad.

Cuadro 24. Análisis de Varianza % de proteína en materia seca

F V	GL	SC	CM	Fcal	Ftab
Tratamientos	4	16,06	4,02	2,85	3,48
Error	10	14,08	1,41		
TOTAL	14	30,15			

CV 10,0852404 %

Estas diferencias pueden atribuirse a las fuentes de nitrógeno, nítricas en el caso de S3, S4 y amoniacales S1, S2 y ninguna S5 (testigo) existiendo una mayor asimilación de nitratos que iones amonio, además estos últimos son susceptibles a volatilizarse, además que el aporte de micronutrientes en las soluciones S1 y S3 permiten una mayor actividad enzimática, factores que combinados, permitieron una mayor síntesis de proteínas por parte del tratamiento S3.

El contenido en proteína en el testigo S5 con 10.84 % es menor que todos los tratamientos excepto al tratamiento S2 con 10.69 % presentando una diferencia de 0.15 %, esta aparente baja en el valor nutritivo esta determinada por la proporción de materia seca en el alimento, si el valor de la materia seca en S2 es mayor que S5 es de esperarse que el total de nitrógeno asimilado sea mayor en el tratamiento con mayor materia seca y el tratamiento testigo posee menor materia seca por lo que su proporción de contenido proteínico se ve mayor.

Según Dosal, (1987) el contenido de proteína bruta al cabo de 15 días de crecimiento, tiende a aumentar a medida que se incrementa el contenido de Nitrógeno de la solución nutritiva, (hasta valores de 200 ppm de N). Una concentración mayor, (por ejemplo 400 ppm de N), no aumenta el aporte proteico, si no que por el contrario, lo disminuirá en aproximadamente 13,6 % respecto del tratamiento anterior (200 ppm de N). Los aparentes incrementos de la proteína bruta observadas por algunos investigadores serían consecuencia de un aumento del nitrógeno no proteico, el que sería aportado por la solución nutritiva de riego, y no debido a un aumento en los niveles de la proteína verdadera, en el forraje.

Por otro lado el mayor nivel de nitrógeno en las soluciones propuestas es de apenas 190 ppm de N (propuesta por la universidad La Molina) que es el límite a partir de donde Sánchez (2001) reportó incrementos en la proteína en el forraje hidropónico.

El contenido de proteína del forraje hidropónico 13.2 % es siete veces mayor al contenido de proteína de la paja de cebada de 2.21 % y 1.2 veces mas proteína del forraje verde de cebada 12.09 % en materia seca reportados por INFOAGRO, (2007), situación que justifica el cultivo del forraje hidropónico y le da el valor nutritivo al forraje producido con esta técnica de cultivo, haciéndolo una alternativa muy interesante como complemento nutritivo para el ganado del pequeño agricultor.

Los rendimientos en proteína en todos los tratamientos, incluido el testigo, son superiores a otras formas alternativas de forrajes como heno con 9,2 % y la paja con 3,7 % reportados por Sepúlveda, (1994) por lo que resulta en un mayor valor nutritivo del forraje hidropónico comparado con el forraje tradicional, este mayor valor nutritivo es debido principalmente al estado fonológico del forraje, donde su contenido relativo de proteína entre otros componentes es máximo, reduciéndose drásticamente la proteína verdadera a partir del día 15 de cultivo(Sánchez, 2001).

Los rendimientos de proteína del forraje producido establece una buena calidad nutricional y le dan mayor valor nutritivo al forraje; aunque estos valores son inferiores al 25 % de proteína del forraje hidropónico reportado por Sepúlveda, (1994), lo que indican una clara opción de aumentar el valor nutritivo del forraje con el incremento del nivel de fertilización con nitrógeno.

4.6.6. Valor energético.

Desde el punto de vista cualitativo, la energía es el nutriente más importante (a excepción del agua) que necesitan los animales, su determinación se efectúa a través de la combustión de la muestra y posterior medición de calorías en un calorímetro (Churchy Pond, 1992).

La caloría (cal) es la cantidad de calor que se necesita para elevar la temperatura de 1g de agua de 14.5 hasta 15.5°C y es equivalente a 4.1854 Joules. Esto se debe a que en el sistema métrico se establece el Joule (SI) como la unidad de la energía. Sin embargo, se continúa empleando el sistema calórico, cuya unidad básica es la caloría térmica, debido a que el valor de una caloría es muy pequeño, se representa el valor energético de los alimentos en Kilocalorías (1000 calorías) o en Megacalorías (1000 kcal) (Churchy Pond, 1992).

En el cuadro 19 se presenta el valor energético en materia seca del forraje hidropónico producido por tratamiento. Según el análisis de varianza no existen

diferencias significativas en el valor energético entre los tratamientos; sin embargo el tratamiento S2 es diferente a los I tratamientos S1, S3, S4 y S5 con un mayor valor energético (cuadro 25) y el CV es de 11.01% mismo que se halla en el rango establecido por Calzada (1970).

Cuadro 25. Análisis de Varianza en Kcal/100 g de Forraje Hidropónico de Cebada

F V	GL	SC	CM	Fcal	Ftab
Tratamientos	4	595,7	148,9	1,991087	3,48
Error	10	748	74,8		
TOTAL	14	1344			

CV 11,0128 %

Como el tratamiento S2 es el que obtuvo un mayor rendimiento en materia seca es de esperarse que también presente un mayor valor energético debido a la mayor cantidad de sustratos energéticos como son los carbohidratos totales, proteína y grasas principalmente.

Comparando el valor energético del forraje hidropónico de 4042 Kcal/Kg MS en el tratamiento (S1) con las 3216 Kcal/Kg MS de forraje hidropónico reportado por Sepúlveda, (1994) hay un mayor valor energético del forraje producido durante el periodo de estudio.

El valor energético del forraje producido es superior al heno de cebada que tiene 1680 Kcal/Kg en MS, la paja de cebada que tiene 1392 Kcal/Kg en MS reportados por Sepúlveda, (1994), lo que indica una vez mas el mayor valor nutritivo del forraje hidropónico comparado con las otras formas de forraje de cebada.

4.7. Índice de conversión de semilla en materia seca.

Este índice nos muestra si en el forraje producido hubo un incremento o un decremento y en que proporción respecto a la semilla, el mayor índice de conversión

de semilla a forraje se da en el tratamiento S2, esto significa que con el uso de la solución (S2) por cada unidad de peso de semilla se obtienen 1,59 unidades de forraje en materia seca lo cual indica el aumento de materia seca por la fotosíntesis (cuadro 26).

Este índice también nos indica que hubo un aumento de materia debido a la asimilación de carbono durante la fotosíntesis, lo que demuestra la necesidad de luz en el interior del ambiente hidropónico, los índices de conversión de semilla a forraje en materia seca son superiores a los reportados por Dosal, (1987) de 0.98 a un nivel de 200 ppm de Nitrógeno.

Cuadro 26. Relación de la cantidad de forraje en materia seca producido por unidad de semilla.

Tratamiento	Peso semilla (gr.)	MS (gr.)	Índice de Conversión
S1	1100	1505	1 : 1,37
S2	1100	1748	1 : 1,59
S3	1100	1452	1 : 1,32
S4	1100	1405	1 : 1,28
S5	1100	1562	1 : 1,42

Los resultados anteriores demuestran que el uso de las soluciones completas no resulta en mayor cantidad de producción de fitomasa, lo cual es más evidente en el tratamiento (S5) (testigo).

Esta situación se debe al gasto energético de los tratamientos S1, S2, S3 y S4 donde la asimilación y posterior metabolización de los nutrientes ofrecidos implica un desvío de energía a dichos procesos en desmedro de la energía necesaria para la síntesis de nueva materia orgánica, situación que no ocurre en el tratamiento testigo (S5) que no tiene el aporte de nutrientes.

4.8. Costos de producción.

Los costos de producción de forraje hidropónico se desglosan en el cuadro 27 a fin de apreciarlos con más detalle.

Cuadro 27. Costos de producción del forraje hidropónico en ambiente protegido.

ÍTEM	COSTO
Costos fijos (vida útil 5 años)	Costo Bs/ m ²
Construcción del ambiente hidropónico	89.43
Construcción de estantería de producción	20.01
construcción de bandejas de producción	47.32
Equipos asociados al cultivo de forraje	29.39
Total costos fijos	204.78
Costos variables (25 ciclos de 11 días/año)	Costo anual/ m ²
Hipoclorito de Sodio.	0,93
Semilla	82,50
Mano de obra	431,55
Fertilizantes (S1)	3,01
Fertilizantes (S2)	2,81
Fertilizantes (S3)	2,30
Fertilizantes (S4)	2,11
Fertilizantes (S5)	0,0
Total costos de producción por tratamiento	Costo anual/ m ²
Total costos de producción (S1)	557,99
Total costos de producción (S2)	557,79
Total costos de producción (S3)	557,28
Total costos de producción (S4)	557,09
Total costos de producción (S5)	554,98

4.8.1. Costos fijos.

Entre los costos fijos un ítem importante es el costo de construcción del ambiente hidropónico, naturalmente que puede utilizarse cualquier ambiente que posea luminosidad difusa para la producción de forraje hidropónico, lo cual bajaría los costos de implementación que es el primer problema a nivel productor.

Coincidimos con Morales, (1987) en que el gasto de implementación es elevado, estos costos pueden reducirse con el empleo de material local o mediante el uso de invernaderos en desuso o se pueden acondicionar ambientes en desuso.

