

# UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



## UNIDAD ACADÉMICA DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES

### CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

#### TESIS DE GRADO

**“EVALUACIÓN DE TRES SOLUCIONES HIDROPÓNICAS  
COMERCIALES EN LA PRODUCCIÓN DE DOS ASOCIACIONES  
DE FORRAJE VERDE HIDROPÓNICO (FVH) COMO  
ALTERNATIVA DE TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA,  
LATACUNGA, 2015”**

**Tesis de grado presentada como requisito previo a la obtención del Título de  
Ingeniero Agrónomo**

**Autor: Ricardo Andres Larrea Miranda**

**Director: Ing. Agr. Luis Benavides**

**Latacunga – Cotopaxi**

**2016**

## **AUTORÍA**

Los criterios emitidos en el presente trabajo de investigación: **“EVALUACIÓN DE TRES SOLUCIONES HIDROPÓNICAS COMERCIALES EN LA PRODUCCIÓN DE DOS ASOCIACIONES DE FORRAJE VERDE HIDROPÓNICO (FVH) COMO ALTERNATIVA DE TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA, LATACUNGA, 2015”**, son de exclusiva responsabilidad del autor.

Larrea Miranda Ricardo Andres

C.I. 1719089474

**AVAL DEL DIRECTOR DE TESIS**

En calidad de Director del Trabajo de Investigación sobre el tema:

**“EVALUACIÓN DE TRES SOLUCIONES HIDROPÓNICAS COMERCIALES EN LA PRODUCCIÓN DE DOS ASOCIACIONES DE FORRAJE VERDE HIDROPÓNICO (FVH) COMO ALTERNATIVA DE TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA, LATACUNGA, 2015”**, de Larrea

Miranda Ricardo Andres, postulante de la Carrera de Ingeniería Agronómica, considero que dicho Informe Investigativo cumple con los requerimientos metodológicos y aportes científico-técnicos suficientes para ser sometidos a la evaluación del Tribunal de Validación de Tesis que el Honorable Consejo Académico de la Unidad Académica de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales de la Universidad Técnica de Cotopaxi designe, para su correspondiente estudio y calificación.

Latacunga, ..... 2016.

El Director:

Ing. Luis Humberto Benavides Velasco.

## **AVAL DE LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL**

En calidad de miembros del Tribunal de la Tesis Titulada: **“EVALUACIÓN DE**

**TRES SOLUCIONES HIDROPÓNICAS COMERCIALES EN LA PRODUCCIÓN DE DOS ASOCIACIONES DE FORRAJE VERDE**

**HIDROPÓNICO (FVH) COMO ALTERNATIVA DE TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA, LATACUNGA, 2015”**, de autoría del egresado Larrea Miranda Ricardo Andres **CERTIFICAMOS** que se ha realizado las revisiones correspondientes y aprobaciones al presente documento.

Aprobado por:

Ing. David Carrera

.....

**PRESIDENTE**

Ing. Jorge Kaslin

.....

**MIEMBRO**

Ing. Santiago Jiménez

.....

**MIEMBRO (SECRETARIO)**

**DEDICATORIA**

A mi madre que sin su apoyo  
fundamental  
no alcanzaría a lograr esta meta  
propuesta.

A mi padre que a pesar de estar  
en el cielo me formó al ser  
pequeño. A mi familia, que con  
este logro puedo brindarles una  
satisfacción más.

A mi hermana con su temple y  
dedicación,  
me ha ayudado a ser mejor cada día,  
enseñándome el valor del esfuerzo,  
como también los valores que uno debe  
exponer a diario en la vida  
cotidiana.

A mi novia que a pesar de los malos  
Momentos, ha estado siempre a mi lado  
para apoyarme en todo el proceso.

**Ricardo**

## **AGRADECIMIENTO**

En primer lugar a Dios que ha guiado  
mi camino universitario.

A mi madre y mi hermana que siempre  
han estado al pendiente de mí, me han  
aconsejado y me han formado como una  
persona de bien.

A toda mi familia que es mi motor  
para sobrellevar buenas y malas  
ocasiones de nuestra vida.

A mis queridos profesores que  
siempre me han enseñado y jamás se  
han guardado ningún conocimiento y al  
contrario nos han llenado de ideas y  
de ganas de salir adelante. Al Ing.

