

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA,
SEDE CUENCA**

Carrera:

Ingeniería Agropecuaria Industrial.

**Trabajo de grado previa a la
obtención del título de**

Ingeniero Agropecuario Industrial

Título o tema del trabajo:

“EVALUACIÓN DE TRES NIVELES DE FERTILIZACIÓN EN
FORRAJE VERDE HIDROPÓNICO DE CEBADA (*Hordeum vulgare*).”

Autor:

Edisson Bolívar Orellana Tigre.

Director:

Ing. Hernán Avilés Landivar. Mgst.

Cuenca - Marzo - 2015

“EVALUACIÓN DE TRES NIVELES DE FERTILIZACIÓN EN
FORRAJE VERDE HIDROPÓNICO DE CEBADA (*Hordeum vulgare*).”

Certificado de Responsabilidad

Que el presente trabajo de tesis de grado “EVALUACIÓN DE TRES NIVELES DE FERTILIZACIÓN EN FORRAJE VERDE HIDROPÓNICO DE CEBADA (*Hordeum vulgare*), cumple con el reglamento de grados y títulos de la Universidad Politécnica Salesiana y que ha sido correctamente desarrollado por el Egdo. Orellana Tigre Edison Bolívar, y revisada en cada una de sus etapas, por lo tanto autorizo su presentación.

Cuenca, Marzo 2015



Ing. Hernán Avilés Landívar. Mgst.

DIRECTOR TESIS

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Los conceptos desarrollados, análisis realizados y las conclusiones del presente trabajo académico de fin de carrera, son de exclusiva responsabilidad del autor y autorizo a la Universidad Politécnica Salesiana el uso del mismo con fines académicos.

A través de la presente declaración cedemos los derechos de propiedad intelectual correspondiente a este trabajo a la Universidad Politécnica Salesiana, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su reglamento y por la normativa institucional vigente.

Cuenca, Marzo de 2015

A handwritten signature in blue ink, consisting of stylized, overlapping loops and curves, positioned above a horizontal line.

Edisson Bolívar Orellana Tigre

010483836-3

Dedicatoria

A Dios, por darme esta oportunidad, que ha cambiado mi vida y me ha dado nuevas expectativas. Solo él sabe por qué hace las cosas, de verdad estoy muy agradecido por darme la fe y esperanza de que cada día sea mejor.

A mi padres Gloria Tigre y Rómulo Orellana por haberme apoyado en todo momento, por sus consejos, sus valores, por la motivación constante que me ha permitido ser una persona de bien, pero más que nada, por su amor que con sus ejemplos de perseverancia y constancia que lo caracterizan y que me ha infundado siempre, por el valor mostrado para salir adelante y por su excelencia de vida.

A mis hermanos Wilson y Gabriela por ser ejemplos de hermandad y de los cuales aprendí de los momentos fáciles y difíciles; a mi tío Santiago , mi abuelita María Dolores que siempre con su ternura esta siempre esperando que salgamos adelante y a todos aquellos que participaron directa o indirectamente en la elaboración de esta tesis.

A mi novia Ximena por siempre estar a mi lado en el cumplimiento de esta meta que tenemos juntos. ¡Gracias!

EL AUTOR

Agradecimiento

Primeramente quisiera agradecer a Dios por haberme permitido llegar hasta este punto y haberme dado salud para lograr mis objetivos, además de su infinita bondad y amor por permitirme así encontrar la fuerza suficiente para poder escalar un peldaño más de mi vida.

A la UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA por darme la oportunidad de prepararme y ser un profesional que junto a Don Bosco educaron mi vida a ser cada día mejor.

A mi director de tesis, Ing. Hernán Avilés Landivar Mgst. por su esfuerzo y dedicación, quien con sus conocimientos, su experiencia, su paciencia y su motivación ha logrado en mí que pueda terminar mis estudios con éxito.

También me gustaría agradecer a mis profesores durante toda mi carrera profesional porque todos han aportado con un granito de arena a mi formación que por sus consejos, su enseñanza y más que todo por su rectitud en su profesión como docente y por una gran amistad adquirida.

EL AUTOR

INDICE DE CONTENIDOS

	Pg.
I. Planteamiento del problema.....	3
1.1. Tema.....	3
1.2. Introducción.....	3
1.3. Justificación.....	4
1.4. Objetivos	5
II. Marco Teórico.....	6
2.1. Cebada	6
2.2. Descripción Botánica	6
2.3. Desarrollo del grano	7
2.4. Establecimiento del área de la hoja y duración	7
2.5. Taxonomía.....	7
2.6. Rendimientos de la cebada en el Ecuador	8
2.7. Superficie cosechada, Producción y Rendimiento de cebada en el Ecuador en el período 2002-2008.	8
2.8. Costos de producción	9
2.9. Forraje Verde Hidropónico (FVH).....	10
2.9.1. Antecedentes Históricos.....	10
2.9.2. Ventajas y desventajas del FVH	11
2.9.2.1. Ventajas	11
2.9.2.2. Desventajas.....	13
2.10. Factores que influyen en la Producción de F.V.H.	13

2.10.1.	Luminosidad	13
2.10.2.	Temperatura.....	13
2.10.3.	Humedad	14
2.10.4.	Aireación	14
2.11.	Proceso y etapas del FVH.....	14
2.11.1.	Selección de la semilla:	14
2.11.2.	Lavado	15
2.11.3.	Pre-remojo y desinfección.....	15
2.11.4.	Pre-germinación en fase oscura.....	16
2.11.5.	Siembra en fase oscura:	16
2.11.6.	Fase luminosa	16
2.11.7.	Cosecha	16
2.12.	Valor nutricional	18
2.13.	Contenido de Humedad	18
2.14.	Contenido de Materia seca.....	19
2.15.	Fertilización en la producción de FVH.....	21
2.15.1.	Funciones de los elementos nutritivos en las plantas	21
2.16.	Preparación de Soluciones Nutritivas	23
2.16.1.	Equipo requerido en un sistema artesanal sencillo.....	23
2.16.2.	Elementos necesarios	23
2.16.3.	Procedimiento.....	24
2.16.4.	Las sales necesarias para preparar la solución “B”	24
2.16.5.	Dosificación.....	25

III.	HIPÓTESIS	26
3.1.	Operacionalización de las variables	26
3.1.1.	Variable Dependiente (FVH)	26
3.1.2.	Variable independiente (Fertilizante).....	27
IV.	POBLACIÓN Y MUESTRA	28
V.	MARCO METODOLOGICO	29
5.1.	Diseño experimental	29
5.2.	Delimitación	29
5.2.1.	Temporal	29
5.2.2.	Espacial	29
5.2.3.	Académica.....	30
VI.	MATERIALES Y MÉTODOS	31
6.1.	Material experimental.....	31
6.2.	Materiales de campo.....	31
6.3.	Instalaciones	32
6.4.	Equipos	32
6.4.1.	Equipos de oficina.....	32
6.5.	Recursos Humanos	32
6.6.	Método.....	32
6.7.	Métodos de evaluación de variables	33
6.7.1.	Variables dependientes	33
6.7.2.	Variables Independientes.....	34
6.9.	Procedimiento.....	35

6.9.1.	Adecuación.....	35
6.9.2.	Obtención del Forraje Verde Hidropónico.....	38
6.9.2.1.	Selección de semilla	38
6.9.3.	Preparación y Aplicación con Solución Nutritiva	41
6.9.3.1.	Solución Concentrada A (SA)	41
6.9.3.2.	Solución Concentrada B (SB)	41
6.9.4.	Metodología	43
6.9.4.1.	Diseño experimental.....	43
VII.	RESULTADOS Y DISCUSIONES	44
7.8.	Costos de Producción	55
7.8.1.	Discriminación de los Costos del FVH.....	55
7.8.2.	Costo de Fertilizantes.....	56
7.8.3.	Cálculo de costo de FVH	58
VIII.	CONCLUSIONES	62
IX.	RECOMENDACIONES	64
X.	BIBLIOGRAFÍA.....	65

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Gasto de agua para producción de forraje en condiciones de campo	12
Cuadro 2. Características del FVH (cebada) y otras fuentes alimenticias.....	18
Cuadro 3. Composición de una solución nutritiva apta para FVH	22
Cuadro 4. Las sales necesarias para preparar la Solución “A”	23
Cuadro 5. Solución “B”	24
Cuadro 6. Variable dependiente.....	26
Cuadro 7. Variable independiente	27
Cuadro 8. ADEVA de DCA	29
Cuadro 9. Ubicación geográfica	30
Cuadro 10 Metodología de los tratamientos	43
Cuadro 11. ADEVA Materia Verde (M.V) de Cebada a los 15 días.....	44
Cuadro 12. ADEVA Contenido de Materia Seca	46
Cuadro 13. ADEVA de Volumen radicular.....	48
Cuadro 14 ADEVA de Crecimiento del tapete radicular	50
Cuadro 15 ADEVA de Crecimiento de Cebada.	51
Cuadro 16. Costo de Solución "A"	56
Cuadro 17. Costo de Solución "B"	56
Cuadro 18. Costos de Producción de la Investigación	57
Cuadro 19. Costos Fijos en USD por Metro Cuadrado para la producción de FVH.....	58
Cuadro 20. Costos Fijos USD en la Compra de Equipos para la Producción de FVH.	58
Cuadro 21. Costos Fijos de Amortización por m ² para una Infraestructura de Producción de FVH.....	59

Cuadro 22. Costos Variables para un ciclo productivo de FVH.....	60
Cuadro 23. Costos totales	61
Cuadro 24. Costo USD de Kg de FVH.....	61
Cuadro 25. Materia verde, peso con efecto de borde (kg) en una Área de 0,187m ² (0,34m*0,55m).	70
Cuadro 26. Materia Verde, peso sin efecto de borde (kg) en una Área de 0,108m ² (0,24m*0,45m).	70
Cuadro 27. Contenido de Materia seca.....	71
Cuadro 28. Crecimiento de tapete radicular 15 días (cm).	71
Cuadro 29. Volumen cc a los 15 días para una área de 0,0225m ² (0,45m*0,05m).	72
Cuadro 30. Comparación Colorimetría.....	72
Cuadro 31. Crecimiento día 7 (cm).	72
Cuadro 32. Crecimiento día 10 (cm).	73
Cuadro 33. Crecimiento día 15 (cm).	73
Cuadro 34. Cuadro consumo fertilizante anual con riego de 1,5 lts /día.....	73
Cuadro 35. Contenido Nutricional de la Solución "A".....	74
Cuadro 36. Contenido Nutricional de la Solución "B".....	74
Cuadro 37. Contenido Nutricional del Tratamiento 1.	75
Cuadro 38. Contenido Nutricional del Tratamiento 2.	75
Cuadro 39. Contenido Nutricional del Tratamiento 3.	76

INDICE DE GRAFICOS

Grafico 1. Rendimiento en el cultivo de cebada en los países de la CAN para el período 2000-2009.	8
Grafico 2. Superficie, producción y rendimiento de cebada en el Ecuador, 2009.	9
Grafico 3. Porcentaje de Humedad	20
Grafico 4. Porcentaje de Materia Seca	20
Grafico 5. Esquema de tratamientos	33
Grafico 6. Invernadero, Bandeja y cerchas	38
Grafico 7. Materia Verde de Cebada a los 15 días	45
Grafico 8. Contenido de Materia seca	47
Grafico 9 Crecimiento Radicular.	49
Grafico 10 Crecimiento de tapete radicular.	50
Grafico 11 Crecimiento de Cebada.	52
Grafico 12. Técnica de comparación de colores	53
Grafico 13 Escala colorimetría.....	53
Grafico 14. Contenido de Humedad.....	54
Grafico 15. Comparación de rendimiento con y sin efecto de borde	54
Grafico 16. Análisis de la Materia Seca.....	77
Grafico 17. Análisis de laboratorio.	78
Grafico 18 Análisis de laboratorio	79
Grafico 19. Planta de Cebada en excelente desarrollo.	90

ÍNDICE DE FOTOGRAFIAS.

Foto 1 Adecuación de la cerchas.	80
Foto 2. Sistema de conducción de Agua.....	80
Foto 3. Zona de Germinación (Obscura) Durante tres días.	81
Foto 4. Oreado de la semilla día dos y tres.	81
Foto 5. Día dos de germinado de la semilla.	82
Foto 6. Día tres de germinado semilla (raíz entre 0,5 a 1cm).....	82
Foto 7. Día tres siembra en las charolas y colocadas en cuarto germinado.....	83
Foto 8. Día cuatro de germinada semilla.	83
Foto 9. Día cinco germinado.	83
Foto 10. Día seis de la germinación.....	84
Foto 11. Día siete germinado (presencia acción de la fotosíntesis).....	84
Foto 12. Día 8 de Germinación.	85
Foto 13. Día nueve de germinación.....	85
Foto 14. Día diez de germinación.....	86
Foto 15. Crecimientos a los diez días, los 3 tratamientos.....	86
Foto 16. Día once de germinación.....	87
Foto 17. Día doce de germinación.....	87
Foto 18. Día trece de germinación.....	88
Foto 19. Día catorce de germinación.....	88
Foto 20. Día quince de germinación.....	89
Foto 21. Distribución de los tratamientos.....	89
Foto 22 . Identificación de la coloración de T1.	90

Foto 23. Identificación de la coloración del T2.....	91
Foto 24. Identificación de la coloración del T3.....	91
Foto 25. Corte del efecto de borde.....	92
Foto 26. Corte del efecto de borde.....	92
Foto 27 Medición de crecimiento tapete radicular a los quince días.....	93
Foto 28. Medida del volumen de raíz a los quince días.....	93
Foto 29. Preparado listo de Solución A y B.	94
Foto 30. Fertilizantes para preparar la Solución Madre.	94
Foto 31 Análisis de pH y CE, de las muestras de los tratamientos.	96
Foto 32. Análisis del pH y CE del agua utilizado en el Ensayo.	96

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Costos de producción de la Cebada	9
Tabla 2. Resultado del Análisis Bromatológico de la Cebada producido por 0, 40, 60% de Biol.	21
Tabla 3. Horario de Riego	37

INDICE DE ANEXOS

Número 1. Cronograma de Ejecución.....	69
Número 2. Datos de Campo.....	70

Resumen

El presente proyecto se realiza en Quimzhy- Gualaceo con el objetivo de evaluar niveles de fertilización en Cebada en un sistema de FVH, con la finalidad de encontrar alternativas tecnológicas primordiales. Para el estudio se utiliza el Diseño Completamente al Azar (DCA), los resultados se analizan mediante ADEVA y mediante DUNCAN al 1% y 5% para determinar de significancia. Las bandejas experimentales están representadas por un área de 0,1925 m² internamente, en la que se coloca una densidad de siembra de 500g de semilla de Cebada por cada una, luego del proceso de pre-germinado las semillas presentan una germinación superior al 90% y un peso de 713gr, dándonos un aumento en el peso de 42,6 %. El forraje verde hidropónico (FVH) es una metodología de producción de alimento para el ganado que permite evadir las condiciones climáticas naturales encontradas en zonas áridas para el cultivo convencional de forrajes. Se evaluarán tres niveles de fertilización en el cultivo de Cebada (*Hordeum vulgare*) con una Solución Madre las cuales la componen dos tipos: Solución Nutritiva A (SA) y Solución Nutritiva B (SB). En los tratamientos se aplica de la siguiente manera: Para el Tratamiento 1 (T1) 1cc SA + 0,25cc (SB), Tratamiento 2 (T2) 1,25(SA) +0,5cc (SB) y al Tratamiento 3 (T3) 1,5(SA) +0,75cc (SB). El mejor rendimiento alcanzado por los tratamientos fue T3 seguido de T2 y T1, 17.92, 15.65, 13.59 kg de FVH/ m² pero nos proporciona el menor contenido de Materia Seca (MS) en el orden respectivo T2, T1 y T3, 9.40, 9.19 y 9.00% respectivamente. Los resultados del porcentaje de humedad emitidos por el laboratorio, demostraron que el T3 seguidos de T1 y T2 nos brinda una mayor cantidad de humedad 91.00, 90.81 y 90,60%, respectivamente, corroborando con los datos del contenido de Materia seca. El Volumen radicular que prevalece es T3, seguido de T2 y T1, 288.3, 250. 00 y 203.3cc respectivamente. En cuanto al crecimiento del tapete radicular el mejor nos brinda T3, T1 y T2, 3.1, 2.9 y 2.8 cm respectivamente. El crecimiento de la planta de FVH que alcanzo mayor altura fue T3, T2 y T1 25.3, 23.8 y 23cm respectivamente. El color de la hoja al comparar en la escala colorimetría es satisfactorio la obtenida por T3, seguida de T2, pero dejando a T1 como no satisfactorio.

Abstract

This project is done in Quimzhy - Gualaceo with the objective to assess levels of fertilization in *Barley* in a system of FVH, in order to find primordial technological alternatives. It is used to study the Design Completely at Random (DCA), the results are analyzed by ANOVA and DUNCAN to 1% and 5% for significance. Experimental trays are represented by an area of 0, 1925sq internally, in which a density of 500 g of Barley seed is placed for each tray. After the pre-germinated process the seeds have germination greater than 90% and weight 713 gr, giving us an increase in weight of 42.6%. The hydroponic Green fodder (FVH) is a methodology for the production of cattle nourishment which allows you to avoid the limited weather conditions found in arid zones for the conventional cultivation of forage. Three levels of fertilization will be evaluated which are in the cultivation of barley (*Hordeum vulgare*) with a Mother Solution which includes two types: Nutritive Solution A (SA) and Nutritive Solution B (SB). Treatments are applied in the following manner: for treatment 1 (T1) 1cc SA + 0,25cc (SB), Treatment 2 (T2) 1, 25(SA) +0,5cc (SB) and for treatment 3 (T3) 1, 5(SA) +0,75cc (SB). The best performance achieved by the treatment was T3 followed by T2 and T1, 17.92, 15.65, 13.59kg of FVH / m², but it gives a lower content of dry matter (MS) in the following order T2, T1 and T3, 9.40, 9.19 and 9.00% respectively. The percentage of humidity results issued by the laboratory, showed that T3 followed by T1 and T2 gives us a greater amount of moisture 91.00, 90.81 and 90,60%, respectively, confirming with the data of the dry matter content. The root volume that prevails is T3, followed by T2 and T1, 288.3, 250.00 and 203.3cc respectively. In terms of the growth of the root mat the best is T3, T1 and T2, 3.1, 2.9 and 2.8 cm respectively. The plant growth of FVH that reached greater height was T3, T2, T1 25.3, 23.8 and 23 cm respectively. The color of the leaf while comparing in the calorimetry scale is satisfactory obtained by T3, followed by T2, but leaving T1 as unsatisfactory.