Otra inversión importante e imprescindible es debida a los costos para la construcción del andamiaje o estantería y bandejas de producción del forraje hidropónico; estos costos son difíciles de reducir por la naturaleza de los mismos, habiendo pocos sustitutos más económicos, al contrario el costo de las bandejas puede ser más elevado pero con mayor durabilidad, aspecto que debe tenerse en cuenta en la producción de forraje hidropónico.

Sánchez, (1996) indica, que si bien el gasto elevado en costos fijos es importante, el mismo es ínfimo si lo comparamos con los costos fijos que implican la compra y manutención de maquinaria, construcción de silos y el uso de maquinaria implica la conservación de forrajes.

4.8.2. Costos variables.

Estos gastos son proporcionales al volumen de semillas a transformarse en forraje y el uso de insumos dentro de estos el más importante es el ítem de mano de obra, cuyo costo representa mas del doble que los insumos a transformarse en producto, (cuadro 27).

La mano de obra es el más alto egreso que se tiene, siendo más costosa que los insumos y .los gastos fijos, entonces la producción de forraje hidropónico puede constituirse en una fuente de auto empleo rural.

Los fertilizantes usados representan el menor gasto de inversión a realizarse, debido al empleo de fertilizantes económicos y accesibles en el mercado; los rendimientos y el valor nutritivo del forraje producido nos indica que aunque el uso de los mismos no es necesario.

Por la tecnología y materiales empleados para la producción de forraje hidropónico, según Marulanda e Izquierdo, (1998) se puede considerar al ambiente hidropónico como una instalación popular.

5. CONCLUSIONES

El rendimiento por unidad de superficie (30TM/MS/Ha) resulta mayor que el sistema convencional (2,16 TM/MS/Ha), el costo de forraje en materia seca bajo estas condiciones es de 18 bs/kg, es mayor comparado con el forraje tradicional que llega a 1,1 bs/kg.

El costo por metro cuadrado año es de 557,026 bs/m²/año que resulta mayor al costo del forraje tradicional de 2415 bs./Ha/año, esto debido al costo de la mano de obra es de 431,55 bs/m²/año.

Por su contenido en proteína 12,21 %, energía 4022,40 Kcal/Kg , 81,6 % de carbohidratos y 80 % de humedad el forraje hidropónico de Cebada es un alimento nutritivo y succulento de alta calidad.

Para la producción de forraje hidropónico, no es necesario el uso de soluciones nutritivas; pero el costo relativo de los fertilizantes respecto a otros ítems es muy bajo (cerca del 0,4 %), y su inclusión es recomendada a fin de obtener un mayor valor nutritivo del forraje en especial en el contenido de oligoelementos.

El costo inicial para la instalación de una unidad de producción de forraje hidropónico, es mayor al de un sistema tradicional, para la producción de forrajes, pero es mínimo si se compara con la compra de maquinaria.

La producción de forraje hidropónico es factible de practicarla a nivel del pequeño productor sin la necesidad de utilizar fertilizantes, con la inversión de mano de obra familiar como alternativa de hidroponía simplificada.

6. RECOMENDACIONES

Los costos en la producción de forraje hidropónico pueden reducirse dentro del sistema de producción familiar con el uso de la semilla producida en la propia unidad productiva, generándose una ocupación al poblador rural en época de seca.

Para la producción de forraje hidropónico de Cebada es recomendable elevar los niveles de nitrógeno de la solución nutritiva.

Se recomienda validar la utilización de la solución nutritiva S1 y S3, en otros ensayos y con otros cultivos a fin de poder contar con una alternativa de hidroponía simplificada.

Si se desea la producción de más proteína utilizar la solución S1 o S2 con un mayor nivel de nitrógeno.

También se deben evaluar variedades de cebada entre si para la producción de forraje hidropónico de Cebada, pues este es un factor muy importante.

Por otro lado se deben comparar periodos de crecimiento y su efecto en rendimiento en materia verde y contenido proteínico.

Es importante realizar análisis especiales a fin de determinar el contenido de vitaminas y minerales en el forraje hidropónico de Cebada.

7. BIBLIOGRAFÍA

- ABAD, M. 1994. Sustratos para el cultivo sin suelo. Ed. Mundi-Prensa. Madrid, España. pp, 131-166.
- ALFINAL. 2007. Calidad del agua de riego en hidroponía. (en línea). Lima, Perú.. Consultado 4 de jul. 2007. Disponible en: www.alfinal.com/cgi-bin/search.cgi
- ARANO, C. 1998. Forraje Verde Hidropónico y Otras Técnicas de Cultivos sin Tierra. Ed. Propia. Buenos Aires, Argentina. pp, 250.
- BATEMAN, J.V. (1970). Nutrición Animal. Manual de métodos analíticos. Ed. Herrero. México D.F.pp, 468.
- BOADA, S. B.1998. Nutrición y Alimentación Animal. Facultad de Pecuaria. Ed. Universitaria. Habana, Cuba. Tomo 1. pp 427.
- CALZADA, 1970. Métodos estadísticos para la investigación. 3^{er} ed. Ed. Jurídica Lima, Perú. pp 289.
- CALDERÓN, G. 2001. Historia de la Hidroponía y de la Nutrición Vegetal (en línea).. Bogotá, Col. Consultado 20 de jun. 2007. Disponible en: <http://www.drcalderonlabs.com/index.html>.
- CAÑAS, C.R. 1995. Alimentación y nutrición animal (en línea). Santiago, Ch. Consultado 2 de jul. 2007. Disponible en: <http://www.KayraNet - Alimentos y Nutrientes.htm>
- CATRILEO. S. A; ROJAS, G. C y MATUS C.J. 2001. Evaluación de la Producción y calidad de cebada sembrada sola y asociada a especies forrajeras para la producción de ensilaje. Universidad de La Frontera (en línea). Chile. Consultado 2 de jul. 2007. Disponible en: http://www.scielo.cl/cielo.php?script=sci_arttext&pid=S03658072003000200002&lng=es&nrm=isocias

- CHANG, M. 1996. Hidroponía un nuevo campo para la agricultura: Tercer curso-taller del Centro de Investigación de Hidroponía y Nutrición Mineral, Lima, Perú. pp 59-64.
- CHANG, M; HOYOS, M y RODRÍGUEZ, A. 2000. Producción de Forraje Verde Hidropónico. Ed. Centro de Investigación de Hidroponía y Nutrición Mineral, Lima, Perú. pp, 235.
- CHURCH, D.C. Y POND, W.G. 1992. Fundamentos de nutrición y alimentación de animales. Ed. Limusa. México. pp 45.
- CHURCH, D.C. 1988. El Rumiante. Fisiología digestiva y nutrición. Ed. Acribia, S.A Zaragoza, España. pp 641.
- COLQUE, T. 2005, Evaluación de variedades de cebada (*H. vulgare*) 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. pp, 65.
- COMPO AGRO,2006, Ch. Fetrilon combi (en línea). Santiago, Ch. Consultado 2 de jul. 2007. Disponible en: <http://www.compo.cl/fertilizantes.htm>
- DOSAL, J.J.M. 1987. Efecto de la dosis de siembra, época de cosecha y fertilización sobre la calidad y cantidad de forraje de Avena producido bajo condiciones de hidroponía. Ed. Universidad de Concepción. Chile. pp, 252.
- FAO. 2007. Valor nutritivo de los alimentos. (en línea).México. Me. Consultado 4 de jul. 2007. Disponible en: www.rlc.fao.org/pubs
- GALLARDO, G.N. 1997. Producción de Forraje Hidropónico de Cebada (*Hordeum vulgare*) en Ambiente Controlado con tres Soluciones Nutritivas en dos Concentraciones. Tesis en Agronomía. La Paz. Universidad Mayor de San Andrés. pp, 115.

GRUPO CONSULTORA AMBIENTAL 2004, Bol. Información Básica sobre Hidroponía. (en línea). Consultado 2 de jul. 2007. Disponible en: <http://www.gcaconsultora.com.a>

GALLARDO & ASOCIADOS CONSULTORA C.T.A., S.R.L. 2007. El forraje hidropónico (en línea). Consultado 2 de jul. 2007. Disponible en: <http://forrajehidroponico.galeon.com/productos1023770.html>

GONZÁLES, G.1995. Determinación del Estado Optimo Forrajero de Cebada (*Hordeum vulgare*) Mediante el Rendimiento de Materia Seca y Digestibilidad *in situ* en Cinco Estados de Desarrollo, en dos fechas de Siembra. Tesis en Agronomía. La Paz. Universidad Mayor de San Andrés. pp, 28-37.

GRAVES, C.J. 1983. La Técnica de la película nutriente. Cali, Colombia. Revista de Horticultura No 5:.pp, 1-64.

ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD.1988. Guías para la Calidad del Agua Potable.Ed. OMS. Washington, EE.UU. Publicación Científica N° 58, Vol. 3. pp, 52 .

GUILL, M.A. Y REISENAUER, H.M. 1993. Caracterización y naturaleza de los efectos del amonio en el trigo y tomate. Revista de Agronomía. Pp, 89.

HIDALGO, L. MIRANDA, R. 1985. Producción de Forraje en Condiciones de Hidroponía; Evaluaciones Preliminares en Avena y Triticale. Universidad de Concepción. Chile. pp, 79.

HOLDRIDGE, L. 1978. Ecología basada en zonas de vida. Ed. IICA. San José, Costa Rica. pp, 216.