Luis Benavides, por ser más que mi  
tutor de tesis, un gran amigo que me  
ha dejado la Universidad. A todos mis  
amigos y conocidos que siempre me han  
estado apoyando para llegar a la gran  
meta.

Ricardo

## **ÍNDICE**

AUTORÍA ii

AVAL DEL DIRECTOR DE TESIS iii

AVAL DE LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL	iv
DEDICATORIA	v
AGRADECIMIENTO	vi
ÍNDICE	vii
ÍNDICE DE CUADROS	x
RESUMEN	xi
ABSTRACT	xii
INTRODUCCIÓN	1
JUSTIFICACIÓN	4
OBJETIVOS	5
Objetivo General	5
Objetivos Específicos	5
HIPÓTESIS	6
Hipótesis alternativa (Ha).	6
Hipótesis nula (Ho).	6
CAPÍTULO I	7
1. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	7
1.1. Cultivos hidropónicos	7
1.1.1. Antecedentes	7
1.1.2. Ventajas del Cultivo Hidropónico	7
1.1.3. Desventajas del cultivo Hidropónico	8
1.2. Forraje Verde Hidropónico (FVH)	8
1.2.1. Ventajas y Desventajas de los FVH	9
1.3. Producción de Forraje Verde Hidropónico	9
1.3.1. Selección de Semilla	9
1.3.2. Lavado y Desinfección de la Semilla	10
1.4. Soluciones Hidropónicas	13
1.4.1. Solución madre	13

1.4.2.	Fuentes Minerales	13
1.5.	Soluciones comerciales a utilizar	13
1.5.1.	Evergreen (Fertilizante foliar y Bioestimulante 7 – 7 – 7)	13
1.5.2.	Poliverdol (Fertilizante foliar a base de macro y microelementos – 16 – 12 – 1B – 1Zn)	16
1.5.3.	Kelpak (Bioestimulante de crecimiento a base de extracto de algas)	15
1.5.4.	Niveles Individuales de los Minerales	15
1.6.	Cultivos de Pasto a utilizar	16
1.6.1.	Asociación de Pastos a Utilizar	16
CAPÍTULO II		18
2.	DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	18
2.1.	Materiales	18
2.1.1.	Institucionales	18
2.1.2.	Recursos Humanos	18
2.1.3.	Recursos Tecnológicos	18
2.1.4.	Materiales de Campo	19
2.1.5.	Materiales de Oficina	19
2.2.	Caracterización del lugar	20
2.2.1.	Ubicación del experimento	20
2.3.	Diseño Metodológico	20
2.3.1.	Métodos y Técnicas	20
2.3.2.	Registros de datos	21
2.3.3.	Tabulación de datos	21
2.3.4.	Fichaje (Libro de campo)	21
2.4.	Operacionalización de las variables	22
2.5.	Unidad de estudio	22
2.5.1.	Unidad Experimental	23
2.5.2.	Factores en estudio	23
2.5.3.	Tratamientos.	24

2.5.4.	Diseño Experimental.	25
2.5.5.	Análisis funcional.	25
2.5.6.	Unidad en estudio.	25
2.5.7.	Disposición del experimento	26
2.6.	Metodología	27
2.6.1.	Manejo Específico Del Experimento	27
2.6.1.6.	Riego	27
CAPÍTULO III		29
3.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	29
3.1.	Porcentaje de germinación	29
3.2.	Altura de plantas	30
3.3.	Días a la Cosecha	31
3.4.	Peso del Forraje a la Cosecha (kg)	32
3.5.	Rendimiento (kgm <sup>-2</sup> )	34
CONCLUSIONES		37
RECOMENDACIONES		38
BIBLIOGRAFÍA		39
ANEXOS		41

## **ÍNDICE DE CUADROS**

Cuadro 1.	Operacionalización De Las Variables	22
Cuadro 2.	Características De La Unidad Experimental.	23
Cuadro 3.	Características Del Ensayo.	23
Cuadro 4.	Descripción De Los Tratamientos.	24
Cuadro 5.	Esquema Del Adeva	25
Cuadro 6.	Unidad Experimental.	25