I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Tema

“Evaluación de tres niveles de Fertilización en Forraje Verde Hidropónico de Cebada (*Hordeum_vulgare*).”

1.2. Introducción

El Forraje Verde Hidropónico (FVH), es el resultado de proceso de germinación de semillas de granos de cereales o leguminosas como cebada, trigo, avena, maíz, sorgo; que han crecido por un periodo de 9 a 15 días, logrando alcanzar una altura de 20 a 25cm. Esto en función de las condiciones micro-climáticas en que se produce, tales como: luz, temperatura y humedad.

Un sistema de producción agropecuario sostenible debe mejorar, o al menos mantener los recursos naturales sin devaluarlos, y no generar situaciones que disminuyen la actividad ganadera, como por ejemplo la contaminación.

En los últimos años, la actividad agropecuaria en estas zonas se ha incrementado notablemente; sin embargo, su expansión ha tenido lugar sin el debido control ecológico y las tecnologías comúnmente utilizadas no son las más apropiadas, provocando problemas de contaminación de suelos.

La producción de germinados está considerado como un sistema hidropónico, debido a que este se realiza sin suelo, lo que permite producir a partir de semillas colocadas en bandejas, una masa forrajera de alto valor nutritivo, consumible al 100 %, con una digestibilidad de 85 % a 90 %, limpio y libre de contaminaciones. Este sistema hidropónico está considerado como un concepto nuevo de producción, ya que para esta, no se requiere de grandes extensiones de tierras, periodos largos de producción, ni formas de conservación y almacenamiento.

La producción de forraje hidropónico permitiría asegurar una fuente constante de alimento muy homogéneo en volumen de fitomasa y calidad nutritiva, mejorando la condición de salud, vitalidad y fertilidad del ganado atribuible a la alta calidad del alimento hidropónico.

1.3. Justificación

El presente proyecto tiene la finalidad de enmarcar a los productores a la no dependencia de factores edafológicos, más bien en busca de nuevas tecnologías que acaparen nuestros requerimientos en cuanto a producción y ganancias económicas.

Por esta razón esta tecnología de Forraje Verde Hidropónico (FVH) no requiere de suelo ni de extensiones grandes de terreno para alimentar a un gran número de animales no así que al contrario se requiere con la agronomía tradicional. Se los puede cultivar en cualquier lugar tomando en cuenta la cantidad y calidad del agua, además del conocimiento y capital necesario para su ejecución y sustentabilidad.

La actividad Agropecuaria en nuestro país es una fuente de ingreso. Además, de ser un gran generador de divisas para el país, producto de las exportaciones que realiza, el sector agropecuario es también de vital importancia en lo social ya que permite la generación de fuentes de empleo.

El desarrollo pecuario está estrechamente ligado al desarrollo social y cultural de los pueblos, por lo que la tecnología en forrajes debe estar en permanente cambio para mejorar economía y contribuir a un buen manejo de los recursos: suelo y agua.

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

La producción de FVH como un medio ideal para alimentar animales, (bovinos, cuyes, ovinos, etc.) ya que innumerables ocasiones han ocurrido grandes pérdidas económicas como consecuencia de déficit alimentarios o faltas de forraje, henos, ensilajes o granos.

Esta investigación permitirá conocer la mejor fórmula de fertilización para FVH de cebada por su alto contenido nutricional, presentan frescura, palatabilidad por lo que su producción y cantidad está en los 15 días.

1.4. Objetivos

Objetivo General

“Proponer un manejo de fertilización en Forraje Verde Hidropónico de Cebada (*Hordeum vulgare*)”.

Objetivos Específicos:

- Determinar la mejor fórmula de sustancia nutritiva para FVH en cultivo de cebada.
- Evaluar el efecto hidropónico en la fisiología de la cebada.
- Realizar un análisis de costos.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Cebada

“La producción anual mundial de cebada a medidas de la década de 1980 era de 180 millones de toneladas, casi un 15% más que a los finales de la década anterior [...]” (CASTILLO, 2002)¹

“Según datos de la FAO, la superficie cosechada de cebada abarca 66,55 millones de hectáreas, con una producción de 155 millones de toneladas y un rendimiento medio de 2333Kg/ha.” (OCEANO/Centrum S.f)²

2.2. Descripción Botánica

Sistema radicular: la cebada produce raíces primarias y secundarias análogas al trigo. Las secundarias se desarrollan en los primeros 20cm, sobre todo, aunque esta profundidad varía según la fertilidad y la humedad del suelo [...].

Hojas: *La disposición de las hojas es alternada [...]. En la base de la lámina foliar se encuentra la lígula, y lado de estas hay dos apéndices denominados estipulas. La última hoja, denominada hija bandera, se caracteriza por tener limbo más corto y vainas más larga que otras especies. Las hojas son mas estrechas y color verde claro, suele tener un color verde más claro que el del trigo y en los primeros estadios de su desarrollo la planta de trigo suele ser más erguida.*

Tallo: *Emite tallos a partir de los nudos situados en la base de la planta. Este fenómeno conocido como ahijamiento o amacollamiento, resulta tanto más pronunciado cuanto más favorables sean las condiciones de cultivo [...].*

Inflorescencia: *Se agrupan en forma de espiga. La espiga tiene un eje central o raquis formado por una sucesión de nudos, a partir de cada uno de los cuales se desarrolla tres espiguillas. En la cebada cervecera y de dos carreras de espiguillas laterales son estériles y de la común son fértiles.*
Idem p. 320

¹ CASTILLO, C, “Revisión de la ciencia, tecnología e ingeniería de alimentos” *Recitela*, Vol. 2, Cali, 25 de Marzo, 2002.

² OCEANO/ Centrum S. f”, *Enciclopedia práctica de la agricultura y la ganadería, Cultivos herbáceos extensivos: Gramíneas cereales*, Barcelona, España, Océano Grupo Editorial SA, p 319.

Grano: Es un cariósipide, con la glumillas adheridas, tiene forma de hueso afilado en la punta, con un surco poco profundo a lo largo de su cara ventral [...]. Dentro de la vaina está la cariósipide un fruto en el cual el pericarpio (vestigios de la pared del ovario) se fusiona con la testa. Dentro de la testa el tejido predominante, unido en la periferie por la capa de la aleurona forma parte del endospermo. En la parte basal está el embrión.

2.3. Desarrollo del grano

[...] Los primeros periodos de desarrollo del grano, denominados estado acuoso y estado lechoso, duran al entorno de diez días. Aunque los granos no aumentan mucho de peso durante esta fase, esta es extremadamente importante porque determina el número de células que posteriormente se utilizaran para almacenar almidón. [...] El grano almacena almidón y contiene una consistencia semisólida “masa blanda” [...] que finalmente mientras el grano se aproxima a la madurez y comienza a perder agua rápidamente, su consistencia se hace más sólida “masa dura”. En esta etapa el grano pierde también su color verde. (RIMACHE, 2008)³

2.4. Establecimiento del área de la hoja y duración

“[...] El ritmo de la formación del área de la hoja depende de la temperatura, pero puede incrementarse mediante fertilización con altos niveles de nitrógeno y altos niveles de siembra. La duración de la funcionalidad de la hoja es importante para la óptima formación de los granos.” Idem pp.76-77

2.5. Taxonomía

La cebada es una planta monocotiledónea anual perteneciente a la familia de las poáceas (gramíneas), y al género *Hordeum*, a su vez, es un cereal de gran importancia tanto para animales como para humanos y actualmente el quinto cereal más sembrado en el mundo Linnaeus (1757), clasifica a la cebada en cuatro especies cultivadas diferentes, basado en la fertilidad y diferencias morfológicas de las espigas. [...] se utiliza básicamente como forraje para la alimentación animal. Ambas especies pueden agruparse bajo el nombre único de *Hordeum vulgare* L., ssp. *Vulgare*. (ARELLANO, 2015)⁴

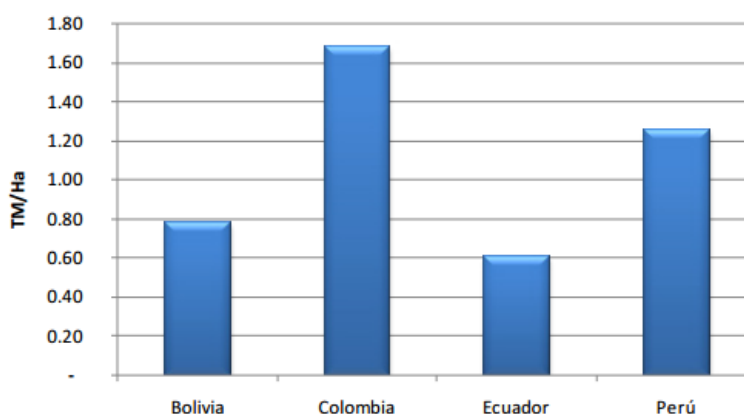
³ RIMACHE, M, *Cultivo de trigo avena y cebada*, Primera edición, Macro E.I.R.L. Perú, p. 70, 2008.

⁴ ARELLANO, H, *Manual de la Cebada, Manual de la Cebada Cervecera en línea*, Consultado el 9 de ene. 2015 Disponible en <http://es.scribd.com/doc/14229542/Manual-Cebada#scribd> p.6

2.6. Rendimientos de la cebada en el Ecuador

La productividad del cultivo de cebada en la CAN, presenta un promedio de 1,08 Ton/Ha, en el período 2000-2009. Muestra el rendimiento de los países que conforman la CAN. Colombia presenta la productividad más alta con 1,68 Ton/Ha; Perú tiene una productividad de 1,26 Ton/Ha, lo cual enfatiza que altos niveles de producción y superficie cosechada son una condición necesaria, mas no suficiente para demostrar especialización en un cultivo. Le siguen en orden Bolivia y Ecuador con 0,78 y 0,60 Ton/Ha, respectivamente. (INEC, 2009)⁵

Grafico 1. Rendimiento en el cultivo de cebada en los países de la CAN para el período 2000-2009.



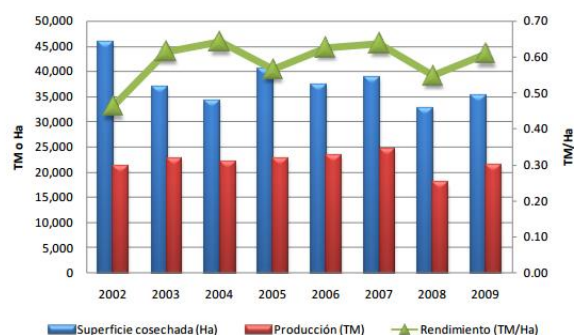
Fuente: FAO, *Rendimiento en el cultivo de cebada en los países de la CAN* 2009.

2.7. Superficie cosechada, Producción y Rendimiento de cebada en el Ecuador en el período 2002-2008.

“La superficie cosechada, la producción y el rendimiento del cultivo de cebada en el Ecuador. La producción de este cultivo presenta una tasa de crecimiento igual a 0,12%, debido a una caída de la superficie sembrada y la superficie cosechada, igual a -2,57% y -3,69%, respectivamente. [...]” Idem p. 19

⁵ INEC, *Sistema Agroalimentario de la Cebada*, Ecuador, 2009, p 27

Grafico 2. Superficie, producción y rendimiento de cebada en el Ecuador, 2009.



Fuente: MAGAP, Superficie, producción y rendimiento de cebada en el Ecuador, 2009.

2.8. Costos de producción

Tabla 1. Costos de producción de la Cebada

Labor o actividad	Tecnología	Costo			
		Unidades	Cantidad	Costo unitario	Costo total/Ha.
1. Análisis del suelo	Análisis completo del suelo		1	20.00	20.00
	subtotal				20.00
2. Preparación del suelo	Tractor (arada)	Horas	3	20.00	60.00
	Tractor (rastrada)	Horas	2	20.00	40.00
	Tractor (cruzada)	Horas	1	20.00	20.00
	subtotal				120.00
3. Variedades	INIAP-Atahualpa 92	Kg.	110	0.40	44.00
	INIAP-Cañicapa 2003				
	INIAP-Pacha 2003				
	subtotal				44.00
4. Siembra	Densidad de siembra:				
	110 Kg./Ha. (a máquina)	Horas	2	20.00	40.00
		jornales	1	7.00	7.00
	subtotal				47.00
5. Fertilización	A la siembra				
	18-46-00	Kg.	150	0.49	73.50
	Muriato de potasio	Kg.	50	0.47	23.50
	A los 45 días				
	Urea	Kg.	50	0.55	27.50
		Jornal	1	7.00	7.00
	Aplicación tractor	Horas	1	20.00	20.00
	subtotal				151.50
6. Control de malezas	Ally	g	15	0.60	9.00
	Aplicación tractor	Horas	1	20.00	20.00
	subtotal				29.00
7. Control Fitosanitario	Desinfección de la semilla				
	Vitavax	Kg.	0.11	23.00	2.53
	Desinfección de la semilla	Kg.	110	0.05	5.50
	Control Roya amarilla o roya roja				
	Tilt	litro	0.5	50.00	25.00
	Aplicación tractor	Horas	1	20.00	20.00
	subtotal				53.03
8. Cosecha	Sacos	Unidad	80	0.20	16.00
	Cosecha combinada	Unidad	80	1.00	80.00
	Enfardado	Unidad	200	0.75	150.00
	subtotal				246.00
9. Poscosecha	Ensacado	Jornal	4	7.00	28.00
	subtotal				28.00
COSTOS DIRECTOS	TOTAL				738.53

Fuente: INEC, Costos de producción, 2009 Idem p. 22

“La distribución de los costos de producción por labor cultural en el proceso de cultivo de cebada. El rubro de mayor peso es la labor de cosecha con un 33% del total, mientras que el análisis del suelo es el menor costo con el 2,71%.”(INEC, 2009, Op Cit, p. 21)

La producción de forraje verde es de 20000 Kg anual por lo que el precio de un Kilo nos da un valor de $(738,53/20000\text{kg}) = 0,04 \text{ USD/kg}$ de Cebada.

2.9. Forraje Verde Hidropónico (FVH)

2.9.1. Antecedentes Históricos

Las prácticas de los cultivos a raíz desnuda, tienen antecedentes desde hace más de tres siglos unos de los primeros en reportar estas prácticas fue Robert Boyle (Irlanda 1627-1692), en donde realizaba cultivos de semillas en agua.

A finales de ese mismo siglo John Woodward realizó germinaciones con distintos tipos de agua y comparó las diferentes concentraciones con los resultados en la composición del germinado de granos regados con esas aguas, si muchos resultados o progresos.

Fue Nicholas Saussure en el siglo XIX, quien estableció la teoría de que la estructura de las plantas se forma por medio de elementos químicos que toman del agua y los nutrientes del suelo que se disuelven, así como también del aire, sirviendo como base para que se llevara a cabo más experimentos.

En el año 1929, el Dr. William F. Gricke, trató de producir cosechas sin el recurso de tierra con gran éxito, llamándolos cultivos hidropónicos.

Los resultados publicados son pocos, en Centro América, la práctica de esta técnica lleva varias décadas implementándose, en Buenos Aires Argentina desde 1976 se habla de estos cultivos en conferencias de hidroponía, pero realmente como los estudios a fondo para su producción industrial empiezan desde los 90's. (COSECHANDO NATURAL, 2015)⁶.

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

⁶ COSECHANDO NATURAL CN, 2009”*Historia del FVH*” (en línea) México. Consultado el 9 de Ene 2015. Disponible en https://www.cosechandonatural.com.mx/nuestra_empresa_articulo14.html.

[...]El uso de FVH una alternativa para lograr en nuestra entidad una ganadería intensiva en donde el ganado esté bien alimentado a precios que permitan competir en el mercado. Otra alternativa viable es conjugar la ganadería intensiva con la extensiva, adoptando para ello, el uso de FVH, al menos en la temporada de escasez de pastos [...].

El FVH puede definirse como el producto de la germinación de diversas semillas generalmente de cereal cuyas plántulas se han dejado desarrollar por un espacio de tiempo que varía de 10 a 15 días. Constituye un alimento de alta digestibilidad y calidad nutricional que puede suministrarse a una gran variedad de animales. Dentro de las semillas comúnmente utilizadas se incluyen trigo, avena, maíz, sorgo y cebada. Dentro de las especies animales que se han alimentado con FVH con resultados exitosos se pueden nombrar aves de corral, conejos, cerdos, borregos, chivas caballos y vacas (ganado de carne o leche). (INEGI, 1999)⁷

2.9.2. Ventajas y desventajas del FVH

2.9.2.1. Ventajas

- *Producción programada de acuerdo a sus necesidades.*
- *Reemplazo de los suplementos alimenticios (piensos compuestos, heno, ensilado, etc.)*
- *Alta digestibilidad y calidades nutricionales, excepcionalmente apto para la alimentación animal.*
- *Se puede producir en cualquier clima y época del año, con un ahorro significativo de agua, recurso cada vez más limitante y clave en nuestro desarrollo productivo.*
- *Aumento de la producción de leche y carne. Al sustituir parte de la ración por FVH en vacas lecheras, produce un aumento en el volumen de leche entre el 12 y el 20 % (tenemos pruebas de hasta 37/40% de aumento de producción).*
- *Bajos costos de producción.*
- *Permite la semi estabulación y la estabulación del ganado.*
- *Alta producción en espacios reducidos.*
- *Baja mano de obra para su manejo.*
- *Muy apetecible por los animales y contiene enzimas digestivas que ayudan a una mejor asimilación del resto de la ración. Tiene un efecto de insalivación por parte del animal que le permite digerir con mayor facilidad el resto del alimento.*
- *Bajo en contaminantes para los animales, al estar producido en atmosfera controlada.*

⁷ INEGI. Anuario estadístico por entidades federativas editado por el Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática, 1999

- Alto contenido en proteína y aporta gran cantidad de vitaminas al animal, como por ejemplo: Vitamina E; Complejo B. A la vez, el FVH es generador de las vitaminas esenciales como la Vitamina A y la Vitamina C, por tener una alta cantidad de carotenos.
- El FVH provoca un aumento de la fertilidad en los animales. Suministrando este alimento el período de “vientre vacío” en vacas, pasa de 4-5 meses a poco más de 2 meses. Esto es por el aumento en el consumo de Vitamina E originado por el FVH.
- Soluciona un problema muy común entre los ganaderos como es la consecución de proteína y el elevado costo en el mercado de los suplementos alimenticios, que se evita con la producción de FVH. (ALISEDA, 2015)⁸
- 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 [...] Alternativamente, la producción de 1 kilo de FVH requiere de 2 a 3 litros de agua con un porcentaje de materia seca que oscila, dependiendo de la especie forrajera, entre un 12% a 18% (Sánchez, 1997; Lomelí Zúñiga, 2000; Rodríguez, S. 2000). Esto se traduce en un consumo total de 15 a 20 litros de agua por kilogramo de materia seca obtenida en 14 días.(IZQUIERDO, J, SANCHEZ, A, 2002)⁹

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

Especie	Litros de agua / kg materia seca (promedio de 5 años)
Avena	635
Cebada	521
Trigo	505
Maíz	372
Sorgo	271

Fuente: CARAMBULA, M. & TERRA, J. 2000.¹⁰

⁸ ALISEDA T S.L,” *Ventajas del forraje verde hidropónico*” (en línea) Alisada, ESPANA, Consultado el 9 de Ene 2015. Disponible en <http://www.trefileriaalisedasl.com/index.php/ventajas>

⁹ IZQUIERDO, J, SANCHEZ, Á, FAO, *Forraje Verde Hidropónico, Manual técnico*, Santiago – Chile, Primera edición, p. 9, 2002.