FERTIVERIA. 2007. Soluciones nutritivas para Hidroponía. (en línea). Lima, Pe. Consultado 4 de jul. 2007. Disponible en: http://www.fertiberia.com/informacion_fertilizacion/articulos/fertirrigacion/Preparacion_DisolucionesNutritivas.html

RED HIDROPONÍA, 2000.Boletín Informativo Número 7. Universidad Nacional Agraria La Molina (en línea). Lima, Pe. Consultado 5 de jul. 2007. Disponible en:<http://www.lamolina.edu.pe/hidroponia/boletin7.htm>

RED HIDROPONÍA. 2000. Boletín Informativo Numero 8 Universidad Nacional Agraria La Molina (en línea). Lima, Pe. Consultado 5 de jul. 2007. Disponible en: <http://www.lamolina.edu.pe/hidroponia/boletin8.htm>

RED HIDROPONÍA.2001.Boletín Informativo Número 13 Universidad Nacional Agraria La Molina (en línea). Lima, Pe. Consultado 5 de jul. 2007. Disponible en: <http://www.lamolina.edu.pe/hidroponia/boletin13.htm>

RED HIDROPONÍA.2001.Boletín Informativo Número 17 Universidad Nacional Agraria La Molina. (en línea). Lima, Pe. Consultado 5 de jul. 2007. Disponible en: <http://www.lamolina.edu.pe/hidroponia/boletin17.htm>

RED HIDROPONÍA.2005.Boletín Informativo Número 27 . Universidad Nacional Agraria La Molina. (en línea). Lima, Pe. Consultado 5 de jul. 2007. Disponible en: <http://www.lamolina.edu.pe/hidroponia/boletin27.htm>

HUTERWAL, G. 1992. Hidroponía. Ed. Albatros. Buenos Aires, Argentina, pp 169.

INFOAGRO. 2007. Los fertilizantes (en línea). Consultado 5 de jul. 2007. Disponible en: www.infoagro.com.

IZQUIERDO, J. 2000. Hidroponía Escolar (en línea). Santiago, Ch. Consultado 5 de jul. 2007. Disponible en: <http://www.rlc.fao.org/prior/segalim/prodalim/prodveg/hidrop/pdf/hidro1.pdf>.

IZQUIERDO, J. 2002. Producción de Forraje Verde Hidropónico (en línea). Santiago, Ch. Consultado 5 de jul. 2007. Disponible en: <http://www.fao.org/prior/segalim/forraje.htm>

LARA H., A. 2000. Manejo de la Solución Nutritiva en la Producción de Tomate En Hidroponía (en línea). Zacatecas, Mé. Consultado 5 de jul. 2007. Disponible en: <http://www.alaracanterera.reduaz.mx.org>.

LÓPEZ, L., 1991. Cereales. Ed. Mundi Prensa. Madrid, España, pp 245-247.

MARULANDA, C. H. 2003. Hidroponía Familiar; Cultivo De Esperanzas con Rendimientos de Paz. Colombia, Ed. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. Santiago, Chile, pp 71.

MARULANDA, C., IZQUIERDO, J. 1998. La Huerta Hidropónica Popular. 3ra. ed.. Ed. FAO. Santiago, Chile, pp132.

MORALES O. A. F. 1987. Forraje hidropónico y su utilización en la alimentación de corderos precozmente destetados. Ed. Universidad de Concepción, Chillán, Chile, pp 75.

ÑÍGUEZ C, M. E. 1988. Producción de Forraje en Condiciones de Hidroponía Selección de Especies y Evaluación de Cebada y Trigo. . Ed. Universidad de Concepción, Chillán, Chile, pp 59.

QUISPE, Q. 1999, Estudio comparativo de la variación del forraje de avena (*A. sativa*), cebada (*H. vulgare*) y triticale (*T. aestivum* x *S. cereale*) en la localidad de Choquenaira, Tesis Técnico Superior en Agronomía. La Paz. Universidad Mayor de San Andrés, pp 47,49.

RESH, H. 1988., Cultivos hidropónicos. Ed. Mundi-Prensa, Madrid, pp 287.

ROBLES, S. 1990. Producción de grano de cebada. 5^{ta} ed. Ed. Limusa. México, pp 275-297.

RODRÍGUEZ, F. 1982. Fertilizantes y nutrición vegetal. Ed. A.G.T. México, pp 154.

- RODRÍGUEZ, A. 2005. Hidroponía: Perspectivas y Futuro (en línea). Lima, Pe. Consultado 2 de jul. 2007. Disponible en:
<http://www.fcq.uach.mx/educontinua/hidroponia/perfuturo.htm>].
- RODRÍGUEZ, A; HOYOS, M y CHANG, M. 1999. Sistema de cultivo en columna. (en línea). Lima, Pe. Consultado 4 de jul. 2007. Disponible en:
<http://www.lamolina.edu.pe/hidroponia/boletín4.htm>
- RODRÍGUEZ, S.; J. FRANCO y C. GABALDÓN. 2000 Cultivo hidropónico de tomate de la variedad Gabriela en diez sustratos diferentes. Ed. Universidad Autónoma de Chihuahua Chihuahua, México, pp 152.
- RODRÍGUEZ, R. S. 1999. Hidroponía agricultura y bienestar. Ed. Doble Hélice- Universidad Autónoma de Chihuahua. Chihuahua, México, pp 23.
- ROGER., J.M.2004. El cultivo de la cebada y del trigo. Ed. Trillas, Buenos Aires, Argentina, pp 140.
- SALISBURY. F., ROSS, C. 1994. Fisiología vegetal. Ed. Ibero América. México, pp 450.
- SÁNCHEZ, A. 1996 – 1997. Informes Técnicos de Estadía. Informes Internos de la Dirección Nacional de Empleo. Montevideo, Uruguay. pp 125.
- SÁNCHEZ, A. 2000. Una Experiencia de forraje verde hidropónico en el Uruguay. (en línea). Lima, Pe. Consultado 4 de jul. 2007. Disponible en:
<http://www.lamolina.edu.pe/hidroponia/boletín7.htm>
- SÁNCHEZ, A. 2001. Forraje Verde Hidropónico. Ed. Oficina Regional de la FAO Para América Latina y el Caribe. Santiago, Chile. pp 68.

SÁNCHEZ, C. R. 2004. Hidroponía; Paso a Paso-Cultivo sin tierra. Ed. RIPALME
Lima, Perú. pp 16,17, 44.

SÁNCHEZ, C. R. 2005. Hidroponía (en línea). Lima, Pe. Consultado 4 de jul. 2007.
Disponible en: www.mtss.gub.uy

SÁNCHEZ, F. y ESCALANTE, E. 1988. Hidroponía; Principios y métodos de cultivo.
Ed. Imprenta Universitaria Universidad Autónoma de Chapingo, México. pp 194.

SEPÚLVEDA, R. 1994. Notas Sobre Producción de Forraje Hidropónico. Santiago,
Chile. pp 39.

SCHNEIDER, A. 1991. Alternativas para lecheras y engorde: Forraje Verde
Hidropónico. Ed. Revista El Campesino. Santiago, Chile. pp 45.

STEINER, A. A., 1961. Método Universal para la preparación de soluciones
nutrientes con una concentración definida. Ed. Wageningen. Holanda, pp 134-
154.

STEINER, A.A. 1984. La solución nutritiva universal. 6^{to} congreso internacional del
cultivo en suelo. Holanda, Wageningen. pp 650.

UNIVERSIDAD AGRARIA LA MOLINA. 2005. Centro de Investigación de
Hidroponía y Nutrición Mineral. (en línea). Lima, Pe. Consultado 4 de jul. 2007.
Disponible en:
<http://www.lamolina.edu.pe/FACULTAD/ciencias/hidroponia/default.htm>

WORTHEN E.L. Y ALDRICH S.R. 1980. Suelos agrícolas, su conservación y
fertilización. 2 ed. Ed. UTEHA. México D.F., pp 183.

UNIVERSIDAD AGRARIA LA MOLINA. 2007. Hidroponía. (en línea). Lima, Pe.
Consultado 25 de jun. 2007. Disponible en: www.lamolina.edu.pe/hidroponia/

ANEXO

ANEXO 1

RESULTADOS DE ANÁLISIS DE LABORATORIO



MINISTERIO DE SALUD Y DEPORTES
INSTITUTO NACIONAL DE LABORATORIOS DE SALUD "NESTOR MORALES VILLAZÓN"



INLASA
 RED DE LABORATORIOS OFICIALES DE ANÁLISIS DE ALIMENTOS
RELOAA
 LABORATORIO COORDINADOR NACIONAL

LABORATORIO DE MICROBIOLOGÍA DE ALIMENTOS
INFORME DE ENSAYO

Página: **1 de 1**

No.: DCO-F-07-306-0066/07		Muestra: Agua potable	
Nombre del cliente: Unidad de Vigilancia y Control de Calidad e Inocuidad Alimentaria			
Dirección del cliente: Rafel Zubieta N° 1889 (lado Estado Mayor) Miraflores		Procedencia de la muestra: La Paz	
Condiciones de la muestra: Agua potable		Cantidad: 500 c.c.	
Envase: Plástico			
Acta de muestreo:	400658	Tarjeta de muestreo:	39943
Fecha de muestreo:	07/01/22	Hora:	10:45
Fecha de ingreso a laboratorio:	07/01/22	Hora:	11:00
Fecha de análisis:	07/01/22	Hora:	11:30

RESULTADO

Recuentos

Método	Parametro	Valor encontrado	Valor permitido	Norma de referencia
NB-32005	Coliformes totales	<2NMP/ 100ml.	<2NMP/ 100 ml.	Norma Boliviana - 512/2004
NB-32005	Coliformes fecales	<2NMP/ 100ml.	<2NMP/ 100 ml.	Norma Boliviana - 512/2004

Aspecto: **Límpido**
 Sustancias en suspensión: **Ausentes**
 Olor: **inodoro**

La Paz, 02 de febrero de 2007

Analista: V.B.B.