Cuadro 7. Esquema Del Experimento.	26
Cuadro 8. Adeva Porcentaje De Germinación	29
Cuadro 9. Prueba De Tukey Al 5% Para Soluciones.	29
Cuadro 10. Prueba De Tukey Al 5% Para Asociaciones Vs. Soluciones	30
Cuadro 11. Adeva Para La Variable Altura De Plantas.	30
Cuadro 12. Prueba De Tukey Al 5% Para Altura De Plantas Para Soluciones.	31
Cuadro 13. Adeva Para La Variable Días A La Cosecha	31
Cuadro 14. Promedios Variable Días A La Cosecha.	32
Cuadro 15. Adeva Para La Variable Peso De Forraje A La Cosecha	32
Cuadro 16. Prueba De Tukey Al 5% Para Para Soluciones	33
Cuadro 17. Prueba De Tukey Al 5% Para Para Asociaciones X Soluciones	33
Cuadro 18. Prueba De Tukey Al 5% Para Para Asociaciones X Riegos	34
Cuadro 19. Adeva Para La Variable Rendimiento ( $\text{Kgm}^{-2}$ )	34
Cuadro 20. Prueba De Tukey Al 5% Para Para Soluciones.	35
Cuadro 21. Prueba De Tukey Al 5% Para Para Asociaciones Vs Soluciones.	35
Cuadro 22. Prueba De Tukey Al 5% Para Para Frecuencia De Riegos.	35
Cuadro 23. Prueba De Tukey Al 5% Para Asociaciones Vs. Frecuencia De	36

## **RESUMEN**

La presente investigación con el nombre “EVALUACIÓN DE TRES SOLUCIONES HIDROPÓNICAS COMERCIALES EN LA PRODUCCIÓN DE DOS ASOCIACIONES DE FORRAJE VERDE HIDROPÓNICO (FVH) COMO ALTERNATIVA DE TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA, LATACUNGA, 2015”, se realizó en el Campus Salache de la Universidad Técnica de Cotopaxi, ubicada en la provincia de Cotopaxi, Parroquia Eloy Alfaro, sector Salache Bajo, donde se probaron dos asociaciones de forraje (vicia – cebada y ray grass – cebada), tres soluciones (Evergreen  $0,01 \text{ ccm}^{-2}$ , Kelpak  $0,05 \text{ ccm}^{-2}$  y Poliverdol  $0,01 \text{ ccm}^{-2}$ )

y tres frecuencias de riego (3, 4 y 5 veces por día) con 18 tratamientos y tres repeticiones, los indicadores a evaluar fueron: porcentaje de germinación, altura de plantas (m), días a la cosecha, peso de forraje a la cosecha (kg) y rendimiento ( $\text{kgm}^{-2}$ ); los resultados más destacados fueron: para el porcentaje de germinación donde la solución S3 obtuvo 88,06 y la interacción A1S3 con 97,33 fueron los mejores resultados, para la variable altura de plantas la solución S3 obtuvo 0,18 m de promedio, para días a la cosecha no hubo diferencias significativas siendo los promedios de todos los factores de estudio 16,33; en la variable peso de forraje a la cosecha, la mejor solución fue S3 (4,14 kg), las mejores interacciones fueron A1S3 (4,64 kg) y A1F3 (4,24 kg); para el rendimiento los promedios sobresalientes obtenidos fueron para S3 ( $3,72 \text{ kgm}^{-2}$ ) y para las interacciones A1S3 ( $4,18 \text{ kgm}^{-2}$ ), A1F3 ( $3,82 \text{ kgm}^{-2}$ ) y la mejor frecuencia de riego fue F2 ( $3,5 \text{ kgm}^{-2}$ ). Se concluye que la mejor asociación forrajera que presentó promedios óptimos fue Vicia y Cebada, la mejor solución Poliverdol  $0,01 \text{ ccm}^{-2}$ , y en la frecuencia de riego se asevera F2 (4 veces-día).