¹⁰ CARAMBUL, M, TERRA J.” *Alternativas de manejo de pasturas post-sequía*”. *Plan Agropecuario* N° 91, Montevideo, Uruguay, 2000.

2.9.2.2.Desventajas

Las principales desventajas identificadas en un sistema de producción de FVH son:

- ***Desinformación y sobrevaloración de la tecnología [...].*** Se debe tener presente que, por ejemplo, para la producción de forraje verde hidropónico sólo precisamos un fertilizante foliar quelatizado el cual contenga, aparte de los macro y micro nutrientes esenciales, un aporte básico de 200 partes por millón de nitrógeno[...]. La falta de conocimientos e información simple y directa, se transforma en desventaja, al igual que en el caso de la tecnología de hidroponía familiar.
- ***Costo de instalación elevado.*** Morales (1987), cita que una desventaja que presenta este sistema sería el elevado costo de implementación. Sin embargo, se ha demostrado (Sánchez, 1996, 1997) que utilizando estructuras de invernáculos hortícolas comunes, se logran excelentes resultados [...]. (IZQUIERDO & SANCHEZ, 2002, Op cit, p 9).

2.10. Factores que influyen en la Producción de F.V.H.

2.10.1. Luminosidad

La semilla de FVH necesita estar en oscuridad para que germine después requerirá un mínimo de luz 2,800 y hasta 40,000 luxes, [...] Se puede utilizar dos formas:

Utilizar plástico Blanco-Lechoso 30%.

En caso de que ya tengamos una instalación de plástico verde clorofila, vidrio, [...], podemos utilizar malla sombra arriba del material que tengamos colocado.

La malla de sombra ideal a utilizar es con una sombra entre 50% y 70%, ya que ésta, al estar colocada sobre los materiales que anteriormente mencionamos, nos proporcionará una sombra entre el 25% y 35 %, ya que estaría sobrepuesta.

[...] Si el ambiente es muy cerrado se puede recurrir al uso de luz artificial (fluorescente), iluminando las bandejas por un máximo de 12-15 horas. No exponerlas al sol directo. (HYDRO , 2014)¹¹

2.10.2. Temperatura

“Efectuar adecuadamente el manejo y control de las temperaturas óptimas entre 18 – 26°C y con una humedad relativa de 65 – 85 % dentro del invernadero, ya que en

¹¹ HYDRO, E, 2014 *Condiciones ambientales para producir FVH (en línea)*, DF, México Consultado el 9 de Ene 2015. Disponible en http://www.hydroenv.com.mx/catalogo/index.php?main_page=page&id=128

temperaturas altas influye en la proliferación de hongos dentro del invernadero.” (JIMENEZ, 2013)¹²

“La temperatura se debe mantener lo más constante posible durante el día y la noche, en un rango de 15 a 20 grados centígrados como ideal.” (HYDRO, 2014, Op Cit P. 7)

“Para tener una óptima producción de FVH, la temperatura debe estar entre los 22°C a 25°C La temperatura influye en la germinación de la planta, ya que a mayor temperatura, habrá una mayor absorción de agua y evaporación. Si este parámetro es muy variable, se verá reflejado al momento de la cosecha.” (RODRIGUEZ, 2000, Op Cit p. 90)

2.10.3. Humedad

La humedad que necesita la planta se le proporcionara mediante el riego. El rango óptimo de la humedad relativa oscila entre 60 y 80%.

Con una humedad relativa mayor al porcentaje mencionado, existe el riesgo que proliferen las enfermedades por hongos.

Para lograr una humedad en estos rangos, lo ideal es trabajar dentro de un invernadero con anaqueles y con un sistema de riego por aspersión o por nebulizado.

2.10.4. Aireación

El carbono es el nutriente más importante para la planta. Si hay poco movimiento de aire dentro del invernadero, se le estará proporcionando poco carbono a nuestro Forraje Verde Hidropónico.

Para lograr que se renueve el aire dentro del invernadero lo podemos hacer colocando ventilas laterales y cenitales o sencillamente colocando malla antiáfidos en las paredes de la instalación en donde estás produciendo. (HYDRO, 2014 Op Cit. p. 9)

2.11. Proceso y etapas del FVH

Antes de comenzar con el proceso de producción es importante saber que todo el material que se va a utilizar es necesario desinfectarlo con una preparación de cloro al 1% (1mL de cloro/100mL de agua).

2.11.1. Selección de la semilla:

Una vez determinada la especie a ser utilizada y que esté garantizada la madurez fisiológica de las semillas así como su contenido de humedad del (12%; el fin de esta actividad es la de garantizar que “se utilice semillas de cereales o leguminosas de lotes limpios de malezas y que estén libres de

¹² JIMENEZ, J, *Producción de forraje verde hidropónico de trigo y cebada, en diferentes épocas de Cosecha en la quinta experimental punzara*, Universidad Nacional de Loja, Loja, 27 de Mayo del 2013 p 58.

plagas y enfermedades o granos partidos. No se debe utilizar semillas tratadas con funguicidas". (PEREZ, 2008)¹³

“Tome un puñado de semillas de cebada de uno de los sacos y viértalas en un recipiente lleno de agua. Las buenas semillas deben hundirse y no flotar (al menos 95% deben hundirse) de no ser así, se sabe que no están frescas y no van a germinar. [...]” (VILLAR, 1999)¹⁴

2.11.2. Lavado

Se inunda el grano en un tanque o recipiente con el fin de retirar todo el material que flote, como lanas, basura, granos partidos y cualquier otro tipo de impurezas.

2.11.3. Pre-remojo y desinfección

Consiste en colocar las semillas en una solución de agua con cal al 10% durante 24 horas. Esto activa la semilla rompiendo su estado de latencia. Es importante mover el agua con la semilla mínimo 2 veces en esas 24 horas para así asegurar una oxigenación del material.

[...] el tratamiento con hidróxido de calcio también conocida como cal apagada y la concentración será de 50 gr. de cal por 8 litro de agua.

Este tratamiento lo puedes llevar a cabo durante la pre-germinación para aprovechar el agua y disminuir el tiempo de este proceso. El tiempo de remojo será de 8 horas después la sacaras una hora para oxigenar la semilla y nuevamente la introducir 8 horas más.

El tiempo es menor durante la pre-germinación con cal ya que éste es un compuesto muy agresivo para nuestras semillas y el dejarlo por más tiempo podría causar la muerte de las mismas, sin embargo es recomendable que lo hagas de esta forma porque evitaras la incidencia de hongos. (HYDRO, 2014)¹⁵

¹³ PEREZ, J, *Manual de Cultivos Hidropónicos. Ediciones culturales LTDA, Santa Fe de Bogotá Colombia- p 45-46. Tomado de NAVARRETE, Ricardo, “estudio de la productividad de dos gramíneas y una leguminosa, para forraje verde hidropónico con tres cortes sucesivos en la granja ECAA”.*

¹⁴ VILLAR, Cu rso taller Internacional de Hidroponía" Producción de F.V.H, Lima Perú 1999.

¹⁵ Hydro, E, 2014, *Producción intensiva de Forraje verde a través de la Hidroponía* (En línea) Tlalnepantla, Mex, Consultado 9 de enero del 2015. Disponible en http://www.hydroenv.com.mx/catalogo/index.php?main_page=page&id=126.

2.11.4. Pre-germinación en fase oscura

Posteriormente vamos a escurrir la semilla y colocarla en un recipiente tipo coladera, durante 48 horas, esta semilla debemos cubrirla con un plástico o con una tela oscura. Durante este periodo el embrión rompe la cutícula de la semilla y emerge la raíz.

2.11.5. Siembra en fase oscura:

Cuando han transcurrido 48 horas en el recipiente tipo coladera y bajo oscuridad vamos a proceder a sembrar las semillas en las bandejas seleccionadas, las semillas ya presentan raíces así que hay que distribuirlas bien en las charolas, [...] Se debe mantener a temperatura de 22 a 25 ° C y humedad relativa de 80 a 90 %, teniendo una germinación aceptable.

Se dan inicio los riegos usando únicamente agua común. Las semillas permanecen en esta fase por cuatro días, se van a cubrir con plástico negro los anaqueles. Solo en el caso de aparición de hongos se va a aplicar agua con cal al 10% para desinfección.

2.11.6. Fase luminosa

Una vez después de terminada la fase oscura se retira el plástico y se exponen las charolas a la luz durante ocho días. Se aplican riegos de solución nutritiva por las mañanas, agua corriente por las tardes y fumigación con cal o extractos de cítricos por las tardes con mochila agrícola. (COSECHANDO NATURAL, 2015, Op Cit p. 1)

“Un rango óptimo de CE de una solución nutritiva estaría en torno a 1.5 a 2.0 dS·m⁻¹. Por lo tanto, aguas con CE menores a 1.0 dS·m⁻¹ serían aptas para preparar la solución nutritiva.” (JUARES et al, 2013)¹⁶

2.11.7. Cosecha

“La mayor producción de biomasa del FVH, se dio a los 25 días de cosecha, con 4,75 Kg de FVH de cebada y de 3,46 Kg de FVH de trigo promedio por bandeja respectivamente. Donde la mayor producción de biomasa se obtuvo en el FVH de cebada.” (JIMENEZ, 2013, Op Cit p. 57)

“La producción obtenida de FVH por bandeja en el presente trabajo fue de 1.40 kg/bandeja, obtenida a partir de 0.381 kg de semilla (3.7 kg FVH por 1 kg de semilla) [...]” (OSNAYO, 2014)¹⁷

¹⁶ JUARES, Porfirio et.al, “Producción de Forraje Verde Hidropónico” Revista *fuete nueva época*, No 13, México, Abril-Junio, 2013, p 26.

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

Eficiencia en el tiempo de producción. La producción de FVH apto para alimentación animal tiene un ciclo de 10 a 12 días. En ciertos casos, por estrategia de manejo interno de los establecimientos, la cosecha se realiza a los 14 o 15 días, 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. (SANCHEZ, 2002)¹⁸

“Este tapete está formado por semillas que no alcanzaron a germinar, las raíces y la parte aérea de 25cm de altura.” (GUTIERREZ, 2000)¹⁹

Los rendimientos encontrados en diferentes literaturas a nivel mundial hablan de 9 a 12 por 1Kg [...] a los 8 días. Los rendimientos bajo nuestras condiciones (2800msnm) determinan que el grano de cebada de no tan buena calidad en invernaderos que no mantienen una temperatura constante, son de 7 a 8 por 1 kg de cebada. Cabe resaltar que en época de cosecha se puede conseguir grano a un precio menor y aun los ganaderos pueden cultivar su propio grano, reduciendo costos de materia prima. (SANCHEZ, 1982)²⁰

“El tapete formado por la relación paja/grano reventado y el sistema radicular del follaje alcanzó un espesor de 2,5 cm aproximadamente, tornándose de un color blanquecino lo que garantizó la sanidad del tapete, y una excelente producción.” (ROMERO, 2009)²¹

¹⁷ OSNAYO, W, “Producción de Forraje Verde Hidropónico de cebada (*Hordeum vulgare*) usando piscigranja de truchas”, RVCC(Revista Complutense de Ciencias Veterinarias, 8(2):18-28, Huancavelica, Perú, 2014, p.11

¹⁸ SANCHEZ, A, *Forraje Verde Hidropónico* FAO, Santiago de Chile, Febrero 2002, p .7

¹⁹ GUTIERREZ, I y otros, *Cultivos Hidropónicos*, Fascículo 9, Editorial Géminis, Bogotá – Colombia, 2000 pp. 1-9.

²⁰ SANCHEZ, J, *Cultivos Hidropónicos*, sn, Edit. Sena, Medellín- Colombia, 1982pp. 25,32.

²¹ ROMERO, M, y otros, *Producción de Forraje Verde Hidropónico y su Aceptación en Ganado Lechero*, Universidad de Guanajuato, México, 2 mayo 2009. P 17

“Las raíces forman un tejido entre sí, llamado “tapete”, de 3 centímetros de espesor. Para lograr mayor aceptación se agregan las soluciones nutritivas y salinas.” (GARDUÑO,2011)²²

2.12. Valor nutricional

Cuadro 2. Características del FVH (cebada) y otras fuentes alimenticias

Parámetro	Unidad	FVH Cebada	Concentrado	Heno	Paja
Energía	Kcal/Kg MS	3.216	3.000	1.680	1392
Proteína Cruda	(%)	25	30	9,2	3,7
Digestibilidad	(%)	81,6	80	47	39
Digestible/Kg	Kcal	488	2160	400	466
Digestible/Tm		46,5	216	35,75	12,41

Fuente: SAPULVEDA. R, 1994.²³

2.13. Contenido de Humedad

“La humedad total, no tuvo diferencias significativas en los forrajes provenientes de los diferentes tratamientos, registrándose así promedios de 85,57%, 85,64% y 85,53%, para los tratamientos 0,5, 0,75 y 1 kg de semilla por bandeja respectivamente.” (GOMEZ, 2007)²⁴

²² GARDUÑO, F, *Modelo de producción de Forraje Verde mediante Hidroponía*, Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, Mexico DE, 9 de Junio 2011. p. 77.

²³ SEPULVEDA, R. “Notas Sobre Producción de Forraje Hidropónico”, Santiago-Chile N°52 pp. 32.

²⁴ GOMEZ, M, *Evaluación del Forraje Verde Hidropónico del Maíz y Cebada con diferentes dosis de siembra para la etapa de crecimiento y engorde de los cuyes*, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba- Ecuador, 2007, p. 57.

“No registra diferencias significativas entre los tratamientos Testigo, 20 ppm S, 30 ppm S y 40 ppm S, presentándose una media general de todos los tratamientos de 91.99 % y con rangos que van desde 91.83 a 92.21 % de humedad.” (CALLE, 2005)²⁵

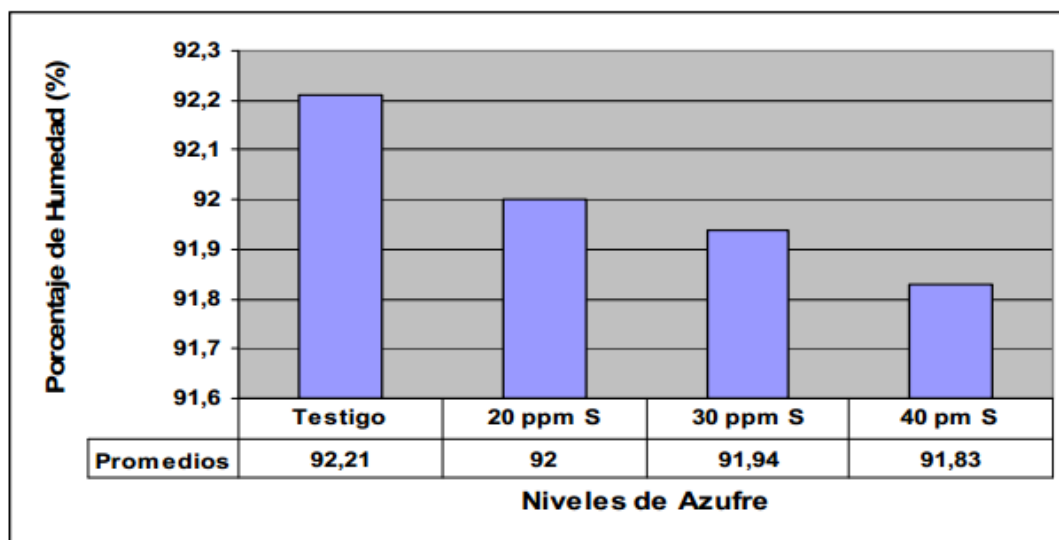
2.14. Contenido de Materia seca

“No registra diferencias significativas entre los tratamientos todos los tratamientos uno en relación existiendo rangos de medias que van desde 7.79 % a 8.17 % de Materia seca y con una media general de todos los tratamientos de 8.005 % de MS.” Idem p. 86)

“[...] cuando se utiliza una densidad de siembra de 1Kg por bandeja se obtuvo los mejores resultados 14,47%, de igual manera al utilizar 0,5kg de semilla se obtuvo 14,43%, difiriendo del tratamiento con 0,75 kg de semilla que se obtuvo 14%, de MS.” (GOMEZ, 2007, Op Cit,p. 57)

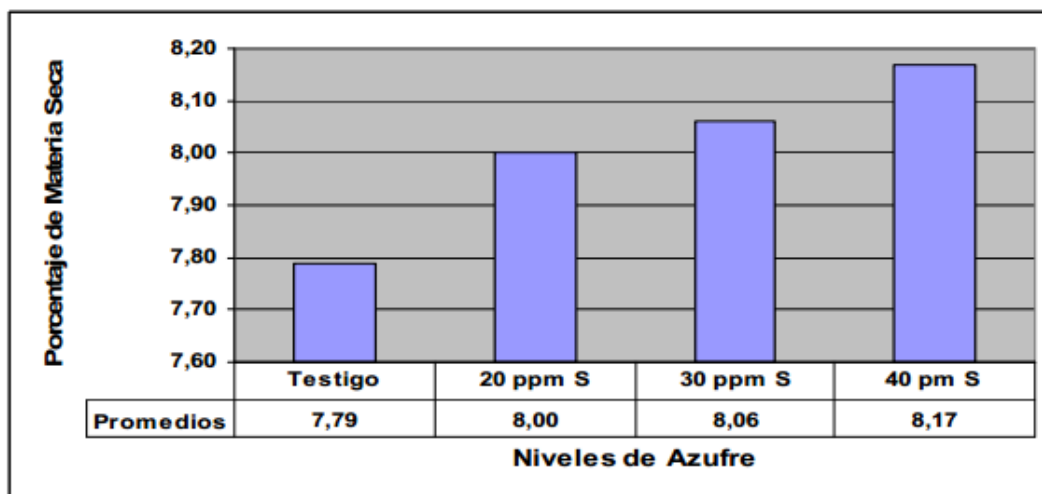
²⁵ CALLE, D, *Evaluación de la producción y calidad de forraje verde hidropónico (f.v.h) de cebada con la utilización de diferentes niveles de azufre y su respuesta en ganado lechero*, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba- Ecuador, 2005, p. 86

Grafico 3. Porcentaje de Humedad



Fuente: CALLES. D, Porcentaje de Humedad, 2005.