Nota: Este informe solo puede ser reproducido en forma completa bajo la autorización escrita del laboratorio



 Dra. Daisy Montueros R. M. P. M - 306 RESPONSABLE TÉCNICO	 Dr. J. Walter Aredea Coca DIRECTOR GENERAL EJECUTIVO a.i. INLASA DIRECTOR	 Dra. Angelica Ma. Espada Silva MPE-56 MIN. PSSP INLASA JEFE DE LABORATORIO
---	--	---

Nota: Los resultados se refieren únicamente a la muestra que ingresa al laboratorio.

Dirección: Rafael Zubieta No. 1889 (lado del Estado Mayor General) Miraflores - Casilla M - 10019
 Tel.: 222-6048 / 222-6670 Fax: (591-2) 222-8254
 La Paz - BOLIVIA



IBTEN

MINISTERIO DE PLANIFICACION DEL DESARROLLO

INSTITUTO BOLIVIANO DE CIENCIA Y TECNOLOGIA NUCLEAR
CENTRO DE INVESTIGACIONES NUCLEARES - VIACHA
DIVISION DE QUIMICA

ANALISIS FISICO QUIMICO DE AGUAS

INTERESADO : **MARIO RUBEN MENDOZA R.**
PROCEDENCIA : **Dpto. LA PAZ, Pvcit. INGAVI, VIACHA**

NUMERO DE SOLICITUD: **008 / 2007**
FECHA DE RECEPCION : **24 / enero / 2007**
FECHA DE ENTREGA: **31 / enero / 2007**

Nº Lab.	CODIGO	pH	C. E. mS/cm	Sodio mg/L	Potasio mg/L	Calcio mg/L	Magnesio mg/L	Cloruros mg/L	Sulfatos mg/L	Carbonatos/Bicarbonat mg/L	Sólidos totales mg/L	Sólidos en Suspensión mg/L	Sólidos disueltos mg/L	Boro mg/L
019 /2007	Muestra de agua	7,09	0,175	8,61	1,93	9,45	3,89	4,89	9,93	0,00	49,36	2,47	90,61	0,48

OBSERVACIONES.- C.E. : Conductividad Eléctrica (mili Siemens / cm)



RESPONSABLE DE LABORATORIO
JORGE CHUNGARA C.



Of. Av. 6 de Agosto 2305. Telf.: 2433481 - 2433039 - 2433877 - 2128383 Fax: (0591-2) 2433063 , La Paz - Bolivia
Casilla 4821 , Telf.-2800095 CIN-Viacha , E-mail: iblen@enteinel.net.bo



MINISTERIO DE SALUD Y DEPORTES
INSTITUTO NACIONAL DE LABORATORIOS DE SALUD "NESTOR MORALES VILLAZÓN"

INLASA

RED DE LABORATORIOS OFICIALES DE ANÁLISIS DE ALIMENTOS

RELOAA

LABORATORIO COORDINADOR NACIONAL



LABORATORIO DE NUTRICION Y ANALISIS SENSORIAL
INFORME DE ENSAYO

Página _____

No.: LNS-F-07-6-179-07		Muestra: SEMILLA DE CEBADA	
Nombre del cliente: Unidad de Vigilancia y Control de Calidad e Inocuidad Alimentaria			
Dirección del Cliente: Rafael Zubieta N° 1889		Procedencia de la muestra: LA PAZ	
Condiciones de la muestra: Polietileno		Cantidad: 800 g.	
Acta de muestreo: 400710		Tarjeta de muestreo: 38875	
Fecha de muestreo: 23/04/2007		Hora: 9:40	
Fecha de recepción de la muestra: 23/04/2007		Hora: 10:25	
Fecha de realización del ensayo: 23/04 al 04/05/07		Hora: 8:30 a.m. a 14 p.m.	
RESULTADO			
NUTRIENTE ANALIZADO	CONTENIDO POR 100g. DE MUESTRA	METODO UTILIZADO	
Valor energético	382 Kcal	Cálculo por factores específicos	
Humedad	9.83 %	Secado en estufa a temperatura de 65 a 70°C	
Proteína	9.49 g	Microkhejdall AOAC 960-52	
Grasa	1.83 g	Soxhlet	
H. de carbono	73.89 g	Cálculos	
Fibra cruda	2.4 g	Digestion acida	
Ceniza	2.16 g	Calcinación por método directo	
L a Paz 22 de Mayo del 2007			
 JEFES DE LABORATORIO		 Dr. J. Walter Agreda Coca DIRECTOR GENERAL EJECUTIVO a.i. INLASA DIRECTOR	

Nota: Los resultados se refieren únicamente a la muestra que ingresa al laboratorio.

Dirección: Rafael Zubieta No. 1889 (lado del Estado Mayor General) Miraflores - Casilla M - 10019
 Telf.: 2224078 / 222-6048 / 222-6670 Fax: (591-2) 222-8254 / 2224078
 La Paz - BOLIVIA



LABORATORIO DE NUTRICION Y ANALISIS SENSORIAL
INFORME DE ENSAYO

Página: _____

No.: LNS-F-07-6-156-07	Muestra: FORRAJE HIDROPONICO DE CEBADA M-1
Nombre del cliente: Unidad de Vigilancia y Control de Calidad e Inocuidad Alimentaria	
Dirección del Cliente: Rafael Zubieta N° 1889	Procedencia de la muestra: La Paz Viacha
Condiciones de la muestra: Polietileno	Cantidad: 600g
Acta de muestreo: 400786	Tarjeta de muestreo: 40290
Fecha de muestreo: 02 de Abril de 2007	Hora: 9:40
Fecha de recepción de la muestra: 02 de Abril de 2007	Hora: 11:15
Fecha de realización del ensayo: 03 al 20 de Abril de 2007	Hora: 8:30a.m. a 14p.m.

RESULTADO

NUTRIENTE ANALIZADO	CONTENIDO POR 100g. DE MUESTRA	METODO UTILIZADO
Valor energético	77 Kcal	Cálculo por factores específicos
Humedad	80.7 %	Secado en estufa a temperatura de 65 a 70°C
Proteína	2.4 g	Microkhejdall AOAC 960-52
Grasa	0.49 g	Soxhlet
H. de carbono	15.79 g	Cálculos
Fibra cruda	4.86 g	Digestión ácida
Ceniza	0.62 g	Calcinación por método directo

Los resultados de humedad y cenizas, deben ser utilizados unicamente para fines de comparación de nutrientes.

La Paz, 23 de Abril de 2007

Dra. Rosángela Mejía G.
 JEFE LAB. DE NUTRICION Y A.S.
 INLASA - M.S.y.D.
JEFE DE LABORATORIO

Dr. J. Walter H. Coca
 DIRECTOR GENERAL EJECUTIVO a.l.
 INLASA
DIRECTOR

Nota: Los resultados se refieren únicamente a la muestra que ingresa al laboratorio.



LABORATORIO DE NUTRICION Y ANALISIS SENSORIAL
INFORME DE ENSAYO

Página: _____

No.: LNS-F-07-6-157-07		Muestra: FORRAJE HIDROPONICO DE CEBADA M-2	
Nombre del cliente: Unidad de Vigilancia y Control de Calidad e Inocuidad Alimentaria			
Dirección del Cliente: Rafael Zubieta N° 1889		Procedencia de la muestra: La Paz Viacha	
Condiciones de la muestra: Polietileno		Cantidad: 600g	
Acta de muestreo: 400786		Tarjeta de muestreo: 40291	
Fecha de muestreo: 02 de Abril de 2007		Hora: 9:40	
Fecha de recepción de la muestra: 02 de Abril de 2007		Hora: 11:15	
Fecha de realización del ensayo: 03 al 20 de Abril de 2007		Hora: 8:30a.m. a 14p.m.	
RESULTADO			
NUTRIENTE ANALIZADO	CONTENIDO POR 100g. DE MUESTRA	METODO UTILIZADO	
Valor energético	79 Kcal	Cálculo por factores específicos	
Humedad	80.01 %	Secado en estufa a temperatura de 65 a 70°C	
Proteína	2.14 g	Microkhejdall AOAC 960-52	
Grasa	0.43 g	Soxlet	
H. de carbono	16.79 g	Cálculos	
Fibra cruda	4.4 g	Digestión ácida	
Ceniza	0.83 g	Calcincación por método directo	
Los resultados de humedad y cenizas, deben ser utilizados unicamente para fines de comparación de nutrientes.			
La Paz, 23 de Abril de 2007			
 Dra. Leonor Mijangos G. JEFE LAB. DE NUTRICION Y A.S. INLASA - M.S.Y.D. JEFE DE LABORATORIO		 Dr. J. Walter Agreda Coca DIRECTOR GENERAL EJECUTIVO a.i. DIRECTOR	

Nota: Los resultados se refieren únicamente a la muestra que ingresa al laboratorio.