## **ABSTRACT**

This research with the name "EVALUATION OF THREE COMMERCIAL HYDROPONIC SOLUTIONS IN THE PRODUCTION OF TWO ASSOCIATIONS OF GREEN HYDROPONICS FODDER (FVH) AS AN ALTERNATIVE FOR TECHNOLOGY TRANSFERENCE, LATACUNGA, 2015" was held in the Campus Salache of the Technical University of Cotopaxi, located in the province of Cotopaxi, Parish Eloy Alfaro, sector Salache Bajo, where two associations of forages (vetch - barley and ryegrass - barley) were tested, three solutions (Evergreen  $0,01 \text{ ccm}^{-2}$ , Kelpak  $0,05 \text{ ccm}^{-2}$  y Poliverdol  $0,01 \text{ ccm}^{-2}$ ) and three irrigation frequencies (3, 4 and 5 times per day) with 18 treatments and three

repetitions, indicators evaluated were: percentage of germination, plant height (m), days to harvest, weight forage harvest (kg) and performance ( $\text{kgm}^{-2}$ ); the main results were: for the germination percentage ..... .., for the variable plant height S3 solution obtained 0.18 m average, for days to harvest there were no significant differences, being the averages of all studied factors 16.33; the variable weight in forage harvest, the best solution was to S3 (4.14 kg), the best interactions were A1S3 (4.64 kg) and A1F3 (4.24 kg); for the performance, the main averages obtained were for S3 ( $3.72 \text{ kgm}^{-2}$ ) and for the interactions, A1S3 ( $4.18 \text{ kgm}^{-2}$ ), A1F3 ( $3.82 \text{ kgm}^{-2}$ ) and the best irrigation frequency was F2 ( $3.5 \text{ kgm}^{-2}$ ). It is concluded that Vicia and Cebada were the best forage association which presented optimal averages, the best solution was Poliverdol  $0.01 \text{ cm}^{-2}$ , and irrigation frequency that is needed is F2 (4 times daily).

## INTRODUCCIÓN

En la actualidad las condiciones climáticas como sequías e inundaciones tienen consecuencias de alto impacto para el área agrícola, en especial porque existe escasez de alimento para los animales. Si no contamos con tecnología y manejamos el pasto de manera tradicional, los costos de producción se vuelven elevados, esto hace que los agricultores y ganaderos busquen formas de disminuir dichos costos, de tal manera que recurren a restos de brócoli, rechazo de banano entre otros. Generando así otro problema, que en estos cultivos se maneja gran cantidad de pesticidas que causan daño en los animales. (Navarrete, 2008)

La problemática de los pastos, a nivel nacional, deriva principalmente de la baja productividad de este recurso. Se han identificado como problemas principales la estacionalidad de la producción de pastos y la poca disponibilidad de biomasa y calidad nutritiva. Las causas principales son las inadecuadas prácticas de manejo de los pastizales, la alta carga animal por hectárea (sobrepastoreo), la escasez de agua durante la época seca, el efecto de fenómenos naturales (exceso de lluvias y heladas) en zonas altoandinas, la escasez de germoplasma con especies forrajeras de calidad, la erosión de los suelos y los procesos de deforestación, la insipiente organización de los productores, la ausencia de programas de mejoramiento de praderas nativas y el retraso tecnológico. (INIA, 2015)

Se conoce que la producción de forraje verde de manera tradicional en nuestro país es muy efímera, sabiendo que el total de producción va a depender de la pluviosidad del sector o dependerá del sistema de riego empleado. (Garduño, 2011)

Al referirnos al uso de suelo en el Ecuador según la Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua (ESPAC) para el año 2012, se destinaron 7,38 millones de ha a la labor agrícola, de éstas el 48,14% están dedicadas a pastos cultivados.

A nivel nacional la mayor superficie de tierra cultivable está destinada a pastos cultivados con un 29,85%, seguido por pastos naturales 11,96%, los cultivos permanentes representan un 11,62% y cultivos transitorios y barbecho con el 8,58%. Además, podemos observar que un alto porcentaje del suelo está dedicado a montes y bosques con 30,10%, tendencia porcentual presente en todas las regiones con más del 20% cada una. (INEC, 2012)

Al analizar la estructura del suelo por regiones, se determina que en la Región Costa, el 34,88% de las tierras están dedicadas a pastos cultivados, el 20,99% a cultivos permanentes y el 13,57% a cultivos transitorios y barbecho. Esta región se destaca en la producción de los cultivos de banano, café, cacao y arroz, mismos que predominan por las condiciones del clima y suelo. (INEC, 2012)