Grafico 4. Porcentaje de Materia Seca



Fuente: CALLES. D, Porcentaje de Humedad, 2005.

Tabla 2. Resultado del Análisis Bromatológico de la Cebada producido por 0, 40, 60% de Biol.

Nombre muestra	Expresión	Cebada (60% de biol)	Cebada (40% de biol)	Cebada (0% de biol)	Unidad
CEBADA HIDROPÓNICA	Humedad	90,13	90,77	91,53	%
	Materia seca	9,87	9,23	8,47	%
	Cenizas	5,39	5,24	8,27	%
	Proteína	25,25	23,31	21,25	%
	Grasa	1,37	2,76	3,14	%
	Fibra	22,77	21,27	16,5	%
	ENN*	45,22	47,42	50,84	%

Fuente: AGROCALIDAD, Resultado del Análisis Bromatológico de la Cebada producido por 0, 40, 60% de Biol, 2012.

2.15. Fertilización en la producción de FVH

2.15.1. Funciones de los elementos nutritivos en las plantas

De los 16 elementos químicos considerados necesarios para el crecimiento saludable de las plantas, 13 son nutrientes minerales. [...].De acuerdo con las cantidades que las plantas consumen de cada uno de ellos (no todos son consumidos en igual cantidad) [...].

La localización de los síntomas de deficiencia en las plantas se relaciona mucho con la velocidad de movilización de los nutrientes a partir de las hojas viejas hacia los puntos de crecimiento; en el caso de los elementos más móviles (Nitrógeno, Fósforo y Potasio) que son traslocados rápidamente, los síntomas aparecen primero en las hojas más viejas. Los elementos inmóviles, como el Calcio y el Boro, causan síntomas de deficiencia en los puntos de crecimiento.

En algunos elementos, el grado de movilidad depende del grado de deficiencia, la especie y el nivel de nitrógeno. Hay muy poca movilidad del Cobre, el Zinc y el Molibdeno desde las hojas viejas hacia las hojas jóvenes, cuando las plantas están deficientes en esos elementos.

Elementos mayores (Nitrógeno, Fósforo, Potasio) El Nitrógeno, Fósforo, y Potasio se denominan "elementos mayores" porque normalmente las plantas los necesitan en cantidades tan grandes que la tierra no puede suministrarla

en forma completa. Se consumen en grandes cantidades. (IZQUIERDO, 2003)²⁶

“La fertilización del FVH utilizando agua de riego conteniendo 200 ppm de nitrógeno como mínimo, tiene efectos principales durante el proceso de crecimiento del FVH. “
(IZQUIERDO & SANCHEZ, 2002, Op Cit p. 16)

Cuadro 3. Composición de una solución nutritiva apta para FVH

Sal Mineral	Cantidad(gr)	Elemento que aporta	Aporte en ppm
Nitrato de Sodio	355	Nitrógeno	207
Sulfato de Potasio	113	Potasio	178
Superfosfato Normal	142	Fosforo	83
Sulfato de Magnesio *	100	Magnesio	71
Sulfato de Hierro *	4	Hierro	10
		Azufre	90

(*): El aporte de azufre

Fuente: HIDALGO, Composición de una solución nutritiva 1985.²⁷

[...] Su aporte, en términos generales, se constituye de 13 elementos minerales (macro elementos y micro elementos esenciales .De acuerdo a esta fórmula para llegar a la solución nutritiva final o solución de riego debemos preparar dos soluciones concentradas denominadas solución concentrada “A” (integrada con los elementos minerales mayores o macronutrientes y una solución concentrada “B” formada con los elementos minerales menores o micronutrientes.

²⁶ IZQUIERDO, J, *La huerta hidropónica popular*, 3ra Edición ampliada y revisada, Santiago, Chile, 2003, pp 75-76.

²⁷ HIDALGO, M, *Producción de forraje e condiciones de hidroponía I, evaluación preliminar de avena y triticale*. Facultad de Ciencias Agropecuarias y Forestales de la Universidad de Concepción sede Chillan-Chile.1985,

Se debe recordar siempre que todas las sales minerales utilizadas para la preparación de la solución nutritiva deben ser de alta solubilidad. El no usar sales minerales de alta solubilidad, nos lleva a la formación de precipitados [...] a consecuencia de ello, se producen carencias nutricionales de algunos elementos.

2.16. Preparación de Soluciones Nutritivas

[...] Una forma de preparar una SOLUCION CONCENTRADA probada con éxito en varios países de América Latina y el Caribe [...] comprende la preparación de dos soluciones madres concentradas, las que llamaremos Solución concentrada A y Solución concentrada B.

La Solución concentrada A aporta a las plantas los elementos nutritivos que ellas consumen en mayores proporciones.

La Solución concentrada B aporta, en cambio, los elementos que son requeridos en menores proporciones, pero esenciales para que la planta pueda desarrollar normalmente los procesos fisiológicos que harán que llegue a crecer bien y a producir abundantes cosechas.

2.16.1. Equipo requerido en un sistema artesanal sencillo

- Un bidón plástico con capacidad para 20 litros.
- Tres baldes plásticos con capacidad para 10 litros cada uno.
- Dos botellas grandes (tinajas, damajuana) de 10 litros como mínimo.
- Un vaso de precipitado de 2 litros, o probetas o jarras plásticas aforadas.
- Acceso a una balanza con rango de 0,01 hasta 2000 gramos.
- Un agitador de vidrio o de PVC (pedazo de tubo de tres cuartos de pulgada).
- Dos cucharas plásticas de mango largo (una grande y una pequeña).
- Papel para el pesaje de cada elemento.
- Recipientes plásticos pequeños (vasitos desechables) para ir depositando el material que se va pesando.

2.16.2. Elementos necesarios

En una buena balanza pesamos los siguientes productos:

Cuadro 4. Las sales necesarias para preparar la Solución “A”

Nombre	F. Química	Cantidad
Fosfato Mono amónico	$(\text{NH}_4) \text{H}_2 \text{PO}_4$	340
Nitrato de Ca	$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$	2080
Nitrato de K	KNO_3	1100

Fuente: Manual “La Huerta Hidropónica Popular”. FAO, 1997.

[...] el agua a utilizar se encuentre entre los 21° y 24°C dado que la disolución es mucho más rápida y efectiva. Las sales se van colocando y

mezclando en un recipiente de plástico de a una y por su orden para obtener la Solución Concentrada “A”.

2.16.3. Procedimiento

En un recipiente plástico medimos 6 litros de agua y allí vertemos uno por uno los anteriores elementos, ya pesados, siguiendo el orden anotado, e iniciamos una agitación permanente. Sólo echamos el segundo nutriente cuando ya se haya disuelto totalmente el primero y el tercero cuando se hayan disuelto los dos anteriores. Cuando quedan muy pocos restos de los fertilizantes aplicados completamos con agua hasta alcanzar 10 litros y agitamos durante 10 minutos más, hasta que no aparezcan residuos sólidos. Así hemos obtenido la Solución Concentrada A, que deberá ser envasada en una de las damajuanas, etiquetada y conservada en un lugar oscuro y fresco.

2.16.4. Las sales necesarias para preparar la solución “B”

Cuadro 5. Solución “B”

Sulfato de Mg	MgSO ₄	4,92
Sulfato de Cu	CuSO ₄	0,48
Sulfato de Mn	MgSO ₄	2,48
Sulfato de Zn	ZnSO ₄	1,2
Ácido bórico	H ₃ BO ₃	6,2
Molibdato amónico	(NH ₄) ₂ MoO ₄	0,02
Quelato de Fe		50

Fuente: Manual “La Huerta Hidropónica Popular”. FAO, 1996.

La dilución se hace también con agua, pero hasta alcanzar un volumen final de 4 litros de solución.

Para el mezclado de las sales usamos las mismas recomendaciones que para el primer caso, no olvidando lo anteriormente mencionado sobre la conductividad eléctrica del agua y el pH.

[...] Debemos recordar la recomendación de no mezclar las soluciones A y B sin la presencia de agua. Esto significa que primero agregamos el agua, luego la Solución “A”, revolvemos muy bien, y finalmente agregamos la Solución “B”.

El no cumplimiento de este simple paso, ha llevado en un número muy grande de casos al fracaso [...]. El proceso para la elaboración de la solución nutritiva con destino a la producción de FVH finaliza de la siguiente forma:

POR CADA LITRO DE AGUA SE AGREGAN 1,25 cc DE SOLUCIÓN “A” Y 0,5 cc DE SOLUCIÓN “B”.

[...]. Otro factor a tener muy presente es el hecho que existen iones como el hierro (Fe), los cuales por su propias características y a medida que pasa el tiempo, se vuelven difíciles de absorber por las raíces. Por lo tanto se tendrán que usar en su forma quelatizada para que su asimilación sea eficiente y eficaz. [...]

Si el agua con la cual vamos a preparar la solución nutritiva no tiene una calidad conocida, es recomendable su análisis químico 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, [...] (IZQUIERDO, 2003, Op Cit pp 83-85)

2.16.5. Dosificación

“Se determinó que el mayor rendimiento de Forraje Verde Hidropónico de cebada se alcanzó, con la utilización de 0,5 kg de semilla por bandeja, ya que por cada kg de semilla utilizado a esta densidad de siembra se obtuvo 8,99Kg de Forraje, que en términos productivos es el indicador más práctico para evaluar eficiencia.” (CASA, 2008)²⁸

²⁸ CASA, C, *Efecto de la utilización del Forraje Verde Hidropónico de avena, cebada, maíz y trigo en la alimentación de cuyes*, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Enero del 2008.

III. HIPÓTESIS

Hipótesis Alternativa

La fertilización en un manejo Hidropónico influye en la producción de FVH.

Hipótesis nula

La fertilización en un manejo Hidropónico no influye en la producción de FVH.

3.1. Operacionalización de las variables

3.1.1. Variable Dependiente (FVH)

Cuadro 6. Variable dependiente.

Concepto	Categorías	Indicadores	Índice
Comportamiento del forraje a la aplicación y dosificación de fertilizante	M. Verde	Peso	Kg.
	M. Seca	Peso	Kg.
	Volumen radicular	Volumen	cc
	Crecimiento tapete radicular	Altura tapete	cm
	Crecimiento de planta	Altura planta	cm
	Coloración de hoja	Color	Escala colorímetro

3.1.2. Variable independiente (Fertilizante)

Cuadro 7. Variable independiente

Concepto	Categorías	Indicadores	Índice
Factores involucrados y la mezcla de elementos nutricionales	Química	pH	Escala pH
		CE	mmmohos/cm
		Fosfato Mono amónico	gr
		Nitrato de Ca	gr
		Nitrato de K	gr
		Sulfato de Mg	gr
		Sulfato de Cu	gr
		Sulfato de Mn	gr
		Sulfato d Zn	gr
		Ácido bórico	gr
		Molibdato amónico	gr
		Quelato de Fe	gr

IV. POBLACIÓN Y MUESTRA

La población del experimento fue de 4,5kg del cual la muestra corresponde al 11,1% de la población total.

Descripción	Cantidad
Repeticiones	3
Variables	4
Número total de bandejas	75
Número de Unidades experimentales	9
Porcentaje de germinación %	90
Cantidad de semilla x bandeja	0,5 kg
Peso luego germinación	0,713 kg
Total de semilla por tratamiento	1,5kg
Dimensiones de la Bandeja	0,4m*0,6m
Dimensiones del área de tapete radicular	0,38m*0,58m
Área del tapete radicular con efecto de borde	0,220m ²
Área del tapete radicular sin efecto de borde	0,108 m ²
Área del efecto de borde	0,01m ²

V. MARCO METODOLOGICO

5.1. Diseño experimental

El diseño estadístico que se utilizó fue Diseño Completamente al Azar (DCA), con tres tratamientos y tres repeticiones.

Para las pruebas de significación, se utilizó Duncan al 5% y 1%.

Cuadro 8. ADEVA de DCA

Fuente de Variación		
	Formula	Grados de Libertad
Total	tr-1	8
Tratamiento	t-1	2
Error experimental	t(r-1)	6

Fuente: RIVAS, Hernán, Técnica ANOVA y Cuadro Resumen, 2010.

5.2. Delimitación

5.2.1. Temporal

El proyecto de tesis tuvo una duración de 4 meses.

5.2.2. Espacial

El presente proyecto se realizó en Quimzhy, a 2 Km del Cantón Gualaceo Provincia del Azuay en un área de 9 m².

Cuadro 9. Ubicación geográfica.

Parámetros	Unidad	Valor
TEMPERATURA	Centígrados	18
HUMEDAD	Porcentaje	75
PRECIPITACION	mm	750
ALTITUD	msnm	2330
LATITUD	grados	2° 54' 4.269" S
LONGITUD	grados	78° 47' 1.086" W

Fuente: INIAP, Ubicación geográfica, 2012.

5.2.3. Académica

La presente investigación cubre el campo Agrícola mediante la nutrición y producción en el área de Pastos y Forrajes.

VI. MATERIALES Y MÉTODOS

6.1. Material experimental

- Semillas de Cebada
- Solución nutritiva de Forraje Verde Hidropónico
- FVH

6.2. Materiales de campo

- Libro de campo
- Termohigrómetro
- Bandejas plásticas de cultivo
- Tanque de plástico de 500litros
- Baldes plásticos de 20 litros (3)
- Jarro plástico 1lt.
- Flexómetro
- Plástico negro
- Plástico invernadero
- Malla sombra
- Alambre de amarre
- Tijera de podar
- Tamizador
- Marcadores
- Cámara fotográfica

6.3. Instalaciones

- Invernadero 9m²
- Infraestructura de toma de agua
- 3 estantes de 2,1 x 0,45 x 2m con 5 niveles cada una.

6.4. Equipos

- Bomba de fumigar
- Balanza gramera de 2kg de Capacidad.

6.4.1. Equipos de oficina

- Computadora
- Calculadora
- Impresora
- Esferos y hojas de papel

6.5. Recursos Humanos

- Investigador
- Director de tesis

6.6. Método

El método utilizado en el ensayo fue el experimental inductivo, para el cual se implementó el siguiente esquema:

Grafico 5. Esquema de tratamientos



6.7. Métodos de evaluación de variables

6.7.1. Variables dependientes

Materia verde

Transcurrido el día nueve desde la siembra, se realizó la cosecha a los diferentes tratamientos, procediendo al pesaje en la balanza, dándonos resultados en gramos, los que fueron transformados en kg, tomando en cuenta para el pesaje toda la masa, tanto de materia verde, semillas no germinadas y tapete radicular, previo a su pesaje se suspendieron 2 riego evitando que haya un efecto por el mismo.

Materia seca

Llegado el FVH a su edad de cosecha (15 días) se procedió al corte de todos los tratamientos del ensayo, cortando la materia verde sin tomar en cuenta la zona radicular, obteniendo una cantidad de 300cc de volumen de cada uno de los tratamientos con sus respectivas repeticiones, para ser enviados al Laboratorio (INIAP) de Bullcay, para su respectivo análisis.

Volumen radicular

La determinación de volumen se lo midió a los 15 días una vez retirada la parte de la Materia verde se separaron de los granos de cebada no germinada para ella se eligieron franjas de un tamaño de 0,05c x 0,45cm (0,023m²) tres muestras por cada tratamiento en ensayo, posteriormente se colocó en un envase con medida volumétrica (500cc) se le introdujo cada uno ellas individualmente para determinar el Volumen en CC.

Crecimiento tapete radicular

Trascurrido los 15 días del ciclo del cultivo se procedió a medir la altura de crecimiento de tapete radicular.

Crecimiento planta

Trascurrido los 15 días del ciclo del cultivo se procedió a medir la altura de crecimiento de la planta.

Cloración de la hoja

Usando el método de la Escala Colorimetría se procedió a dar un valor según este varié por tratamiento la escala que va desde 1 a 8.

6.7.2. Variables Independientes

Solución Nutritiva para FVH

Se tomaron las muestras respectivas para ser enviados al laboratorio, y analizar la cantidad de nutrientes presentes en las soluciones expresados en ppm, además de conocer su pH y la C.E de las soluciones expuestas para nuestro ensayo.

6.8. Análisis Estadístico

Para la metodología estadística usamos el método DCA y utilizamos para la prueba de significancia de Duncan al $P < 0,01$ y $P < 0,05$ para la determinación del mejor tratamiento.

6.9. Procedimiento

El trabajo se realizó de acuerdo al cronograma de actividades expuesto en (Anexos).

Área del Invernadero

- Construcción de 9m^2 ($3\text{m} \times 3\text{m}$) a una altura de 3m con una pendiente del 25%.
- Caminos de 1m en forma lineal para acceso a las cerchas.

Área de la cercha

- Ocupando un área de $2\text{m} \times 0,4\text{m}$ ($0,8\text{m}^2$) por cercha y una área espacial de $2,4\text{m}^2$.
- Espacio entre niveles de la cercha es de 45 cm y del piso al primer nivel es de 20cm.
- Colocado tres nebulizadores por nivel en las cerchas de producción las cuales abarcan de manera homogénea todas las nueve U.E.