LABORATORIO DE NUTRICION Y ANALISIS SENSORIAL
INFORME DE ENSAYO

Página: 1

No.: LNS-F-07-6-158-07		Muestra: FORRAJE HIDROPONICO DE CEBADA M - 3	
Nombre del cliente: Unidad de Vigilancia y Control de Calidad e Inocuidad Alimentaria			
Dirección del Cliente: Rafael Zubieta N° 1889		Procedencia de la muestra: La Paz	
Condiciones de la muestra: Polietileno		Cantidad: 600 g.	
Acta de muestreo: 400786		Tarjeta de muestreo: 40282	
Fecha de muestreo: 02 de Abril de 2007		Hora: 9:40	
Fecha de recepción de la muestra: 02 de Abril de 2007		Hora: 11:30	
Fecha de realización del ensayo: 03 al 20 de Abril de 2007		Hora: 8:30a.m. a 14p.m.	
RESULTADO			
NUTRIENTE ANALIZADO	CONTENIDO POR 100g. DE MUESTRA	METODO UTILIZADO	
Valor energético	70 Kcal	Cálculo por factores específicos	
Humedad	82.52 %	Secado en estufa a temperatura de 65 a 70°C	
Proteína	2.26 g	Microkhejdall AOAC 960-52	
Grasa	0.41 g	Soxlet	
H. de carbono	14.22 g	Cálculos	
Fibra cruda	3.65 g	Digestión ácida	
Ceniza	0.59 g	Calcinación por método directo	
<p>Los resultados de humedad y cenizas, deben ser utilizados unicamente para fines de comparación de nutrientes.</p> <p align="center">La Paz, 23 de Abril de 2007</p>			

[Signature]
JEF. DE LABORATORIO

[Signature]
Dr. J. Walter Agreda Coca
 DIRECTOR GENERAL EJECUTIVO a.i.
 DIRECTOR

Nota: Los resultados se refieren unicamente a la muestra que ingresa al laboratorio.



LABORATORIO DE NUTRICION Y ANALISIS SENSORIAL
INFORME DE ENSAYO

Página: _____

No.: LNS-F-07-6-159-07		Muestra: FORRAJE HIDROPONICO DE CEBADA M-4	
Nombre del cliente: Unidad de Vigilancia y Control de Calidad e Inocuidad Alimentaria			
Dirección del Cliente: Rafael Zubieta N° 1889		Procedencia de la muestra: La Paz Viacha	
Condiciones de la muestra: Polietileno		Cantidad: 600g	
Acta de muestreo: 400786	Tarjeta de muestreo: 40293		
Fecha de muestreo: 02 de Abril de 2007	Hora: 9:40		
Fecha de recepción de la muestra: 02 de Abril de 2007	Hora: 11:15		
Fecha de realización del ensayo: 03 al 20 de Abril de 2007	Hora: 8:30a.m. a 14p.m.		

RESULTADO

NUTRIENTE ANALIZADO	CONTENIDO POR 100g. DE MUESTRA	METODO UTILIZADO
Valor energético	68 Kcal	Cálculo por factores específicos
Humedad	82.87 %	Secado en estufa a temperatura de 65 a 70°C
Proteína	2.17 g	Microkhejdall AOAC 960-52
Grasa	0.36 g	Soxlet
H. de carbono	14.08 g	Cálculos
Fibra cruda	3.85 g	Digestión ácida
Ceniza	0.52 g	Calcinación por método directo

Los resultados de humedad y cenizas, deben ser utilizados unicamente para fines de comparación de nutrientes.

La Paz, 23 de Abril de 2007

 Jefe de Laboratorio	 Dr. J. Walter Agreda Coca DIRECTOR GENERAL EJECUTIVO a.i. DIRECTOR
--------------------------------	---

Nota: Los resultados se refieren únicamente a la muestra que ingresa al laboratorio.



LABORATORIO DE NUTRICION Y ANALISIS SENSORIAL
INFORME DE ENSAYO

Página: _____

No.: LNS-F-07-6-160-07	Muestra: FORRAJE HIDROPONICO DE CEBADA M-5	
Nombre del cliente: Unidad de Vigilancia y Control de Calidad e Inocuidad Alimentaria		
Dirección del Cliente: Rafael Zubieta N° 1889	Procedencia de la muestra: La Paz Viacha	
Condiciones de la muestra: Polietileno	Cantidad: 600g	
Acta de muestreo: 400786	Tarjeta de muestreo: 40294	
Fecha de muestreo: 02 de Abril de 2007	Hora: 9:40	
Fecha de recepción de la muestra: 02 de Abril de 2007	Hora: 11:15	
Fecha de realización del ensayo: 03 al 20 de Abril de 2007	Hora: 8:30a.m. a 14p.m.	
RESULTADO		
NUTRIENTE ANALIZADO	CONTENIDO POR 100g. DE MUESTRA	METODO UTILIZADO
Valor energético	82 Kcal	Cálculo por factores específicos
Humedad	79.71 %	Secado en estufa a temperatura de 65 a 70°C
Proteína	2.51 g	Microkhejdall AOAC 860-52
Grasa	0.64 g	Soxlet
H. de carbono	16.6 g	Cálculos
Fibra cruda	3.75 g	Digestión ácida
Ceniza	0.54 g	Calcincación por método directo
<p>Los resultados de humedad y cenizas, deben ser utilizados unicamente para fines de comparación de nutrientes.</p>		
<p>La Paz, 23 de Abril de 2007</p>		
 Dr. Leonor Mejía G. JEFE LAB. DE NUTRICION Y A.S. INLASA - M.S.y.D. JEFE DE LABORATORIO		 Dr. J. Walter Agreda Coca DIRECTOR GENERAL EJECUTIVO a.i. DIRECTOR

Nota: Los resultados se refieren únicamente a la muestra que ingresa al laboratorio.



LABORATORIO DE NUTRICION Y ANALISIS SENSORIAL
INFORME DE ENSAYO

Página: _____

No.: LNS-F-07-6-161-07		Muestra: FORRAJE HIDROPONICO DE CEBADA M-6	
Nombre del cliente: Unidad de Vigilancia y Control de Calidad e Inocuidad Alimentaria			
Dirección del Cliente: Rafael Zubieta N° 1889		Procedencia de la muestra: La Paz	
Condiciones de la muestra: Polietileno		Cantidad: 600g	
Acta de muestreo: 400788		Tarjeta de muestreo: 40296	
Fecha de muestreo: 03 de Abril de 2007		Hora: 8:30	
Fecha de recepción de la muestra: 03 de Abril de 2007		Hora: 11:35	
Fecha de realización del ensayo: 04 al 20 de Abril de 2007		Hora: 8:30a.m. a 14p.m.	
RESULTADO			
NUTRIENTE ANALIZADO	CONTENIDO POR 100g. DE MUESTRA	METODO UTILIZADO	
Valor energético	89 Kcal	Cálculo por factores específicos	
Humedad	77.92 %	Secado en estufa a temperatura de 65 a 70°C	
Proteína	2.18 g	Microkhejdall AOAC 960-52	
Grasa	0.69 g	Soxlet	
H. de carbono	18.59 g	Cálculos	
Fibra cruda	3.7 g	Digestión ácida	
Ceniza	0.62 g	Calcinción por método directo	
<p>Los resultados de humedad y cenizas, deben ser utilizados unicamente para fines de comparación de nutrientes.</p> <p align="center">La Paz, 23 de Abril de 2007</p>			

Dr. Leonor Mejía
 JEFE LAB. DE NUTRICION Y A.S.
 INLASA - M.S.y.D.
JEFE DE LABORATORIO

Dr. J. Walter Agreda Coca
 DIRECTOR GENERAL INSTITUTO a.l.
DIRECTOR

Nota: Los resultados se refieren únicamente a la muestra que ingresa al laboratorio.



LABORATORIO DE NUTRICION Y ANALISIS SENSORIAL
INFORME DE ENSAYO

Página: _____

No.:	LNS-F-07-8-162-07	Muestra:	FORRAJE HIDROPONICO DE CEBADA M-7
Nombre del cliente: Unidad de Vigilancia y Control de Calidad e Inocuidad Alimentaria			
Dirección del Cliente: Rafael Zubieta N° 1889		Procedencia de la muestra: La Paz	
Condiciones de la muestra: Polietileno		Cantidad: 600g	
Acta de muestreo:	400788	Tarjeta de muestreo:	40297
Fecha de muestreo:	03 de Abril de 2007	Hora:	8:30
Fecha de recepción de la muestra:	03 de Abril de 2007	Hora:	11:35
Fecha de realización del ensayo:	04 al 20 de Abril de 2007	Hora:	8:30a.m. a 14p.m.

RESULTADO

NUTRIENTE ANALIZADO	CONTENIDO POR 100g. DE MUESTRA	METODO UTILIZADO
Valor energético	103 Kcal	Cálculo por factores específicos
Humedad	74.53 %	Secado en estufa a temperatura de 65 a 70°C
Proteína	2.49 g	Microkhejdall AOAC 980-52
Grasa	0.85 g	Soxlet
H. de carbono	21.44 g	Cálculos
Fibra cruda	3.88 g	Digestión ácida
Ceniza	0.89 g	Calcinción por método directo

Los resultados de humedad y cenizas, deben ser utilizados unicamente para fines de comparación de nutrientes.

La Paz, 23 de Abril de 2007

 Dra. Ana María Méndez JEFE LAB. DE NUTRICION Y A.S. INLASA - M.S.Y.D. JEFE DE LABORATORIO	 Dr. J. Walter Agreda Coca DIRECTOR GENERAL EJECUTIVO a.i. DIRECTOR
---	---



Nota: Los resultados se refieren únicamente a la muestra que ingresa al laboratorio.