En la Región Sierra, se observa que el 22,75% y el 22,56% del suelo cultivable está dedicada a pastos naturales y cultivados respectivamente; seguidos por un 7,43% de cultivos transitorios y 6,12% de permanentes. A pesar de que los agricultores de esta zona se dedican a la siembra de gran variedad de cultivos de ciclo corto, el amplio terreno ocupado por pastos cultivados y naturales que muestran que la actividad ganadera es predominante en la región. (INEC, 2012)

De acuerdo al website: <http://www.ecuadorencifras.gob.ec/procesador-deestadisticas-agropecuarias-3/>, se puede indicar que los datos estadísticos en el año 2013 manifiestan que la extensión de pastos cultivados en nuestro país en el mencionado año era de 3 227 319 ha y los datos estadísticos para pastos naturales era de 1 623 359 ha. (INEC, 2013)

Según el último Censo Agropecuario realizado en el año 2000, la provincia de Cotopaxi, presenta los siguientes datos estadísticos de uso de suelo con 457,199 ha, donde los pastos cultivados presentan un total de 77,127 ha representado el 17% del total de uso de suelo en la provincia. (MAGAP, 2015)

En lo anteriormente expuesto se puede observar que los pastos cultivados ocupan una gran extensión de suelo, el cual puede ser utilizado para promover los cultivos transitorios o permanentes de especies vegetales para la alimentación del ser humano y la propuesta del forraje verde hidropónico es promover la transferencia de tecnología de producción para aprovechar el espacio y producir un pasto de calidad.

El FVH es un sistema de producción de biomasa vegetal de alta sanidad y calidad nutricional producido muy rápidamente (9 a 15 días), en cualquier época del año y en cualquier localidad geográfica, siempre y cuando se establezcan las condiciones mínimas necesarias para ello. La tecnología FVH es complementaria y no competitiva a la producción convencional de forraje a partir de especies aptas (avena, mezclas de trébol y gramíneas, alfalfa, etc.) para cultivo forrajero convencional. (Navarrete, 2008)

## JUSTIFICACIÓN

El FVH es un alimento (forraje vivo en pleno crecimiento) verde, de alta palatabilidad para cualquier animal y excelente valor nutritivo. Un gran número de experimentos y experiencias prácticas comerciales han demostrado que es posible sustituir parcialmente la materia seca que aporta el forraje obtenido mediante métodos convencionales, así como también aquel proveniente de granos secos o alimentos concentrados por su equivalente en FVH. Este ha demostrado ser una herramienta eficiente y útil en la alimentación animal, donde se ha demostrado: (Sánchez, 2001)

- Aumento significativo de peso vivo en corderos precozmente destetados al suministrarles dosis crecientes de FVH hasta un máximo comprobado de 300 gramos de materia seca al día. (Sánchez, 2001)
- Aumento de producción en aves domésticas (pollos, gallinas, patos, gansos, etc.) a partir del uso del FVH, lográndose sustituir entre un 30 a 40 % de la dosis de ración paleteada. (Sánchez, 2001)
- Optimización del espacio para la producción de Forraje Verde Hidropónico (Sánchez, 2001)

El uso del suelo en el Ecuador por parte de los agricultores tanto de la sierra como de la costa, nos permite observar que se designan grandes extensiones de tierra para el cultivo de pasto, el 34,88% en la costa y el 22,56% en la sierra del total de la tierra cultivable en nuestro país, sabiendo que esa superficie puede ser aprovechada para el cultivo de plantas necesarias para la alimentación humana. El motivo de realizar la respectiva investigación es para promover la transferencia de tecnología de la producción de pastos donde se optimizará el uso del suelo, aumentando la producción de biomasa vegetal del pasto, mejorar el nivel nutricional del forraje para alimento animal con el uso de las soluciones hidropónicas para beneficio de los agricultores que se dedican a la crianza de animales.

## **OBJETIVOS**

### ***Objetivo General***

- Evaluar tres soluciones hidropónicas comerciales, en la producción de dos asociaciones de forraje verde hidropónico (FVH) en Latacunga, 2015.

### ***Objetivos Específicos***

- Determinar que solución hidropónica presenta mejores rendimientos en biomasa forrajera.
- Evaluar el rendimiento de las asociaciones forrajeras.
- Definir la cantidad de riegos diarios más eficiente en la asociación forrajera.

## **HIPÓTESIS**

***Hipótesis alternativa (Ha).***

La aplicación de tres soluciones hidropónicas comerciales, influyen en el crecimiento y rendimiento del FVH.