6.9.1. Adecuación

Se adecuó el invernadero con ventanas para facilitar la aeración, protegido por plástico de coloración blanca translucido con protección UV, (Fig.1), protegidos por una malla de sombra al 80%. Para evitar quemaduras de las plantas por las altas temperaturas que afecta directamente en el ciclo del cultivo. La orientación del invernadero se lo colocó de norte a sur.

Dentro del invernadero se ubicaron un total de 3 cerchas, 1 de ellas para la etapa de germinación, con capacidad de abarcar 25 bandejas y las 2 finales para la producción de FVH, con capacidad de 50 bandejas para abastecer el límite del ensayo. Cada una de las

cerchas acondicionadas con cinco niveles (Fig. 3), están tuvieron una inclinación del 10% para el drenaje ya que a mayor pendiente no se podría realizar una correcta absorción de agua suficiente por rápida eliminación en cambio a menor pendiente provocaría encharcamiento y posible pudrición y aparición de insectos.

El agua que se usó fue agua de la zona al que se le potabilizó usando una dosis de 2 gotas de cloro por litro de agua (Clorox).

El sistema de riego se lo realizó mediante una bomba de mochila para el área de germinación y producción, finalmente el uso del sistema de nebulización previo a los dos días a la cosecha.

En la fase de pre-germinado se utilizó una cantidad de 0,5litros por m² del día 3 al día 6, de inmediatamente pasaron a la zona de crecimiento donde se le aplicó Solución Nutritiva más agua.

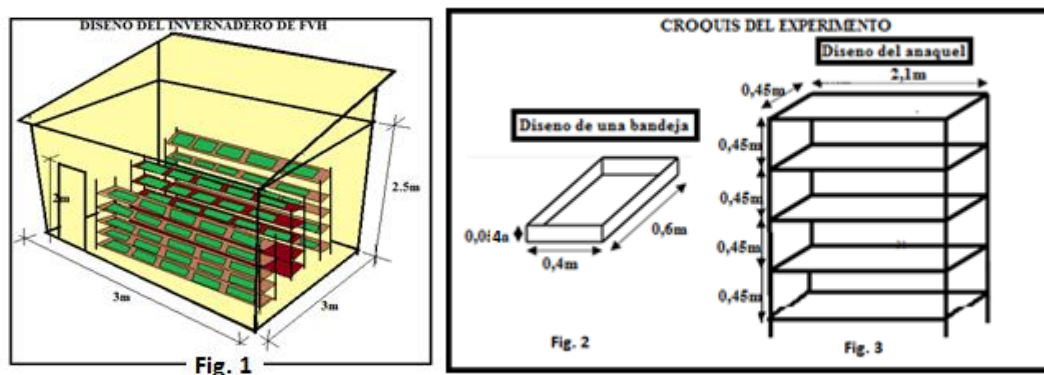
Tabla 3. Horario de Riego

Horario de Riego												
	Días											
	1	2- 3	4-6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Horario	Reposo agua 10 litros durante 17 horas	Germinado sin agua	cc/m2									
8:00			0,5	0,355	0,849	0,888	1	1	1	0,805	0,9	1
10:00			0,5	0,4	0,853	0,911	1,12				0,812	
12:00			0,5	0,489	0,533	0,997	1,201	1	1	1		1
15:00			0,5	0,435	0,523	0,923	1,303		0,402		0,905	
17:00			0,5	0,345	0,4	0,803	1,1	0,5	0,511	0,8		0,5
Total			2,5	2,024	3,158	4,522	5,724	2,5	2,913	2,605	2,617	2,5

Los días 4 -5-6-14 y 15, se usó el sistema de nebulización por medio de una bomba de presión $\frac{3}{4}$ HP, que fue tomada desde un tanque con capacidad de 500 litros y los días 7-8-9-10-11-12-13 mediante una bomba de mochila con capacidad para 20litros.

La distribución en las cerchas para el sistema de riego se lo hicieron mediante mangueras de $\frac{1}{2}$ pulgada en cada módulo, la cual se ubicaron a 50cm de altura, ubicado los nebulizadores, este sistema fue temporizado mediante un TIMER, con tiempo, cantidad exacta, y uniformidad para todo el FVH.

Grafico 6. Invernadero, Bandeja y cerchas



Las bandejas para la siembra tendrán las medidas (Fig. 2), con perforaciones a un lado para drenaje.

6.9.2. Obtención del Forraje Verde Hidropónico

Para la elección de la semilla se obtuvieron muestras de algunos Centros Agropecuarios de los cuales se evaluó la muestra del más alto poder germinativo que fue mayor al 90%.

6.9.2.1. Selección de semilla

La semilla a utilizar fue la de Cebada (monocotiledónea) procedente de la zona, libre de pesticidas y sustancias toxicas, sanas, limpiadas previamente de agentes extraños.

6.9.2.2.Lavado y desinfección de semillas

Las semillas se colocaron en un balde con una Solución de Cal Agrícola + agua, dosificada 50gr de Cal en 8 litros de agua.

6.9.2.3.Pre-germinación (remojo de las semillas):

Las semillas se dejaron un tiempo de 8 horas dentro de la solución, se sacó las semillas para el primer oreado de 1 hora proporcionándoles oxigenación, transcurrido la hora se introduce nuevamente durante 8 horas más, la finalidad que siga con los procesos metabólicos de la semilla, aumentando el nivel germinativo; otro de los fines de la solución de Cal y agua, es la de desinfección de la semilla evitando posteriores ataques de hongos. Esta semilla es retirada para ser colocada en un saco, para el oreado final de una hora antes de pasar al proceso de germinación.

Posteriormente se coloca en un balde que contenga orificios para que ayuda a filtrar el agua, además de ayudar a que las semillas se oxigenen, que mantengan una buena humedad relativa para su correcta germinación, este proceso tiene una duración de 48 horas.

Se debe eliminar toda suciedad, semillas que floten, sacar todo residuo de Cal, al final de este proceso, así obtenemos una semilla limpia.

6.9.2.4.Siembra y densidad.

Seguidamente se realizó el lavado de las bandejas mediante una solución de Hipoclorito de Sodio 1cc/litro de agua, durante 15 minutos, pues transcurrido este tiempo ser enjuagadas con abundante agua y eliminar cualquier residuo de Hipoclorito.

El proceso continuó pesando la semilla para colocar en las bandejas, la cual fue de 713 gr con un incremento de peso de 42,6%, distribuido por toda la bandeja en una delgada

capa de semillas pre-germinadas evitando manipularlas demasiado debido a que ya tiene raíces entre 0,5 a 1cm y se les causa daño.

6.9.2.5.Germinación

Después de la siembra, las semillas se cubrieron con periódico, previo a un respectivo riego con agua potable, además de humedecer el periódico que nos va a proporcionar condiciones de humedad y temperatura adecuadas, se colocó un plástico negro sobre las bandejas mejorando aún más las condiciones para favorecer la germinación y el crecimiento inicial.

Las Condiciones Climáticas dentro del módulo de germinación estuvieron en un promedio de 25,5°C día y de 18,5, 3°C noche, estas temperaturas en la noche hacen retardo de la aparición temprana de las hojas.

Se levantaba el periódico cada vez que se regaba para que la semilla no se deshidrate esto nos ayudó a tener una uniformidad en cuanto a la aparición de hojas y crecimiento radicular.

6.9.2.6.Riego

Se realizaron 3 riegos distribuidos así: 8:00 am, 12:00pm, 14:00 y 17:00 pm, haciéndonos retardar o adelantar los riegos tomando en cuenta el factor clima.

Los primeros 4 días se aplicaron 0.5 litros de agua por m² por día hasta los 1.5 litros por m², dependiendo de condiciones Ambientales fueron divididos la cantidad de agua en 4 a 6 veces al día.

Los riegos por la mañana y al medio día se lo realizaron únicamente con agua y por la tarde con una solución de cal con agua dosificada en 1 g/litro de agua.

La duración de cada uno de los riegos fue de 1 min, dándonos un total de 0,5 litros de agua por m², logrando humedecerlas en su totalidad y muy homogéneamente.

6.9.3. Preparación y Aplicación con Solución Nutritiva

Las cantidades que se mencionan en el Cuadro 4 y Cuadro 5, se las redujo a la mitad por ser una muestra muy grande para el ensayo.

La preparación de la Solución Madre se utilizó recipientes de plástico y madera para no alterar la solución, además de ser exactos en sus pesos.

Se colocó los ingredientes en el mismo orden que está en el Cuadro 4 y Cuadro 5 ya expuesto en la Solución Madre, la temperatura del agua a la que se realizó las respectivas mezclas fue de 22°C para una mejor disolución de los ingredientes.

6.9.3.1.Solución Concentrada A (SA)

En un balde de 10 litros echamos 3 litros de agua a una temperatura de 22°C en un recipiente graduado.

- Disolvimos el Fosfato Mono amónico, agitándole vigorosamente hasta observar que el fertilizante se disuelva totalmente.
- Luego agregar el nitrato de Ca, agitar y disolver.
- Agregamos el Nitrato de K, agitar totalmente e ir incorporando 50ml de agua poco a poco hasta ajustar 5 litros de la SA.
- Almacenamos la SA en un recipiente con tapa en un lugar fresco.

6.9.3.2.Solución Concentrada B (SB)

Disuelvo el sulfato de magnesio en 1 litro de agua hervida a 22°C. Agitar vigorosamente hasta que se disuelva totalmente.

Posterior colocamos en este orden y disolviendo en su totalidad cada uno antes de aplicar el siguiente compuesto:

- Sulfato de Cu
- Sulfato de Mn
- Sulfato de Zn

- Ácido bórico
- Molibdato de Amonio
- Quelato de Fe

Luego fueron aforados a 2 litros de solución, así tendremos la SB y se guardaron las soluciones en un lugar oscuro y fresco, para mayor duración.

En un recipiente con agua se coloca de manera individual primero la SA a que se diluya correctamente, luego se agrega la SB dependiendo de la necesidad.

Riego con solución nutritiva: Las primeras hojas aparecieron al 3 día después de la siembra dándoles el primer riego a cada tratamiento, se prepararon las 3 soluciones individualmente.

Se prepararon 3 soluciones distintas en 20 litros de agua.

Los últimos dos días antes de la cosecha el riego se realiza únicamente con agua para eliminar rastros de sales minerales que pudieran haber quedado sobre las hojas y raíces, lo que mejora la digestibilidad y palatabilidad del forraje hacia los animales.

Cosecha y rendimiento: La cosecha se lo realizó a los 15 días de ciclo para ser evaluados cada uno de los tratamientos.

6.9.4. Metodología

6.9.4.1. Diseño experimental

Los tratamientos estuvieron distribuidos en un Diseño Completamente al Azar (DCA), con tres tratamientos y cada uno con tres repeticiones, dando un total de nueve Unidades Experimentales.

Para determinar las diferencias estadísticas de los tratamientos, se aplicó la Prueba de Rango Múltiple de Duncan al 5% y al 1%, en las variables que presentaron significancia.

Cuadro 10 Metodología de los tratamientos

	* SA(cc)	* SB (cc)
T1	1	0,25
T1	1,25	0,5
T3	1,5	0,75

*SA: Solución A * Solución B

VII. RESULTADOS Y DISCUSIONES

7.1. Materia verde

Cuadro 11. ADEVA Materia Verde (M.V) de Cebada a los 15 días

F. de V	g. de l.	SC	CM	F. tab		
				F. Cal	0,05	0,01
Total	8	38,29				
Tratamiento	2	28,1	14,05	8,28*	5,14	10,93
Error	6	10,19	1,698			
Media			15,72			
CV			8,29			
$S_{\bar{x}}$			0,48			

En el ADEVA de “**Materia verde de Cebada**”, al comparar F. cal con el F.tab, se observa que existe diferencia estadística significativa entre tratamientos al 5% y no significativo al 1%, por lo que se rechaza la hipótesis nula y se aprueba parcialmente la hipótesis alternativa al 5% de que la fertilización en un manejo Hidropónico influye en la cantidad de Materia Verde. El coeficiente de variación de 8,29 % demuestra la confiabilidad del experimento.

Según el rendimiento que menciona SANCHEZ, J, se puede afirmar que la investigación se encuentra dentro de los rangos especificados, de 7 a 8 kg por 1kg de cebada; no así lo que menciona OSNAYO, W y JIMENEZ, J en lo que los valores supera a los 3.7 kg y 4,75Kg de FVH por kg de semilla respectivamente.

En el caso de mi ensayo, el T3 obtuvo 8,96kg de M.V/kg de semilla, coincide con lo obtenido con CASA, C, de 8,99kg/kg de semilla.

Prueba de Duncan al 5% para contenido de Materia Verde

Valores para las medias	2	3	4
RMD	3,46	3,58	3,64
RMS (RMD* $S_{\bar{x}}$)	1,66	1,72	1,75

Las medias ordenadas ascendentemente quedan:

	T1	T2	T3
MEDIA	13,59	15,65	17,92

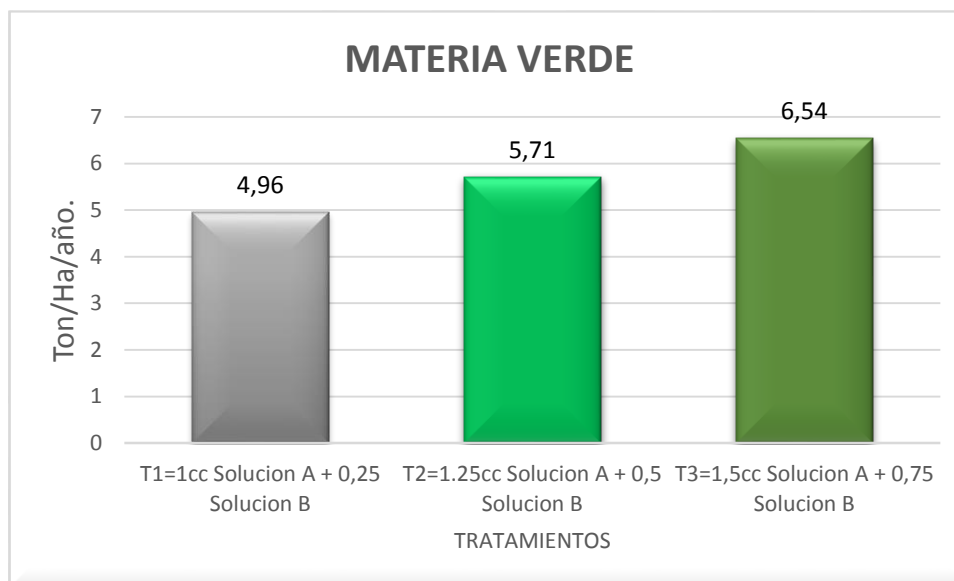
$\begin{array}{c} \text{+} \quad \text{+} \quad \text{+} \\ \text{c} \quad \text{b} \quad \text{a} \end{array}$

Comparación de medias

Significancia en Duncan		
Diferencia entre tratamientos	F. Cal	F. Tab
μ_3 vs $\mu_1 = 17,92 - 13,59$	4,33 *	1,66
μ_3 vs $\mu_2 = 17,92 - 15,65$	2,27 *	1,72
μ_2 vs $\mu_1 = 15,65 - 13,59$	2,06 *	1,75

En la producción de Materia Verde a los 15 días, el mejor tratamiento fue el T3; seguido del tratamiento T2 y dejando en último lugar al tratamiento T1.

Grafico 7. Materia Verde de Cebada a los 15 días



Al representar de manera gráfica las medias de los tratamientos para la variable “**Materia verde**”, se observa diferencia numérica; lo que corrobora con el análisis estadístico (ADEVA) que es significativo entre los tratamientos.

7.2. Materia Seca

Cuadro 12. ADEVA Contenido de Materia Seca

F. de V	g. de l.	SC	CM	F. tab		
				F. Cal	0,05	0,01
Total	8	0,27				
Tratamiento	2	0,25	0,12	31,14**	5,14	10,93
Error	6	0,02	0,004			
Media			9,19			
CV			0,67			
$S_{\bar{x}}$			0,0365			

En el ADEVA de “**Materia Seca**”, al comparar F. cal con el F. tab, se observa que existe diferencia estadística altamente significativa entre tratamientos al 5% y 1%, por lo que se rechaza la hipótesis nula y se aprueba la hipótesis alternativa de que la fertilización en un manejo Hidropónico influye en la cantidad de M.S. El coeficiente de variación de 0,67% demuestra la confiabilidad del experimento.

Con los datos presentados por CALLE, D, donde los valores de M.S. obtenida van de 7,79% a 8,17%, y los obtenidos por GOMEZ, M, donde sus valores están de 14 a 14,47%.

Según análisis realizados por AGROCALIDAD nos brindan contenido de M.S, 9.87% a 8,47%, lo que coincide con los obtenidos por nuestro ensayo de 9 a 9,4%.

Prueba de Duncan al 5% para el contenido de M.S.

Valores para las medias	2	3	4
RMD	3,46	3,58	3,64
RMS (RMD* $S_{\bar{x}}$)	0,126	0,131	0,133

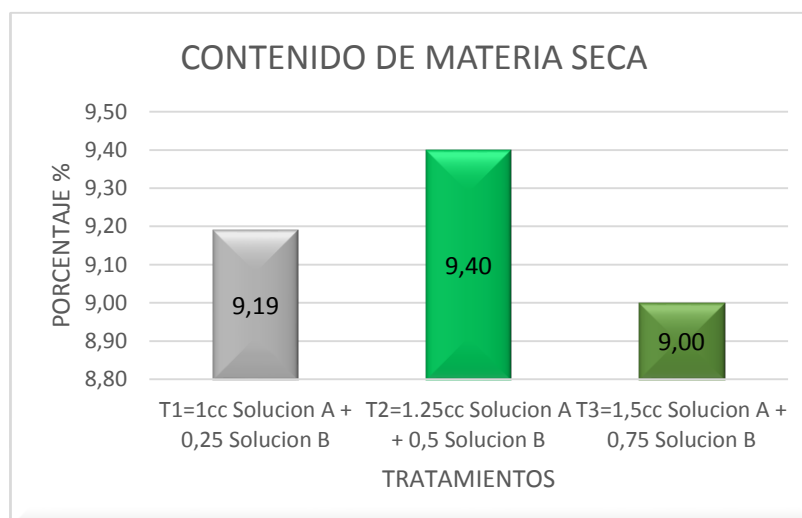
Las medias ordenadas ascendentemente quedan:

	T3	T1	T2
MEDIA	9	9,19	9,4

Significancia en Duncan		
Diferencia entre tratamientos	F. Cal	F. Tab
μ_2 vs $\mu_3 = 9,4-9$	0,4 *	0,133
μ_2 vs $\mu_1 = 9,4-9,19$	0,21 *	0,131
μ_1 vs $\mu_3 = 9,19-9$	0,19 *	0,126

En la producción de Materia Seca a los 15 días, el mejor tratamiento fue el T2; seguido del tratamiento T1 y dejando en último lugar al tratamiento T3.