LABORATORIO DE NUTRICION Y ANALISIS SENSORIAL
INFORME DE ENSAYO

Página: _____

No.: LNS-F-07-6-163-07		Muestra: FORRAJE HIDROPONICO DE CEBADA M-8	
Nombre del cliente: Unidad de Vigilancia y Control de Calidad e Inocuidad Alimentaria			
Dirección del Cliente: Rafael Zubieta N° 1889		Procedencia de la muestra: La Paz	
Condiciones de la muestra: Polietileno		Cantidad: 600g	
Acta de muestreo: 400788		Tarjeta de muestreo: 40288	
Fecha de muestreo: 03 de Abril de 2007		Hora: 8:30	
Fecha de recepción de la muestra: 03 de Abril de 2007		Hora: 11:35	
Fecha de realización del ensayo: 04 al 20 de Abril de 2007		Hora: 8:30a.m. a 14p.m.	
RESULTADO			
NUTRIENTE ANALIZADO	CONTENIDO POR 100g. DE MUESTRA	METODO UTILIZADO	
Valor energético	82 Kcal	Cálculo por factores específicos	
Humedad	79.56 %	Secado en estufa a temperatura de 65 a 70°C	
Proteína	2.45 g	Microkhejdall AOAC 960-52	
Grasa	0.67 g	Soxlet	
H. de carbono	16.67 g	Cálculos	
Fibra cruda	3.69 g	Digestión ácida	
Ceniza	0.65 g	Calcinación por método directo	
Los resultados de humedad y cenizas, deben ser utilizados unicamente para fines de comparación de nutrientes.			
La Paz, 23 de Abril de 2007			

 Dña. Leonora JEFE LAB. DE NUTRICION Y A.S. INLASA - M.S.Y.D. JEFE DE LABORATORIO	 Dr. J. Walter Agreda Coca DIRECTOR GENERAL EJECUTIVO a.i. DIRECTOR
---	---

Nota: Los resultados se refieren únicamente a la muestra que ingresa al laboratorio.



LABORATORIO DE NUTRICION Y ANALISIS SENSORIAL
INFORME DE ENSAYO

Página: _____

No.: LNS-F-07-6-164-07		Muestra: FORRAJE HIDROPONICO DE CEBADA M-9	
Nombre del cliente: Unidad de Vigilancia y Control de Calidad e Inocuidad Alimentaria			
Dirección del Cliente: Rafael Zubieta N° 1889		Procedencia de la muestra: La Paz	
Condiciones de la muestra: Polietileno		Cantidad: 600g	
Acta de muestreo: 400788		Tarjeta de muestreo: 40299	
Fecha de muestreo: 03 de Abril de 2007		Hora: 8:30	
Fecha de recepción de la muestra: 03 de Abril de 2007		Hora: 11:35	
Fecha de realización del ensayo: 04 al 20 de Abril de 2007		Hora: 8:30a.m. a 14p.m.	
RESULTADO			
NUTRIENTE ANALIZADO	CONTENIDO POR 100g. DE MUESTRA	METODO UTILIZADO	
Valor energético	76 Kcal	Cálculo por factores específicos	
Humedad	81.02 %	Secado en estufa a temperatura de 65 a 70°C	
Proteína	2.47 g	Microkhejdall AOAC 960-52	
Grasa	0.60 g	Soxlet	
H. de carbono	15.19 g	Cálculos	
Fibra cruda	4 g	Digestión ácida	
Ceniza	0.72 g	Calcinación por método directo	
<p>Los resultados de humedad y cenizas, deben ser utilizados unicamente para fines de comparación de nutrientes.</p> <p align="center">La Paz, 23 de Abril de 2007</p>			
 Dra. Leonor Mejía G. JEFE LAB. DE NUTRICION Y A.S. INLASA - M.S.Y.D. JEFE DE LABORATORIO		 Dr. J. Walter Agreda Coca DIRECTOR GENERAL EJECUTIVO a.i. DIRECTOR	

Nota: Los resultados se refieren únicamente a la muestra que ingresa al laboratorio.



LABORATORIO DE NUTRICION Y ANALISIS SENSORIAL
INFORME DE ENSAYO

Página: _____

No.: LNS-F-07-6-165-07		Muestra: FORRAJE HIDROPONICO DE CEBADA M-10	
Nombre del cliente: Unidad de Vigilancia y Control de Calidad e Inocuidad Alimentaria			
Dirección del Cliente: Rafael Zubieta N° 1889		Procedencia de la muestra: La Paz	
Condiciones de la muestra: Polietileno		Cantidad: 600g	
Acta de muestreo: 400788		Tarjeta de muestreo: 40300	
Fecha de muestreo: 03 de Abril de 2007		Hora: 9:40	
Fecha de recepción de la muestra: 03 de Abril de 2007		Hora: 10:20	
Fecha de realización del ensayo: 05 al 20 de Abril de 2007		Hora: 8:30a.m. a 14p.m.	
RESULTADO			
NUTRIENTE ANALIZADO	CONTENIDO POR 100g. DE MUESTRA	METODO UTILIZADO	
Valor energético	75 Kcal	Cálculo por factores específicos	
Humedad	81.42 %	Secado en estufa a temperatura de 65 a 70°C	
Proteína	2.04 g	Microkhejdall AOAC 960-52	
Grasa	0.62 g	Soxlet	
H. de carbono	15.25 g	Cálculos	
Fibra cruda	4.02 g	Digestión ácida	
Ceniza	0.62 g	Calcincación por método directo	
<p>Los resultados de humedad y cenizas, deben ser utilizados unicamente para fines de comparación de nutrientes.</p> <p align="center">La Paz, 23 de Abril de 2007</p>			

JEFE DE LABORATORIO
JEFE LAB. DE NUTRICION Y A.S.
 INLASA

Dr. J. Walter Agreda Coca
 DIRECTOR GENERAL EJECUTIVO a.l.
INLASA
DIRECTOR

Nota: Los resultados se refieren unicamente a la muestra que ingresa al laboratorio.



LABORATORIO DE NUTRICION Y ANALISIS SENSORIAL
INFORME DE ENSAYO

Página: _____

No.: LNS-F-07-6-166-07		Muestra: FORRAJE HIDROPONICO DE CEBADA M-11	
Nombre del cliente: Unidad de Vigilancia y Control de Calidad e Inocuidad Alimentaria			
Dirección del Cliente: Rafael Zubieta N° 1889		Procedencia de la muestra: La Paz	
Condiciones de la muestra: Polietileno		Cantidad: 600g	
Acta de muestreo: 400793		Tarjeta de muestreo: 40317	
Fecha de muestreo: 04 de Abril de 2007		Hora: 9:40	
Fecha de recepción de la muestra: 04 de Abril de 2007		Hora: 10:20	
Fecha de realización del ensayo: 05 al 20 de Abril de 2007		Hora: 8:30a.m. a 14p.m.	
RESULTADO			
NUTRIENTE ANALIZADO	CONTENIDO POR 100g. DE MUESTRA	METODO UTILIZADO	
Valor energético	78 Kcal	Cálculo por factores específicos	
Humedad	81 %	Secado en estufa a temperatura de 65 a 70°C	
Proteína	2.2 g	Microkhejdall AOAC 960-52	
Grasa	0.82 g	Soxlet	
H. de carbono	15.43 g	Cálculos	
Fibra cruda	3.91 g	Digestión ácida	
Ceniza	0.55 g	Calcinción por método directo	
Los resultados de humedad y cenizas, deben ser utilizados unicamente para fines de comparación de nutrientes.			
La Paz, 23 de Abril de 2007			

Dr. Leonor Motta
JEFE LAB. DE NUTRICION Y A.S.
 INLASA m. s. y. d.
JEFE DE LABORATORIO

Dr. J. Walter Agreda Coca
DIRECTOR GENERAL EJECUTIVO a.l.
DIRECTOR

Nota: Los resultados se refieren únicamente a la muestra que ingresa al laboratorio.



LABORATORIO DE NUTRICION Y ANALISIS SENSORIAL
INFORME DE ENSAYO

Página: _____

No.: LNS-F-07-6-167-07	Muestra: FORRAJE HIDROPONICO DE CEBADA M-12	
Nombre del cliente: Unidad de Vigilancia y Control de Calidad e Inocuidad Alimentaria		
Dirección del Cliente: Rafael Zubieta N° 1889	Procedencia de la muestra: La Paz Viacha	
Condiciones de la muestra: Polietileno	Cantidad: 600g	
Acta de muestreo: 400793	Tarjeta de muestreo: 40318	
Fecha de muestreo: 04 de Abril de 2007	Hora: 9:40	
Fecha de recepción de la muestra: 04 de Abril de 2007	Hora: 10:20	
Fecha de realización del ensayo: 05 al 20 de Abril de 2007	Hora: 8:30a.m. a 14p.m.	
RESULTADO		
NUTRIENTE ANALIZADO	CONTENIDO POR 100g. DE MUESTRA	METODO UTILIZADO
Valor energético	79 Kcal	Cálculo por factores específicos
Humedad	80.41 %	Secado en estufa a temperatura de 65 a 70°C
Proteína	2.27 g	Microkhejdall AOAC 960-52
Grasa	0.67 g	Soxlet
H. de carbono	16 g	Cálculos
Fibra cruda	4.01 g	Digestión ácida
Ceniza	0.65 g	Calcinción por método directo
<p>Los resultados de humedad y cenizas, deben ser utilizados unicamente para fines de comparación de nutrientes.</p> <p align="center">La Paz, 23 de Abril de 2007</p>		
 Dra. Elvira María G. JEFE LAB. DE NUTRICION Y A.S. INLASA - M.S.Y.D. JEFE DE LABORATORIO	 Dr. J. Walter Agreda Coca DIRECTOR GENERAL I.C.T.V.O a.i. INLASA DIRECTOR	

Nota: Los resultados se refieren únicamente a la muestra que ingresa al laboratorio.



LABORATORIO DE NUTRICION Y ANALISIS SENSORIAL
INFORME DE ENSAYO

Págin#: _____


No.:	LNS-F-07-6-188-07	Muestra:	FORRAJE HIDROPONICO DE CEBADA M-13
Nombre del cliente: Unidad de Vigilancia y Control de Calidad e Inocuidad Alimentaria			
Dirección del Cliente: Rafael Zubieta N° 1889		Procedencia de la muestra: La Paz Viacha	
Condiciones de la muestra: Polietileno		Cantidad: 600g	
Acta de muestreo:	400793	Tarjeta de muestreo:	40310
Fecha de muestreo:	04 de Abril de 2007	Hora:	9:40
Fecha de recepción de la muestra:	04 de Abril de 2007	Hora:	10:20
Fecha de realización del ensayo:	05 al 20 de Abril de 2007	Hora:	8:30a.m. a 14p.m.