***Hipótesis nula (H<sub>0</sub>).***

La aplicación de tres soluciones hidropónicas comerciales, no influyen en el crecimiento y rendimiento del FVH.

# CAPÍTULO I

## 1. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

### 1.1. Cultivos hidropónicos

#### *1.1.1. Antecedentes*

La palabra Hidroponía deriva del griego Hydro (agua) y Ponos (labor o trabajo), que significa literalmente trabajo en agua. La Hidroponía es una ciencia que estudia los cultivos sin tierra, en un medio estéril ya sea arena, grava u otros. La hidroponía no es una técnica moderna, sino una técnica ancestral; en la antigüedad hubo culturas y civilizaciones que la usaron como medio de subsistencia. Por ejemplo, los aztecas cultivaban su maíz en barcos o barcazas con un entramado de pajas en el lago Texcoco, y de ahí se abastecían. Hay muchos otros ejemplos como éste; los Jardines Colgantes de Babilonia eran

hidropónicos, esta técnica existía en la antigua China, India, Egipto, también la cultura Maya la utilizaba. (Navarrete, 2008)

Es un hecho poco difundido que la hidroponía tuvo un gran auge en la Segunda Guerra Mundial, los ejércitos norteamericanos en el Pacífico se abastecían en forma hidropónica en las islas de Hawái; incluso cuando Estados Unidos ocupó Japón, se hicieron grandes botes hidropónicos para abastecer a sus soldados. (Navarrete, 2008)

#### *1.1.2. Ventajas del Cultivo Hidropónico*

Según Munguía (2012), afirma que las ventajas del cultivo hidropónico son las siguientes:

- Reducción de costos de producción en forma considerable.
- No se depende de los fenómenos meteorológicos.
- Permite producir cosechas fuera de estación (temporada).
- Se requiere mucho menor espacio y capital para una mayor producción.
- Increíble ahorro de agua, pues se recicla.
- Ahorro de fertilizantes e insecticidas.
- No se usa maquinaria agrícola (tractores, rastras, etc.).

- Mayor limpieza e higiene en el manejo del cultivo, desde la siembra hasta la cosecha.

### ***1.1.3. Desventajas del cultivo Hidropónico***

Los costos de la puesta en marcha para la construcción de invernaderos, mesas, bancos, sistemas hidráulicos y eléctricos son altos. También es necesario, en algunos casos, el uso de insecticidas y fungicidas. Por último, en este sistema que tenemos que utilizar un equipo más sofisticado y preciso, que son más caros que los que se utilizan en los sistemas convencionales. (Castellanos, 2012)

## **1.2. Forraje Verde Hidropónico (FVH)**

Consiste en una novedosa alternativa de producción: el forraje verde hidropónico, un modo de sembrar que no requiere tierra ni nutriente, la planta crece sólo con agua. (Silvina, 2013)

Técnicamente, la producción de FVH es una tecnología de desarrollo de biomasa vegetal obtenida a partir de semillas con una alta tasa de germinación para producir un forraje vivo de alta digestibilidad, calidad nutricional y apta para la alimentación de animales (Silvina, 2013)

El Forraje Verde Hidropónico (FVH) es el resultado del proceso de germinación de granos de cereales (cebada, avena, trigo y maíz), que se realiza durante un periodo de 10 a 15 días captando la energía del sol y asimilando los minerales de la solución nutritiva, utilizando técnicas de hidroponía sin ningún sustrato. (Vargas, 2014)

El Forraje Verde Hidropónico se produce en bandejas plásticas colocadas en sistemas modulares, en cada bandeja de 50 x 36 x 4 cm (largo x ancho x alto en centímetros, medidas referenciales) se coloca de 1 a 1,25 kilos de semilla de cebada (también se puede trabajar con avena, trigo y maíz) que al cabo de 2 semanas se convertirá en una biomasa forrajera de 6 a 8 kilos, la misma que es consumible en

su totalidad (raíces, tallos, hojas y restos de semillas) constituyendo un alimento de primera calidad para un óptimo desarrollo de animales. (Vargas, 2014)