Grafico 8. Contenido de Materia seca



Al representar de manera gráfica las medias de los tratamientos para la variable “**Materia seca**”, se observa diferencia numérica; lo que corrobora con el análisis estadístico (ADEVA) ya que es significativo entre los tratamientos

7.3. Volumen radicular

Cuadro 13. ADEVA de Volumen radicular

F. de V	g. de l.	SC	CM	F. tab		
				F. Cal	0,05	0,01
Total	8	11355,56				
Tratamiento	2	10872,22	5436,11	67,48**	5,14	10,93
Error	6	483,33	80,56			
Media			247,22			
CV			3,63			
$\bar{S}_x$			5,18			

En el ADEVA de “**Volumen radicular**”, al comparar F. cal con el F. tab, se observa que existe diferencia estadística altamente significativa entre tratamientos al 5% y 1%, por lo que se rechaza la hipótesis nula y se aprueba la hipótesis alternativa de que la fertilización en un manejo Hidropónico influye en el Volumen radicular. El coeficiente de variación de 3,63 % demuestra la confiabilidad del experimento.

Prueba de Duncan al 5% para el Volumen radicular

Valores para las medias	2	3	4
RMD	3,46	3,58	3,64
RMS (RMD* $\bar{S}_x$)	17,923	18,544	18,855

Las medias ordenadas ascendentemente quedan:

	T1	T2	T3
MEDIA	203,3	250	288,33

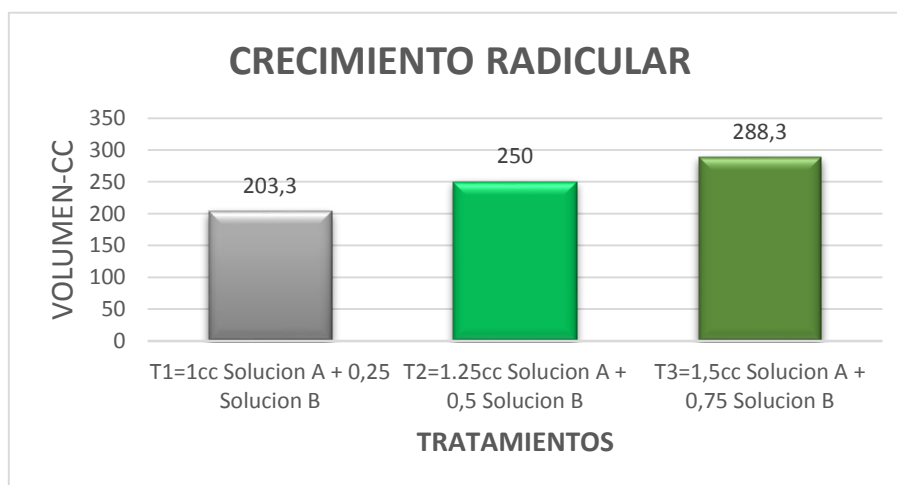
El diagrama muestra tres marcas de división verticales correspondientes a las medias T1 (203,3), T2 (250) y T3 (288,33). Debajo de estas marcas, se indican los rangos de significancia: 'c' cubre el rango desde T1 hasta T2, 'b' cubre el rango desde T2 hasta T3, y 'a' cubre el rango desde T3 hasta el extremo derecho. Las líneas horizontales representan la extensión de estos rangos.

Comparación de las medias

Significancia en Duncan		
Diferencia entre tratamientos	F. Cal	F. Tab.
μ_3 vs $\mu_1 = 288,33-203,3$	85,03 *	18,855
μ_3 vs $\mu_2 = 288,33-250$	38,33 *	18,544
μ_2 vs $\mu_1 = 250-203,3$	46,7 *	17,923

En el aumento de Volumen radicular, el mejor tratamiento fue el T3; seguido del tratamiento T2 y dejando en último lugar al tratamiento T1.

Grafico 9 Crecimiento Radicular.



Al representar de manera gráfica las medias de los tratamientos para la variable “**Crecimiento radicular**”, se observa diferencia numérica; lo que corrobora con el análisis estadístico (ADEVA) que es significativo entre los tratamientos.

7.4. Crecimiento del tapete radicular a los 15 días

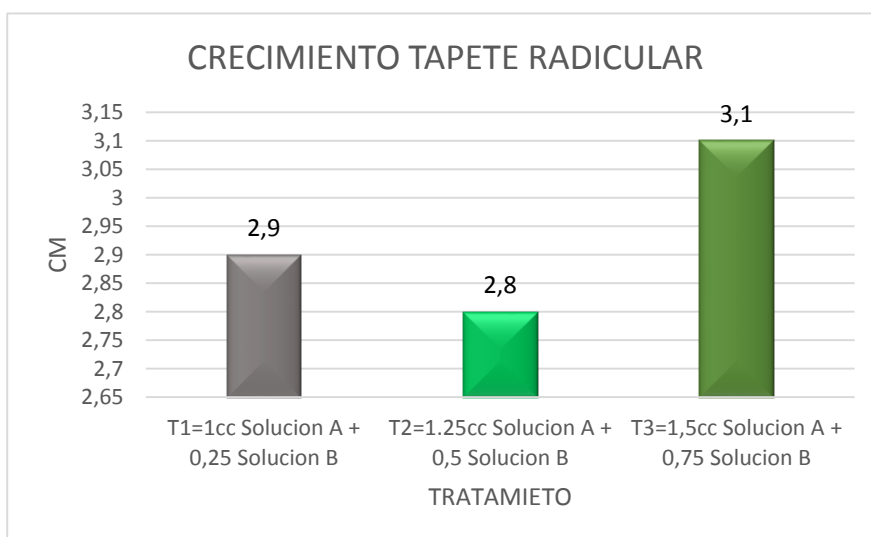
Cuadro 14 ADEVA de Crecimiento del tapete radicular

F. de V	g. de l.	SC	CM	F. tab		
				F. Cal	0,05	0,01
Total	8	0,54				
Tratamiento	2	0,06	0,03	0,38 ns	5,14	10,93
Error	6	0,48	0,08			
Media			2,93			
CV			9,64			
			0,16			

En el ADEVA de “**Crecimiento del tapete radicular**”, al comparar F. cal con el F. tab, se observa que no existe diferencia estadística entre tratamientos al 5% y 1%, por lo que se rechaza la hipótesis alternativa y se aprueba la hipótesis nula de que la fertilización en un manejo Hidropónico influye en el crecimiento de tapete radicular. El coeficiente de variación de 0,16 % demuestra la confiabilidad del experimento.

El crecimiento del tapete radicular mencionado por ROMERO, M, fue de 2,5cm con él y los resultados dados por GARDUÑO, F fueron de 3cm, lo que se asemejan a los obtenidos en nuestro ensayo; así tenemos los tratamientos T3, T1 Y T2 correspondiéndoles 3,1cm, 2,9cm y 2,8cm respectivamente.

Grafico 10 Crecimiento de tapete radicular.



7.5. Crecimiento de Cebada a los 15 días

Cuadro 15 ADEVA de Crecimiento de Cebada.

F. de V	g. de l.	SC	CM	F. tab		
				F. Cal	0,05	0,01
Total	8	11,72				
Tratamiento	2	8,39	4,19	7,55*	5,14	10,93
Error	6	3,33	0,56			
Media			24,06			
CV			3,01			
$S_{\bar{x}}$			0,43			

En el ADEVA de “**Crecimiento de Cebada**”, al comparar F. cal con el F. tab, se observa que existe diferencia estadística significativa entre tratamientos al 5% y 1%, por lo que se rechaza la hipótesis nula y se aprueba parcialmente la hipótesis alternativa al 5% de que la fertilización en un manejo Hidropónico influye en el Crecimiento de la cebada. El coeficiente de variación de 3,01 % demuestra la confiabilidad del experimento.

Lo mencionado por SANCHEZ, A, que el crecimiento es de 25 cm para la cosecha lo que corrobora con los valores obtenidos de T3 que se lo realizo a una altura de 25.3cm.

Prueba de Duncan al 5% para el Crecimiento de Cabada

Valores para las media	2	3	4
RMD	3,46	3,58	3,64
RMS (RMD* $S_{\bar{x}}$)	1,488	1,539	1,565

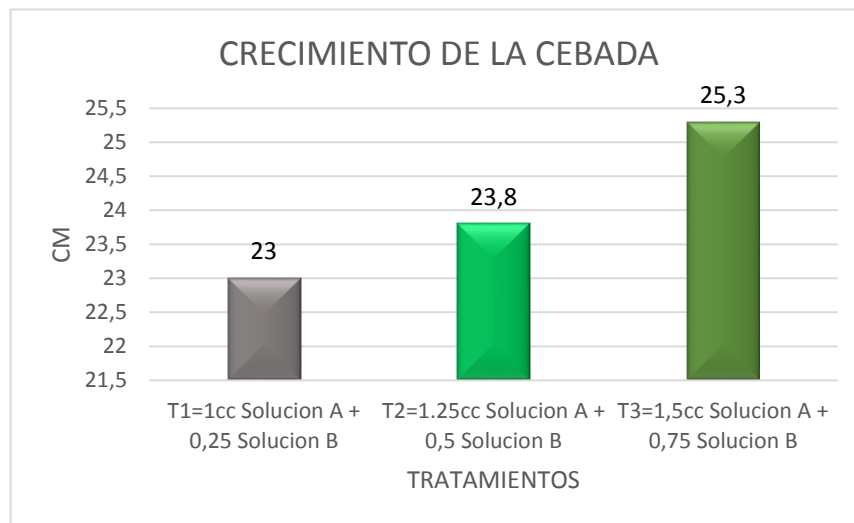
Las medias ordenadas ascendentemente quedan:

	T1	T2	T3
MEDIA	23	23,8	25,3

Significancia en Duncan		
Diferencia entre tratamientos	F. Cal	F. Tab.
μ_3 vs $\mu_1 = 25,3-23$	2,3*	1,565
μ_3 vs $\mu_2 = 25,3-23,8$	1,5*	1,539
μ_2 vs $\mu_1 = 23,8-23$	0,8*	1,488

En el crecimiento de la cebada mejor tratamiento fue el T3; seguido del tratamiento T2 y dejando en último lugar al tratamiento T1.

Grafico 11 Crecimiento de Cebada.



7.6. Coloración de la hoja a los 15 días

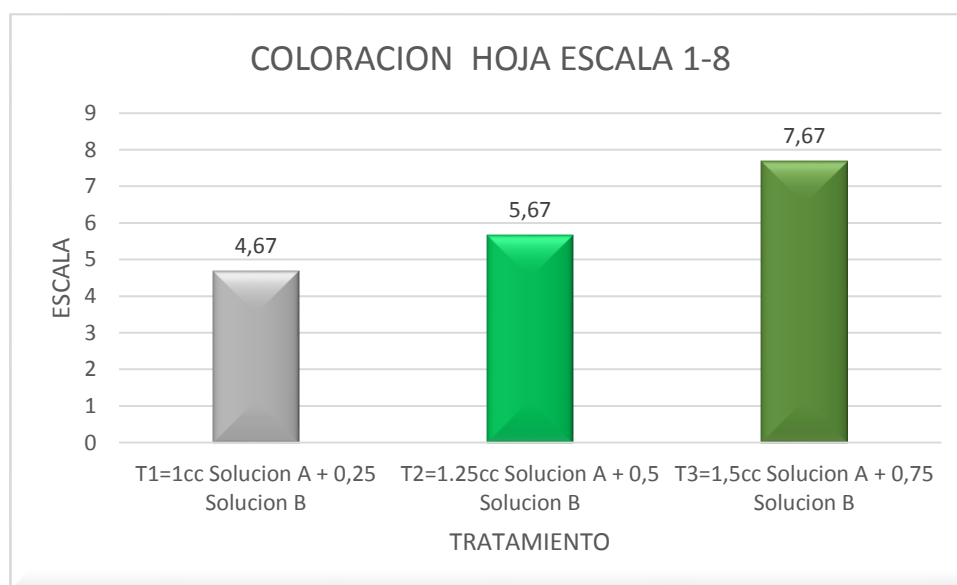
La determinación del color se lo realizó tomando muestras de los tratamientos en los cuales se les comenzó a comparar de acuerdo a la escala técnica de colores en la que el una planta en excelentes condiciones se encuentran dentro del número 7, con los resultados visualizados tenemos como mejor resultado a T3 seguidos de T2 y T1, 7.67, 5,67 y 4,67, respectivamente, lo que podemos afirmar el nivel de fertilización tiene un efecto significativo para un desarrollo correcto del cultivo.

Grafico 12. Técnica de comparación de colores



Fuente: Atlántica Agricultura Natural, Técnica de comparación de colores, 2014.

Grafico 13 Escala colorimetría



7.7. Contenido de Humedad

El contenido de Humedad que se mandó a analizar en el laboratorio se lo realizó de manera general y según ello nos dice que el mayor contenido de M.S, se da en el T3, el que es constituido por 1,5cc de Solución "A" y 0,75cc de Solución "B".

Grafico 14. Contenido de Humedad

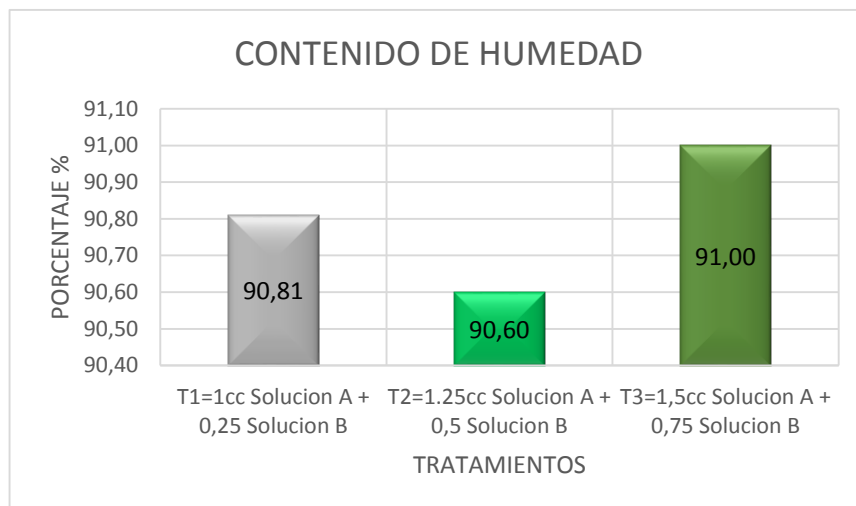
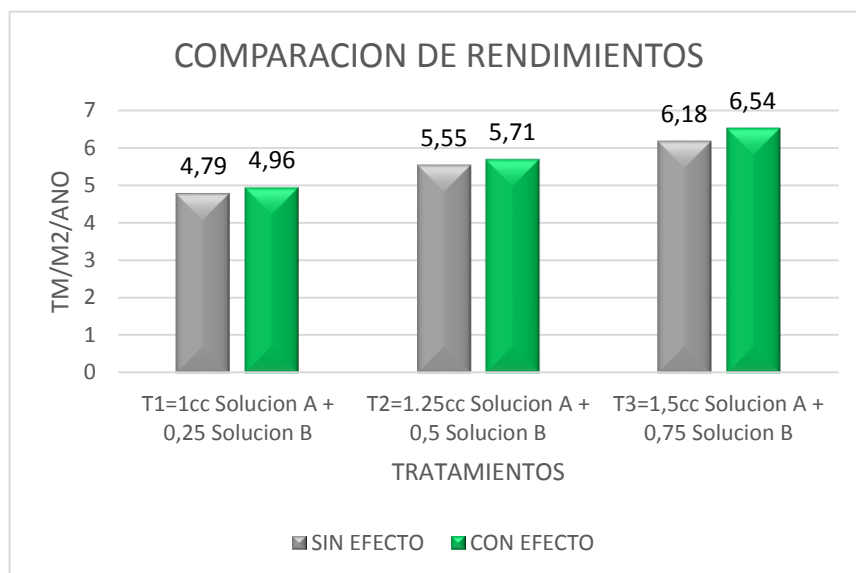


Grafico 15. Comparación de rendimiento con y sin efecto de borde



7.8. Costos de Producción

Los costos de producción fueron elaborados según nos recomienda la FAO.

7.8.1. Discriminación de los Costos del FVH.

- Comenzaremos los cálculos, para el caso del FVH, con una serie de premisas básicas (semillas).
- El cálculo económico se realizó en base a los recursos mínimos necesarios.
- Se dispone de espacio suficiente para alcanzar los volúmenes de producción requeridos y/o deseados.
- Tenemos un suministro adecuado y suficiente de energía eléctrica.
- Existe un volumen de agua apta y suficiente para nuestro proyecto de cultivo.
- La planificación de la producción se realizó tomando como base módulos de 5 pisos contruidos de metal (46,67 USD) cada uno.
- El riego se hizo de forma manual y nebulización. Para ello se utilizará una mochila plástica de uso común y nebulizadores.
- Se tomó en cuenta el valor de la “Mano de Obra”. Siendo este de 17,5 USD diarios.
- No se tomó en cuenta el rubro: “Costo de oportunidad”.