RESULTADO

NUTRIENTE ANALIZADO	CONTENIDO POR 100g. DE MUESTRA	METODO UTILIZADO
Valor energético	67 Kcal	Cálculo por factores específicos
Humedad	83.57 %	Secado en estufa a temperatura de 65 a 70°C
Proteína	3.51 g	Microkhejdall AOAC 960-52
Grasa	0.60 g	Soxlet
H. de carbono	11.82 g	Cálculos
Fibra cruda	3.99 g	Digestión ácida
Ceniza	0.50 g	Calcinación por método directo

Los resultados de humedad y cenizas, deben ser utilizados unicamente para fines de comparación de nutrientes.

La Paz, 23 de Abril de 2007

 Dra. Leonor Mejía JEFE LAB. DE NUTRICION Y A.S. INLASA JEFE DE LABORATORIO	 Dr. J. Walter Alfredo Coca DIRECTOR GENERAL EJECUTIVO a.i. DIRECTOR
---	--

Nota: Los resultados se refieren únicamente a la muestra que ingresa al laboratorio.



MINISTERIO DE SALUD Y DEPORTES
INSTITUTO NACIONAL DE LABORATORIOS DE SALUD "NESTOR MORALES VILLAZÓN"
INLASA
 RED DE LABORATORIOS OFICIALES DE ANÁLISIS DE ALIMENTOS
RELOAA
 LABORATORIO COORDINADOR NACIONAL



LABORATORIO DE NUTRICION Y ANALISIS SENSORIAL
INFORME DE ENSAYO

Página: _____

No.:	LNS-F-07-8-169-07	Muestra:	FORRAJE HIDROPONICO DE CEBADA M-14
Nombre del cliente: Unidad de Vigilancia y Control de Calidad e Inocuidad Alimentaria			
Dirección del Cliente: Rafael Zubieta N° 1889		Procedencia de la muestra: La Paz Viacha	
Condiciones de la muestra: Polietileno		Cantidad: 600g	
Acta de muestreo:	400793	Tarjeta de muestreo:	40320
Fecha de muestreo:	04 de Abril de 2007	Hora:	9:40
Fecha de recepción de la muestra:	04 de Abril de 2007	Hora:	10:20
Fecha de realización del ensayo:	05 al 20 de Abril de 2007	Hora:	8:30a.m. a 14p.m.

RESULTADO

NUTRIENTE ANALIZADO	CONTENIDO POR 100g. DE MUESTRA	METODO UTILIZADO
Valor energético	65 Kcal	Cálculo por factores específicos
Humedad	83.84 %	Secado en estufa a temperatura de 65 a 70°C
Proteína	2.06 g	Microkhejdall AOAC 960-52
Grasa	0.50 g	Soxlet
H. de carbono	13.06 g	Cálculos
Fibra cruda	3.95 g	Digestión ácida
Ceniza	0.54 g	Calcinación por método directo

Los resultados de humedad y cenizas, deben ser utilizados únicamente para fines de comparación de nutrientes.

La Paz, 23 de Abril de 2007

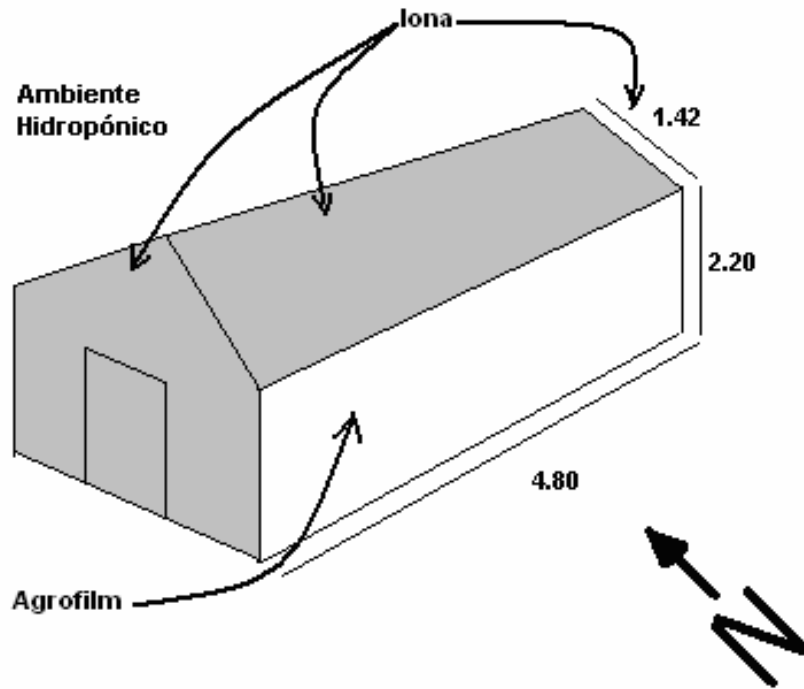
 Dra. Leonora Medina G. JEFE LAB. DE NUTRICION Y A.S. INLASA - M.S.Y.D. JEFE DE LABORATORIO	 Dr. J. Walter Agreda Coca DIRECTOR GENERAL EJECUTIVO a.i. INLASA DIRECTOR
--	---

Nota: Los resultados se refieren únicamente a la muestra que ingresa al laboratorio.

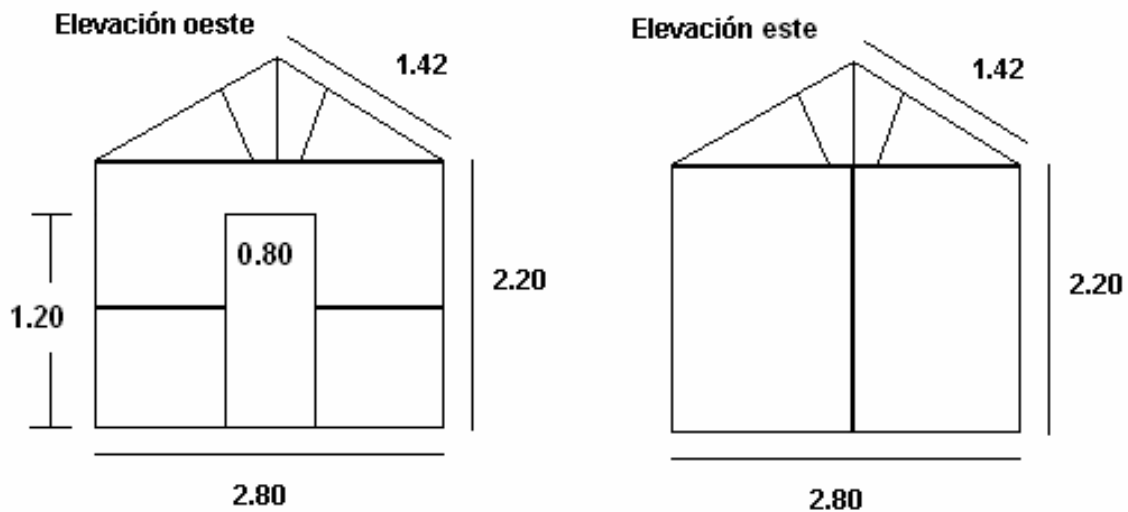
Dirección: Rafael Zubieta No. 1889 (lado del Estado Mayor General) Miraflores - Casilla M - 10019
 Telf.: 2224078 / 222-6048 / 222-6670 Fax: (591-2) 222-8254 / 2224078
 La Paz - BOLIVIA

ANEXO 2

DETALLES DE CONSTRUCCIÓN DEL AMBIENTE HIDROPÓNICO

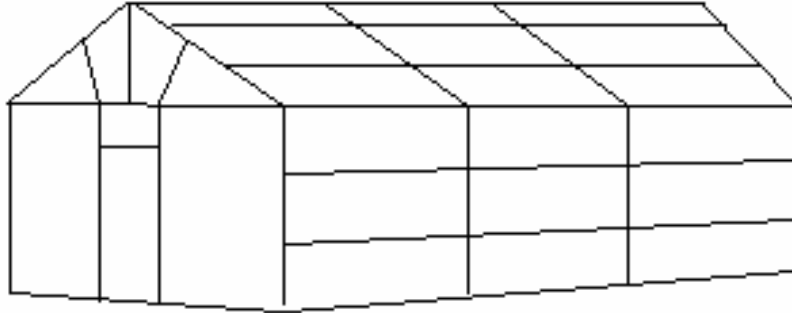


Dimensiones y vista en perspectiva del ambiente hidropónico.



Dimensiones y elevaciones del ambiente hidropónico.