7.8.2. Costo de Fertilizantes

Cuadro 16. Costo de Solución "A"

Solución "A" (10 lts)				
Sal mineral	Formula	Cantidad	C. Unit. USD	C. Total USD
Fosfato Mono amónico	(NH ₄) H ₂ PO ₄	0,34	1,77	0,60
Nitrato de Ca	Ca(NO ₃) ₂	2,08	2,202	4,58
Nitrato de K	KNO ₃	1,1	1,65	1,82
TOTAL USD				7,00

Cuadro 17. Costo de Solución "B"

Solución "B" (5 lts)				
Sal mineral	Formula	Cantidad (Kg)	C. Unit (Kg) USD	C. Total USD
Sulfato de Mg	MgSO ₄	0,00494	2,00	0,01
Sulfato de Cu	CuSO ₄	0,00048	8,81	0,00
Sulfato de Mn	MgSO ₄	0,00228	3,00	0,01
Sulfato de Zn	ZnSO ₄	0,0012	2,00	0,00
Ácido bórico	H ₃ BO ₃	0,0062	3,00	0,02
Molibdato de Amonio	(NH ₄) ₂ MoO ₄	0,00002	100,00	0,00
Quelato de Fe		0,05	3,00	0,15
TOTAL USD				0,19

Cuadro 18. Costos de Producción de la Investigación

Costo invernadero para FVH 9m2				
Descripción	Unid.	Cantidad	P. Unitario USD	Costo T. USD
Pingos 3,5	Mts.	7	1,25	8,75
Pingos 4	Mts.	8	1,25	10
Pingos 5	Mts.	10	1,25	12,5
Titas 4x 5(puerta)	Mts.	0,3	6	1,8
Tiras de tumbado	Mts.	10	0,4	4
Bisagras	Unid.	2	0,44	0,88
Candado	Unid.	1	1	1
Clavos 4"	Lbs.	3	1,1	3,3
Clavos 3"	Lbs.	1	1,1	1,1
Clavo 1 1/2	Lbs.	1	1,1	1,1
Cemento (cimientto)	Sacos	3	7,55	22,65
Arena	m3	0,25	12	3
Grava	m3	0,25	12	3
Alambre # 12	Lbs.	2	1,14	2,28
Martillo	Unid.	1	5,36	5,36
Barreta	Unid.	1	16,87	16,87
Plástico Calibre # 8	m2	50	1,02	51
Malla sombra 80%	m2	10	0,65	6,5
Estantes	Unid.	5	30	150
S. Conducción riego	Unid.	1	58	58
Mangueras 10m	Mts.	18	0,25	4,5
Mangueras 1"	m	15	0,4	6
Tanque 500lts	Unid.	1	102,5	102,5
Accesorios Riego	Unid.	1	10	10
Nebulizadores	Unid.	20	2,15	43
Bandejas	Unid.	30	4,5	135
Plástico negro	M2	7,5	1,15	8,63
Baldes plástico	Unid.	3	2,5	7,5
Jarra 1 Litro	Unid.	1	2	2
Cernidor	Unid.	1	1	1
Regla	Unid.	1	0,5	0,5
Termo higrómetro	Unid.	1	32	32
VA				715,72

VIENE				715,72
Balanza gramera	Unid.	1	11	11
Marcador	Unid.	1	1,3	1,3
Bomba de Fumigar	Unid.	1	45	45
Tijera podar	Unid.	1		4,63
Total USD				777,65

7.8.3. Cálculo de costo de FVH

Cuadro 19. Costos Fijos en USD por Metro Cuadrado para la producción de FVH

Costos Fijos en USD por Metro Cuadrado para la producción de FVH		
Inversiones Iniciales en Infraestructura	Costo USD	Valor US\$/m2
Estructura del Invernáculo	126,36	14,04
Mano de Obra Construcción del Invernáculo	14	1,56
Estanterías Modulares	140	15,56
Bandejas de Cultivo (75 Unidades)	337,5	37,50
Lona o Malla de Sombra (80 % de protección)	6,5	0,72
Nebulizadores y accesorios	4	4,00
TOTAL. USD		73,37

Cuadro 20. Costos Fijos USD en la Compra de Equipos para la Producción de FVH

Costos Fijos en la Compra de Equipos para la Producción de FVH	
Equipo Complementario	Costo USD
Mochila (Pulverizadora Manual de 20 Litros)	35
Termihidrometro 1	30
Tanques de Plástico	9
Marcador	1,3
Jarra 1 litro	2
Plástico negro	8,63
Cernidor	1
Regla	0,5
TOTAL USD	87,43

¹ Se utiliza 1 por cada 500 m²

Cuadro 21. Costos Fijos de Amortización por m² para una Infraestructura de Producción de FVH

Costos Fijos de Amortización por Metro Cuadrado para una Infraestructura de Producción de FVH			
Infraestructura	Depreciación (años)	Amortización (USD/m2/año)	Amortización 1 (USD/m2/cosecha)
Estructura del Invernáculo	5	2,81	0,117
Mano de Obra del Invernáculo.	5	0,31	0,013
Estanterías Modulares	20	0,78	0,032
Bandejas de Cultivo	4	9,38	0,391
Lona o Malla Sombra	3	0,24	0,010
Equipo Complementario	5	0,17	0,007
Nebulizadores y accesorios	3	1,33	0,056
TOTAL			0,626

Cuadro 22. Costos Variables para un ciclo productivo de FVH

Costos Variables para un ciclo productivo de FVH de los tratamientos						
Rubro	Cantidad Kg Requerida en m2 /Cosecha	Valor USD/m2	Producción media	Valor en USD/m2 /Cosecha T1	Valor en USD/m2 /Cosecha T2	Valor en US\$/m2 /Cosecha T3
T1	2	1,94	13,88	0,139		
T2	2	1,94	15,74		0,12	
T3	2	1,94	17,59			0,101
Solución nutritiva (15,6 litros)	15,6					
Solución A				0,01	0,015	0,017
Solución B				0,00015	0,00031	0,00047
Mano de Obra (Jornal)	0,07			1,225	1,225	1,225
				1,37	1,36	1,34

¹ La adquisición de la semilla en el esquema de producción de FVH, tiene un peso muy importante.

² Comprende el gasto de una solución nutritiva que al menos aporte una riqueza mínima de 100 ppm de nitrógeno.

Notas:

- A los efectos de todos los cálculos se toma un ciclo de producción de 15 días.
- Se tomó precio de semilla de avena común al por mayor que fue de 22.00 USD.
- En el cálculo del jornal hombre, se incluyeron los costos por los aportes a la seguridad social, licencia reglamentaria, aguinaldo, cobertura médica del trabajador y aseguramiento del mismo.

Cuadro 23. Costos totales

Costos totales USD			
	T1	T2	T3
Total de costos fijos x m2	0,626	0,626	0,626
Total de costos variable x m2	1,37	1,36	1,34
Total USD	2,00	1,99	1,97

Cuadro 24. Costo USD de Kg de FVH

Costo USD x m2			
Tratamiento	T. total/m2 USD	Producción media	C. Kg de FVH/ USD
T1	2,00	13,88	0,144
T2	1,99	15,74	0,126
T3	1,97	17,59	0,112

VIII. CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos en la presente investigación y brindados por los diferentes niveles de fertilización, que fueron realizados con la Solución nutritiva A (SA) y de Solución nutritiva B (SB) expuestas, nos permiten llegar a las siguientes conclusiones:

- El factor más limitante de la producción de FVH es la calidad en cuanto al alto poder germinativo que debe tener la semilla y la dificultad de conseguirla.
- Por la respuesta significativa en el incremento de peso del FVH al T3 en la que se utilizó 1,5cc de Solución A (SA) y 0,75cc de Solución B (SB), se obtuvo un rendimiento medio de 17,91Kg/ m² o 179 Ton/ha.
- El nivel de fertilización en una dosis de 1,5 cc de Solución A (Macronutrientes) y 0,75 cc de Solución B (Micronutrientes) del Tratamiento T3 se obtuvo un aumento en cuanto en rendimiento y volumen o crecimiento radicular, no así en contenido de MS, que fueron inferiores a los otros tratamientos.
- La diferencia entre tratamientos es significativo, comparándolo con el mejor tratamiento (T3), T3 - T2 (1,25cc cc de SA y 0,5 cc de SB), T3 - T1 (1 cc de SA y 0,25 cc de SB), se obtuvo un valor promedio de diferencia de 2,27kg y 4,43kg de Materia verde/m² lo que se traduce como un incremento en rendimiento de 14,5% y 39,86% respectivamente.
- La variable de peso de la biomasa del forraje verde hidropónico nos determina una mayor producción en la cosecha a los 15 días.
- En cuanto al efecto fisiológico de la planta se determina una coloración verde más intensa debido al contenido nutricional en el del T3 1,5 cc de SA (Macronutrientes) y 0,75 cc de SB (Micronutrientes), con el que se logra mejor desarrollo.

- La inversión para producir 1 kg de cebada en un sistema de FVH que nos brinda el T3 es de 0,11 USD/kg de FVH, que en comparación con el costo para producir a campo abierto es de 0,04 USD/kg de FVH.
- La producción de FVH de cebada que nos brinda el T3 es de 11.355,11Ton/Ha/año, en comparación el cultivo a campo abierto que es de 20 Ton/Ha/año.
- Referente al crecimiento se nota mejor crecimiento en el T3 (1,5 cc de SA (Macronutrientes) y 0,75 cc de SB (Micronutrientes)) antes que los demás tratamientos.
- Si se va a considerar una alimentación en base a M. S se debería tomar en cuenta la dosificación de T2 que es 1,25cc de SA y 0,25 de SB ya que el de T3 1,5 cc de SA (Macronutrientes) y 0,75 cc de SB (Micronutrientes), nos brinda menor porcentaje de M. S.
- En cuanto al crecimiento se encontró que tanto los tres tratamientos presentaron diferencia en lo que sigue un orden de T3 (1,5 cc de SA (Macronutrientes) y 0,75 cc de SB (Micronutrientes), T2 (1,25 cc de SA (Macronutrientes) y 0,5 cc de SB (Micronutrientes) y T1 (1cc de SA (Macronutrientes) y 0,25 cc de SB (Micronutrientes), el crecimiento fue 25,3cm, 23,8cm, 23cm respectivamente.
- El suministro de agua que fue utilizado para producir 1 kg de FVH es de 1,64 litros.
- Con la producción de FVH se puede obtener mayores unidades animales por Hectárea, lo que sería imposible en el cultivo tradicional.

IX. RECOMENDACIONES

- Se recomienda el uso de una solución nutritiva que esté compuesta de 1,5 cc de SA (Macronutrientes) y 0,75 cc de SB (Micronutrientes), por ser el que mejor rendimientos presentó.
- Es necesario enfocar más trabajos en producción de forraje hidropónico de acorde a las necesidades del productor considerando las condiciones climáticas.
- Efectuar un manejo adecuado a todas las exigencias del cultivo tanto como temperatura, humedad y luminosidad.
- En zonas frías se recomendaría el uso de doble pared de plástico siempre y cuando se analice los costos para la implementación.
- Otro factor de tomar en cuenta es cronograma de riego considerando los factores climáticos, ya que tienen una gran importancia en todo el proceso.
- El mayor o menos contenido de Materia verde y Materia seca dependerá del grado de madurez fisiológica del Forraje Verde Hidropónico de Cebada.

X. BIBLIOGRAFÍA

ARELLANO, H, *Manual de la Cebada, Manual de la Cebada Cervecera* en línea, Consultado el 9 de ene. 2015 Disponible en <http://es.scribd.com/doc/14229542/Manual-Cebada#scribd> p.6.

CALLE, D, *Evaluación de la producción y calidad de forraje verde hidropónico (f.v.h) de cebada con la utilización de diferentes niveles de azufre y su respuesta en ganado lechero*, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba- Ecuador, 2005, p. 86.

CARAMBUL, M, TERRA J.” Alternativas de manejo de pasturas post-sequía”. *Plan Agropecuario* N° 91, Montevideo, Uruguay, 2000.

CASA, C, *Efecto de la utilización del Forraje Verde Hidropónico de avena, cebada, maíz y trigo en la alimentación de cuyes*, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Enero del 2008.

CASTILLO, C, “Revisión de la ciencia, tecnología e ingeniería de alimentos” *Recitela*, Vol. 2, Cali, 25 de Marzo, 2002.

COSECHANDO NATURAL CN, 2009”*Historia del FVH*” (en línea) México. Consultado el 9 de Ene 2015. Disponible en https://www.cosechandonatural.com.mx/nuestra_empresa_articulo14.html.

GARDUÑO, F, *Modelo de producción de Forraje Verde mediante Hidroponía*, Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, México DE, 9 de Junio 2011. p. 77.

GOMEZ, M, *Evaluación del Forraje Verde Hidropónico del Maíz y Cebada con diferentes dosis de siembra para la etapa de crecimiento y engorde de los cuyes*, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba- Ecuador, 2007, p. 57.

GUTIERREZ, I y otros, *Cultivos Hidropónicos*, Fascículo 9, Editorial Géminis, Bogotá – Colombia, 2000 pp. 1-9.

HIDALGO, M, *Producción de forraje e condiciones de hidroponía I, evaluación preliminar de avena y triticale*. Facultad de Ciencias Agropecuarias y Forestales de la Universidad de Concepción sede Chillan- Chile.1985.

HYDRO, E, 2014, *Producción intensiva de Forraje verde a través de la Hidroponía* (En línea) Tlalnepantla, México, Consultado 9 de enero del 2015. Disponible en http://www.hydroenv.com.mx/catalogo/index.php?main_page=page&id=126.

HYDRO, E, 2014 *Condiciones ambientales para producir FVH (en línea)*, DF, México Consultado el 9 de Ene 2015. Disponible en http://www.hydroenv.com.mx/catalogo/index.php?main_page=page&id=128

INEC, *Sistema Agroalimentario de la Cebada*, Ecuador, 2009, p 27.

INEGI. *Anuario estadístico por entidades federativas editado por el Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática*, 1999

IZQUIERDO, J, *La huerta hidropónica popular*, 3ra Edición ampliada y revisada, Santiago, Chile, 2003, pp 75-76.

IZQUIERDO, J, SANCHEZ, Á, FAO, *Forraje Verde Hidropónico, Manual técnico*, Santiago – Chile, Primera edición, p. 9, 2002.

JIMENEZ, J, *Producción de forraje verde hidropónico de trigo y cebada, en diferentes épocas de Cosecha en la quinta experimental punzara*, Universidad Nacional de Loja, Loja, 27 de Mayo del 2013 p 58.

OCEANO/ Centrum S. f°, *Enciclopedia práctica de la agricultura y la ganadería*, Cultivos herbáceos extensivos: Gramíneas cereales, Barcelona, España, Océano Grupo Editorial SA, p 319.

OSNAYO, W, “Producción de Forraje Verde Hidropónico de cebada (*Hordeum vulgare*) usando piscigranja de truchas”, RVCC (Revista Complutense de Ciencias Veterinarias, 8(2):18-28, Huancavelica, Perú, 2014, p.11.

PEREZ, J, *Manual de Cultivos Hidropónicos. Ediciones culturales LTDA, Santa Fe de Bogotá Colombia- p 45-46. Tomado de NAVARRETE, Ricardo, “estudio de la productividad de dos gramíneas y una leguminosa, para forraje verde hidropónico con tres cortes sucesivos en la granja ECAA”.*

RIMACHE, M, *Cultivo de trigo avena y cebada*, Primera edición, Macro E.I.R.L. Perú, p. 70, 2008.

ROMERO, M, y otros, *Producción de Forraje Verde Hidropónico y su Aceptación en Ganado Lechero*, Universidad de Guanajuato, México, 2 mayo 2009. P 17.

SANCHEZ, A, *Forraje Verde Hidropónico* FAO, *Santiago de Chile, Febrero 2002, p .7.*

SANCHEZ, J, *Cultivos Hidropónicos*, sn, Edit. Sena, Medellín- Colombia, 1982pp. 25,32.

SEPULVEDA, R. “Notas Sobre Producción de Forraje Hidropónico”, Santiago-Chile N°52 pp. 32.

TREFILERÍA ALISEDA S.L,” *Ventajas del forraje verde hidropónico” (en línea)* Alisada, ESPANA, Consultado el 9 de Ene 2015. Disponible en <http://www.trefileriaalisedasl.com/index.php/ventajas>.

VILLAR, Cu rso taller Internacional de Hidroponía" Producción de F.V.H, Lima Perú 1999 .

ANEXOS

Número 1. Cronograma de Ejecución.

ACTIVIDADES	Mes 1				Mes 2				Mes 3				Mes 4			
	Semana				Semana				Semana				Semana			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Elaboración anteproyecto	x	x														
Revisión Literaria		x	x													
Construcción , adecuación del invernadero	x	x	x	x												
Colocar Cerchas y Bandejas					x											
Implementación riego						x										
Adquisición de la semilla	x															
Siembra							x	x	x							
Manejo del FVH							x	x	x							
Recolección forraje							x	x	x							
Tabulación de datos										x	x					
Análisis de resultados											x	x				
Preparación del Documento (tesis) 1											x	x	x	x	x	
Presentación del Documento Final																x

Número 2. Datos de Campo.

Cuadro 25. Materia verde, peso con efecto de borde (kg) en una Área de 0,187m²(0,34m*0,55m).

Tratamiento	Peso (Kg)	kg*1m ²	Media/m ²	Ton/m ² /año
T1R1	2,456	13,134	13,135	4,79
T1R2	2,326	12,439		
T1R3	2,587	13,834		
T2R1	2,807	15,011	15,209	5,55
T2R2	2,779	14,861		
T2R3	2,946	15,754		
T3R1	3,092	16,535	16,920	6,18
T3R2	3,247	17,364		
T3R3	3,153	16,861		

Cuadro 26. Materia Verde, peso sin efecto de borde (kg) en una Área de 0,108m²(0,24m*0,45m).

Tratamiento	Peso (Kg)	kg*1m ²	Media/m ²	Ton/m ² /año
T1R1	1,333	12,343	13,590	4,96
T1R2	1,543	14,287		
T1R3	1,527	14,139		
T2R1	1,589	14,713	15,654	5,71
T2R2	1,820	16,852		
T2R3	1,663	15,398		
T3R1	2,092	19,370	17,917	6,54
T3R2	1,741	16,120		
T3R3	1,972	18,259		

Cuadro 27. Contenido de Materia seca.

Contenido de Materia Seca %	
Porcentaje	Media
9,19	9,19
9,2	
9,18	
9,4	9,40
9,36	
9,43	
9,03	9,00
8,98	
9	

Fuente: INIAP, Determinación del Contenido de Materia Seca, 2014.

Cuadro 28. Crecimiento de tapete radicular 15 días (cm).

Tratamiento	Crecimiento	Media
T1R1	2,8	2,9
T1R2	3,2	
T1R3	2,8	
T2R1	2,5	2,8
T2R2	2,8	
T2R3	3,2	
T3R1	3,3	3,1
T3R2	2,8	
T3R3	3	

Cuadro 29. Volumen cc a los 15 días para una área de 0,0225m² (0,45m*0,05m).

Tratamiento	Volumen cc	Media (cc)
T1R1	200	203,3
T1R2	200	
T1R3	210	
T2R1	240	250
T2R2	260	
T2R3	240	
T3R1	300	288,3
T3R2	280	
T3R3	285	

Cuadro 30. Comparación Colorimetría.

Repeticiones	Numeración	Media
T1R1	4	4,67
T1R2	5	
T1R3	5	
T2R1	5	5,67
T2R2	6	
T2R3	6	
T3R1	8	7,67
T3R2	7	
T3R3	8	

Cuadro 31. Crecimiento día 7 (cm).

Tratamiento	Altura cm	Media (cm)
T1R1	8,9	9
T1R2	9	
T1R3	9,2	
T2R1	8,4	8,6
T2R2	8,5	
T2R3	8,7	
T3R1	9,3	8,9
T3R2	8,5	
T3R3	9	

Cuadro 32. Crecimiento día 10 (cm).

Tratamiento	Altura cm	Media(cm)
T1R1	14,7	13,7
T1R2	13,1	
T1R3	13,4	
T2R1	15,2	14,2
T2R2	13,4	
T2R3	14,1	
T3R1	15	14,9
T3R2	14,8	
T3R3	14,8	

Cuadro 33. Crecimiento día 15 (cm).

Tratamiento	Tamaño	Media(cm)
T1R1	24	23
T1R2	23	
T1R3	22	
T2R1	23,5	23,8
T2R2	24	
T2R3	24	
T3R1	24,5	25,3
T3R2	25,5	
T3R3	26	

Cuadro 34. Cuadro consumo fertilizante anual con riego de 1,5 lts /día

Tratamiento	Solución "A" (cc		Solución" B"(cc)	
	Dosificación	Consumo	Dosificación	Consumo
T1	1	547,5	0,25	136,88
T2	1,25	684,38	0,5	273,75
T3	1,5	821,25	0,75	410,63

Fuente: NEMALAB S.A, Análisis Químico, 2015.

Cuadro 35. Contenido Nutricional de la Solución "A".

Concepto	Categorías	Indicadores	Índice
Factores involucrados y la mezcla de elementos nutricionales	Química	pH	4,32
		CE	186,6 mmmohos/cm
		N	1970 ppm
		P	2100 ppm
		K	7850 ppm
		Ca	2400 ppm

Fuente: NEMALAB S.A, Análisis Químico, 2015.

Cuadro 36. Contenido Nutricional de la Solución "B".

Concepto	Categorías	Indicadores	Índice
Factores involucrados y la mezcla de elementos nutricionales	Química	pH	3,69
		CE	4,66 mmmohos/cm
		N	160ppm
		P	870ppm
		K	600ppm
		Ca	210ppm
		Mg	120ppm
		S	300ppm
		Zn	10,5ppm
		Cu	12,2ppm
		Fe	168,6ppm
		Mn	32,2ppm
		Na	32,7ppm
		B	69,05ppm

Fuente: NEMALAB S.A, Análisis Químico, 2015.

Cuadro 37. Contenido Nutricional del Tratamiento 1.

Concepto	Categorías	Indicadores	Índice
Factores involucrados y la mezcla de elementos nutricionales	Química	pH	6,97
		CE	0,75µS/cm
		N	110 ppm
		P	780 ppm
		K	20 ppm
		Ca	10 ppm
		Mg	10 ppm
		S	20 ppm
		Zn	0,5 ppm
		Cu	0,00 ppm
		Fe	0,00 ppm
		Mn	0,00 ppm
		Na	8,7 ppm
		B	44,8 ppm

Fuente: NEMALAB S.A, Análisis Químico, 2015.

Cuadro 38. Contenido Nutricional del Tratamiento 2.

Concepto	Categorías	Indicadores	Índice
Factores involucrados y la mezcla de elementos nutricionales	Química	pH	6,93
		CE	1,22 µS/cm
		N	120ppm
		P	800 ppm
		K	20 ppm
		Ca	10 ppm
		Mg	10 ppm
		S	10 ppm
		Zn	0,4 ppm
		Cu	0,00 ppm
		Fe	0,00 ppm
		Mn	0,00 ppm
		Na	12,7 ppm
		B	43,3 ppm

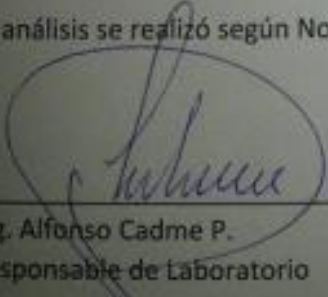
Fuente: NEMALAB S.A, Análisis Químico, 2015.

Cuadro 39. Contenido Nutricional del Tratamiento 3.

Concepto	Categorías	Indicadores	Índice
Factores involucrados y la mezcla de elementos nutricionales	Química	pH	6,44
		CE	1,87 μ S/cm
		N	120ppm
		P	750ppm
		K	10ppm
		Ca	20ppm
		Mg	20ppm
		S	10ppm
		Zn	1ppm
		Cu	0,00ppm
		Fe	0,00ppm
		Mn	0,00ppm
		Na	16,3ppm
		B	53,2ppm

Fuente: NEMALAB S.A, Análisis Químico, 2015.

Grafico 16. Análisis de la Materia Seca

Laboratorio de Suelos y Aguas		
Determinación del % de Humedad y el contenido de MATERIA SECA, en 3 tratamientos de Pastos.		
Solicita:	Egdo: Bolívar Orellana	
Lugar:	Gualaceo	
Muestra:	Forraje verde Hidropónico: CEBADA	
Fecha:	08/12/2014	
Resultados		
Muestra	% Humedad	% Materia Seca
T1	90.81	9.19
T2	90.60	9.40
T3	91.00	9.00
El análisis se realizó según Normas INEN: "Determinación del % de Humedad"		
 Ing. Alfonso Cadme P. Responsable de Laboratorio		 EXPERIMENTAL CHUCUPATA Laboratorio de Suelos y Aguas
		

Fuente: INIAP. Laboratorio de Suelos y Aguas, 2014.

Grafico 17. Análisis de laboratorio.



PROPIETARIO: CENTRO COMERCIAL ORELLANA

PROPIEDAD: **CENTRO COMERCIAL ORELLANA**

REMITENTE: ING. EDISON ORELLANA

LOCALIZACIÓN: GUALACEO - AZUAY

Nº DE DOCUMENTO: 26655

FECHA DE MUESTREO: 30-01-2.015

FECHA DE INGRESO: 30-01-2.015

FECHA DE SALIDA : 12-02-2.015

RESULTADOS DE ANALISIS QUIMICO DE FERTILIZANTES

Nº LAB	IDENTIFIC.	gr/l			
		Nitrogeno	Fosforo	Potasio	Calcio
2953	ENVASE 1 SOLUCION "A"	1.97	2.10	7.85	2.40



BIOD. SORAYA PEREZ
JEFE DE LABORATORIO



NEMALAB
Laboratorio de analisis agrarios



ING. NARCISA PINTADO
SERVICIO AL CLIENTE



* ESTOS RESULTADOS PUEDEN SER SUJETOS DE COMPARACION SIEMPRE Y CUANDO SE UTILICE LA MISMA METODOLOGÍA USADA EN ESTE LABORATORIO "

Km 1 1/2 (Antigua Vía Pácora) El Cambio - Machala, Teléfax: (593) 72982184 - Cel.: (593) 97650254
 e-mail: nemalab@laposivis.com.ec - Casilla: 0701044 - Machala - El Oro - Ecuador

www.nemalab.net

Fuente: NEMALAB S.A, Análisis Químico, 2015.

Grafico 18 Análisis de laboratorio

NOMBRE DEL CLIENTE: CENTRO COMERCIAL ORELLANA
NOMBRE DE LA PROPIEDAD: CENTRO COMERCIAL ORELLANA
NOMBRE DEL REMITENTE: ING. EDISSON ORELLANA
LOCALIZACIÓN: GUALACEO - AZUAY


NEMALAB S.A.®
Laboratorio de análisis agrícola

No. DE DOCUMENTO: 26655
FECHA DE MUESTREO: 30-01-2.015
FECHA DE INGRESO: 30-01-2.015
FECHA DE SALIDA: 12-02-2.015

RESULTADOS DE ANALISIS QUIMICO DE FERTILIZANTES

N° LAB	IDENTIFICACION DE MUESTRA	gr/l						p.p.m					
		N	P2O5	K2O	CaO	MgO	S	Zn	Cu	Fe	Mn	Na	B
2954	ENVASE 2 SOLUCION "B"	0.16	0.87	0.60	0.21	0.12	0.30	10.5	12.2	168.6	32.2	32.7	69.5
2955	ENVASE 3 TRATAMIENTO 1	0.11	0.78	0.04	0.01	0.01	0.02	0.5	0.00	0.00	0.00	8.7	44.8
2956	ENVASE 4 TRATAMIENTO 2	0.12	0.80	0.02	0.01	0.01	0.01	0.4	0.00	0.00	0.00	12.7	43.3
2957	ENVASE 5 TRATAMIENTO 3	0.12	0.75	0.01	0.02	0.02	0.01	1.0	0.00	0.00	0.00	16.3	53.2


BIOQ. SORAYA PEREZ
JEFE DE LABORATORIO


NEMALAB
Laboratorio de analisis agricola


ING. NARCISA PINTADO
SERV. AL CLIENTE

* ESTOS RESULTADOS PUEDEN SER SUJETOS DE COMPARACION SIEMPRE Y CUANDO SE UTILICE LA MISMA METODOLOGÍA USADA EN ESTE LABORATORIO *

Km. 1 ½ (Antigua vía férrea) El Cambio - Machala • Telefax: (593) 7 2992184 • Cel. (593) 997650254
 e-mail: nemalab@lapavio.com.ec • Casilla: 0701044 • Machala - El Oro - Ecuador

Fuente: NEMALAB S.A, Análisis Químico, 2015.

FOTOS

Foto 1 Adecuación de la cerchas.



Fuente: El autor.

Foto 2. Sistema de conducción de Agua.



Fuente: El autor.

Foto 3. Zona de Germinación (Obscura) Durante tres días.



Fuente: El autor.

Foto 4. Oreado de la semilla día dos y tres.



Fuente: El autor.

Foto 5. Día dos de germinado de la semilla.



Fuente: El autor.

Foto 6. Día tres de germinado semilla (raíz entre 0,5 a 1cm).



Fuente: El autor.

Foto 7. Día tres siembra en las charolas y colocadas en cuarto germinado.



Fuente: El autor.

Foto 8. Día cuatro de germinada semilla.



Foto 9. Día cinco germinado.



Fuente: El autor.

Foto 10. Día seis de la germinación.



Fuente: El autor.

Foto 11. Día siete germinado (presencia acción de la fotosíntesis).



Fuente: El autor.

Foto 12. Día 8 de Germinación.



Fuente: El autor.

Foto 13. Día nueve de germinación.



Fuente: El autor.

Foto 14. Día diez de germinación.



Fuente: El autor.

Foto 15. Crecimientos a los diez días, los 3 tratamientos.



Fuente: El autor.

Foto 16. Día once de germinación.



Fuente: El autor.

Foto 17. Día doce de germinación.



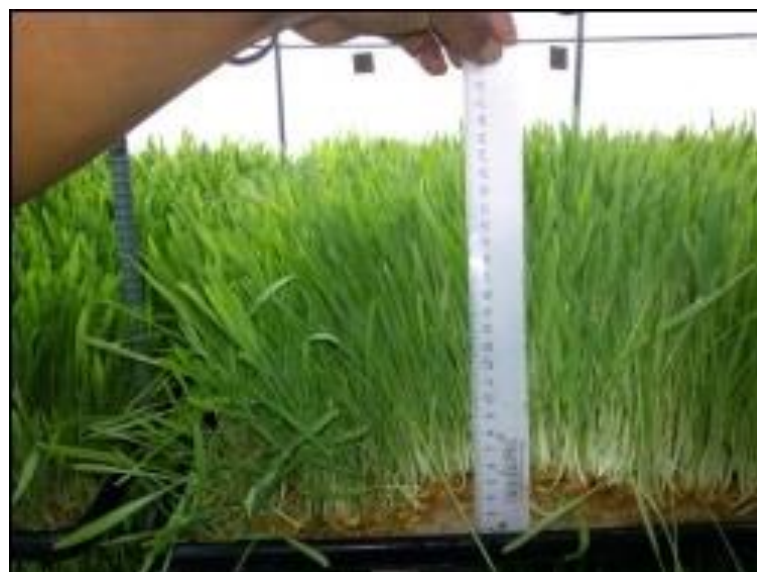
Fuente: El autor.

Foto 18. Día trece de germinación.



Fuente: El autor.

Foto 19. Día catorce de germinación.



Fuente: El autor.

Foto 20. Día quince de germinación.



Fuente: El autor.

Foto 21. Distribución de los tratamientos.



Fuente: El autor.

Grafico 19. Planta de Cebada en excelente desarrollo.



Fuente: El autor.

Foto 22 . Identificación de la coloración de T1.



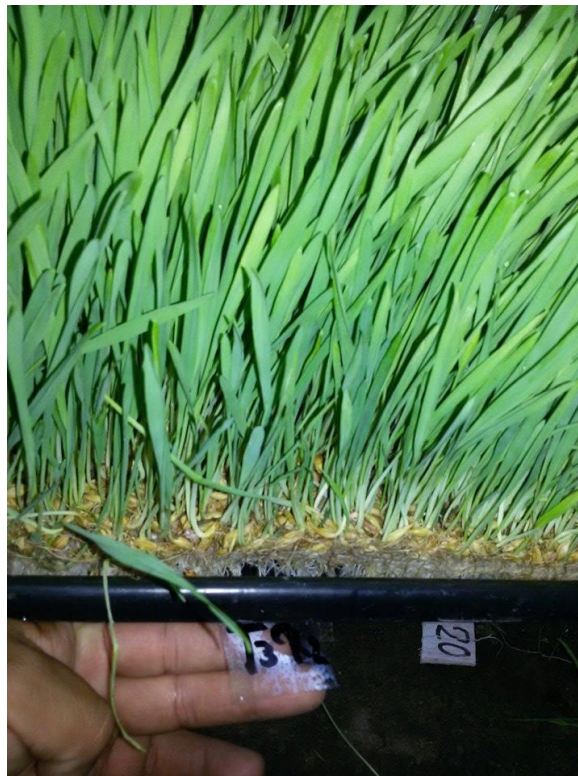
Fuente: El autor.

Foto 23. Identificación de la coloración del T2.



Fuente: El autor.

Foto 24. Identificación de la coloración del T3.



Fuente: El autor.

Foto 25. Corte del efecto de borde.



Fuente: El autor.

Foto 26. Corte del efecto de borde.



Fuente: El autor.

Foto 27 Medición de crecimiento tapete radicular a los quince días.



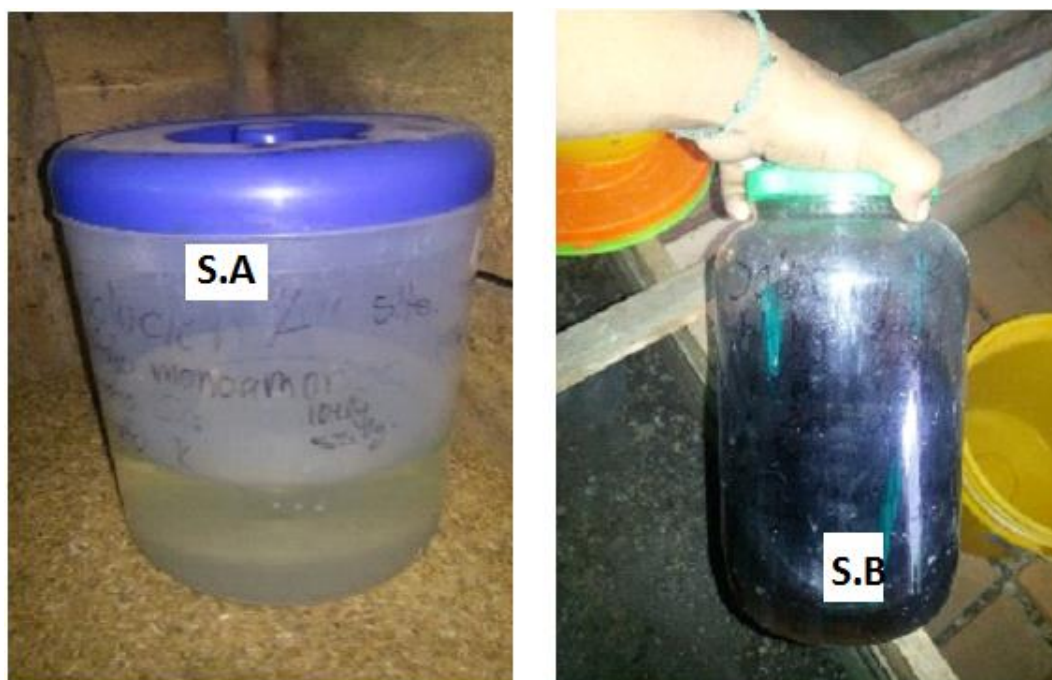
Fuente: El autor.

Foto 28. Medida del volumen de raíz a los quince días.



Fuente: El autor.

Foto 29. Preparado listo de Solución A y B.



Fuente: El autor

Foto 30. Fertilizantes para preparar la Solución Madre.

Solución A.



Solución B



Sulfato de Magnesio



Sulfato de Cobre



Sulfato de Manganeso



Sulfato de Zinc



Acido Borico



Molibdato Amonico

Fuente: Freire Mejía Cía. Ltda, 2014.

Quelato de Hierro



Fuente: Agripac, 2014.

Foto 31 Análisis de pH y CE, de las muestras de los tratamientos.



Fuente: Análisis Químico en laboratorio de la UPS, 2015.

Foto 32. Análisis del pH y CE del agua utilizado en el Ensayo.



Fuente: Análisis Químico en laboratorio de la UPS, 2015.