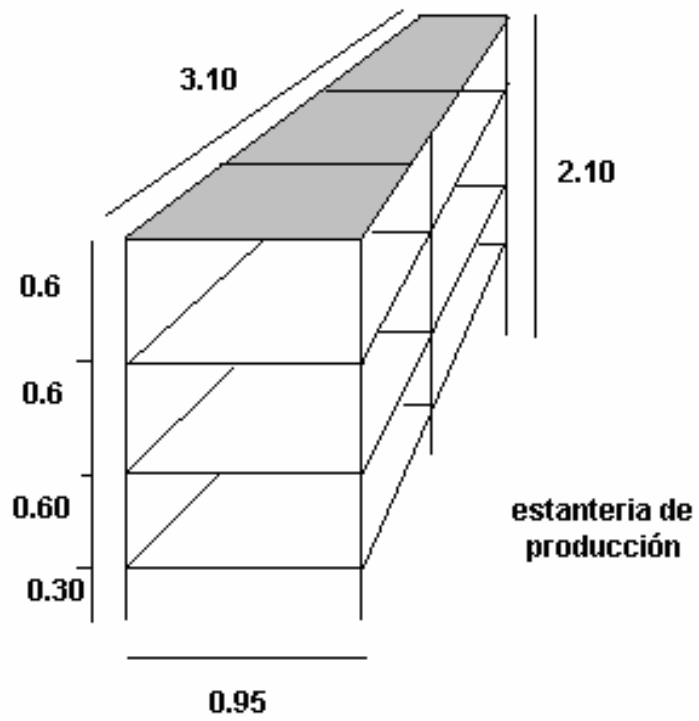
Estructura de madera del Ambiente Hidropónico



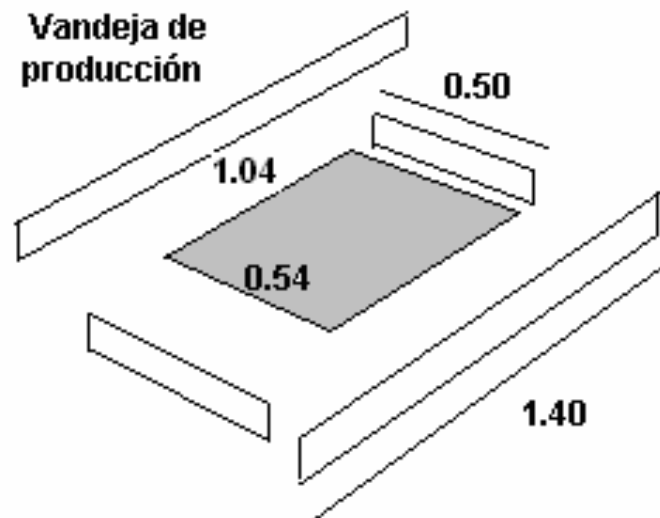
Estructura de madera del Ambiente Hidropónico.



Vista del ambiente hidropónico



Estructura de madera del módulo de cultivo (caballetes).



Bandeja de cultivo.

COSTOS DE CONSTRUCCIÓN DEL AMBIENTE HIDROPÓNICO.

Costo de construcción de ambiente hidropónico (10 m²)				
ítem	Unidad	Costo Unitario	Cantidad	Total B\$
Agrofilm	m	25	12	300
Clavos 2"	Kg	8	2	16
Clavos 3"	Kg	8	3	24
Clavos 4"	kg	8	4	32
Cubierta 4,80mx2"x1,5"	Pza	8	8	64
Lona 4x5 m2	Pza	2	250	500
Marco puerta 0,45mx2"x2"	Pza	2	1	2
Marco puerta 2,20mx2"x2"	Pza	5	4	20
Mano de obra	Jornal	20	2	40
Parantes 2,20mx3"x2"	Pza	5	8	40
Puerta 0,65mx2"x2"	Pza	2	4	8
Puerta 1,80mx2"x2"	Pza	4	2	8
Soporte de cubierta 0,35mx2"x2"	Pza	2	8	16
Soporte de cubierta 1,42mx2"x2"	Pza	4	8	32
Soporte de cubierta 2,8mx2"x2"	Pza	6	4	24
Travesaños 4,20mx2"x2"	Pza	8	2	16
TOTAL				1142

Costo de construcción de estantería				
ítem	Unidad	Costo Unitario	Cantidad	Total B\$
Clavo 1"	Kg	8	1,5	12
Clavos 2"	Kg	8	1,5	12
Largueros 3,10mx1"x3"	Pza	8	8	64
Mano de obra	Jornal	20	2	40
Parantes 2,10mx2"x2"	Pza	5	6	30
Soporte de bandeja 0,95mx3"x0,75"	Pza	5	15	75
Travesaños 0,95mx1"x3"	Pza	3	12	36
TOTAL				269

Costo de construcción de bandejas de cultivo (7.5 m²)				
ítem	Unidad	Costo Unitario	Cantidad	Total B\$
Clavos 1"	Kg	8	1	8
Lámina PE 0,65mx1,25m	m2	1	25	25
Largueros 1,17mx3"x0,75"	Pza	2	30	60
Mano de obra	Jornal	20	4	80
Polietileno	m	25	4	100
Plancha Aluminio 0,54mx1,04m	Pza	5	15	75
Tachuelas	Caja (100 unid)	5	4	20
Travesaños 0,50mx3"x0,75"	Pza	1,5	30	45
TOTAL				413

ANEXO 3

REGISTRO FOTOGRÁFICO



Pesado de semilla



Lavado de semilla



Remojo de semilla



Escurreido de semilla



Siembra.



Esparcido de semilla.



Bandeja sembrada.



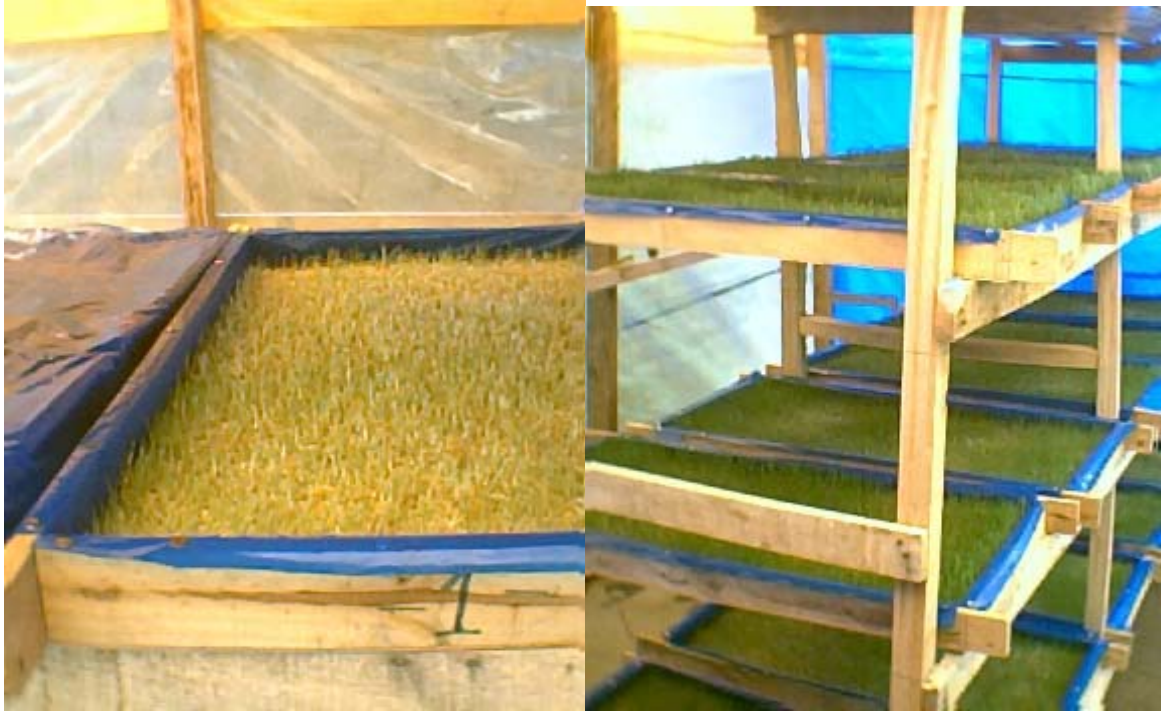
Bandeja cubierta.



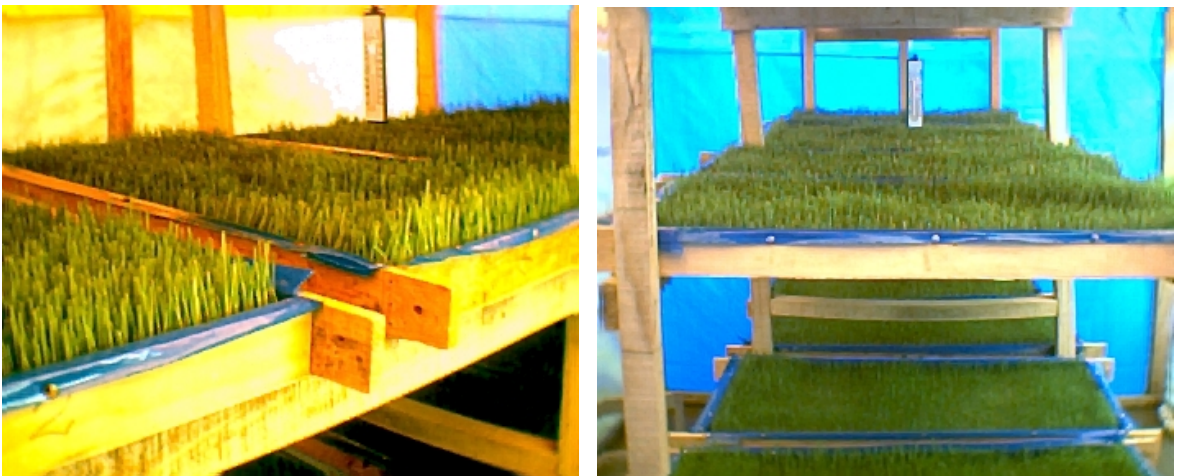
Riego.



Semillas germinadas 2^{do} día.



Vista del cultivo de forraje en pisos.



Desarrollo del forraje



Desarrollo del forraje 7^{mo} día.



Vista del riego.



Cosecha del forraje.



Determinación del rendimiento de forraje hidropónico.



Palatabilidad del Forraje.