### ***1.2.1. Ventajas y Desventajas de los FVH***

Entre las ventajas que podemos encontrar en el sistema de FVH tenemos: Ahorro de agua: ya que no se registran pérdidas considerables por evapotranspiración, escurrimiento o infiltración debido al sistema en el que se desarrollan, también podemos ver que el uso eficiente del espacio, esto dado por la disposición de las estanterías o módulos, se ahorra espacio al estar ubicados de forma vertical (por pisos). (Sánchez, Alvaro, 2000)

Otro Punto a favor es la calidad de forraje: el FVH constituye un pienso de alta digestibilidad, excelente palatabilidad y que contiene un alto valor nutritivo para las especies pecuarias. También tenemos Inocuidad: constituye un alimento limpio libre de enfermedades e insectos. (Sánchez, 2001)

Entre las desventajas que podemos encontrar en el sistema de FVH tenemos:

Un punto negativo en la producción de FVH es la desinformación y sobrevaloración de la tecnología: es de vital importancia tener un conocimiento básico sobre cómo funciona el sistema, comportamiento y requerimientos de la especie forrajera utilizada, plagas y enfermedades, así como también cuidados exigentes y permanentes, debido a la fragilidad de las plantas. El costo de instalación elevado: dado a que se debe implementar una infraestructura y equipos implica un costo inicial considerable (Navarrete, 2008)

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

### ***1.3.1. Selección de Semilla***

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

enfermedades o granos partidos. No se debe utilizar semillas tratadas con fungicidas, (Salgado, Juan, 2011)

### ***13.2. Lavado y Desinfección de la Semilla***

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 que no hubiesen sido retiradas en la selección, de éste modo se asegura una semilla viable, (Salgado, Juan, 2011)

Para realizar la desinfección 'se recomienda utilizar una solución de hipoclorito de sodio en concentración de 1%, con la finalidad de eliminar cualquier patógeno que se encontrara en la semilla, este proceso no debe durar menos de 30 segundos ni ser mayor a 3 minutos (Salgado, Juan, 2011)

#### **a. Pre germinación**

Consiste en activar la semilla, se humedece durante 24 horas con agua bien aireada, se drena el agua para que la semilla pueda respirar y se deja reposando durante 48 horas en los recipientes, (Salgado, Juan, 2011)

#### **b. Germinación**

Las semillas, por lo general en la mayoría de las especies forrajeras, tales como gramíneas dura de 2 a 3 días, este proceso se facilita gracias al tratamiento de imbibición que se le da a la semilla en la pre germinación.

La germinación inicia desde el momento en que se somete la semilla a imbibición o hidratación. Las enzimas se movilizan invadiendo el interior de la semilla y ocurre una disolución de las paredes celulares por la acción de ellas. Posteriormente se liberan granos de almidón que son transformados en azúcares. (Salgado, Juan, 2011)

c. Siembra de la semilla

Una vez hidratadas y desinfectadas las semillas se debe proceder a sembrar una cantidad de semilla que no supere el 1,5cm. de altura, o en su caso una densidad que no supere los 2 o 2,2 Kg. por m<sup>2</sup>, se debe asegurar que se deje una capa uniforme cubrir con plástico o con periódico ya que este proceso favorece la germinación y evita la reseca de las semillas. (Salgado, Juan, 2011)

d. Riegos

El riego puede realizarse en forma automática o en forma manual. Cuando el riego es automático se requiere una bomba, un tanque de almacenamiento, tubos y mangueras de distribución, ya sea para regar por micro aspersores o con atomizadores por aspersión. Cuando no hay recursos se hará con una manguera o con un balde con hoyos en el fondo. Se hace con una frecuencia de 5 a 8 riegos diarios. (Salgado, Juan, 2011)

Para esta labor se realizarán riegos permanentes a lo largo de todo el día por medio de un sistema de riego por goteo, para lo cual la dosis adecuada está alrededor de 0,5 L por m<sup>2</sup>. (4 primeros días) hasta llegar a 1 y 1,5 L por m<sup>2</sup>, (Salgado, Juan, 2011)

e. Cosecha

Se la realiza cuando la plántula ha alcanzado una altura promedio de 15 a 25 centímetros. Este desarrollo demora entre 9 y 15 días, dependiendo de la temperatura, 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. (Salgado, Juan, 2011)

f. Rendimiento

La producción de granos germinados para uso forrajero bajo control de temperatura y humedad relativa, densidad y buena calidad de la semilla, alcanza un rendimiento de 10 a 12 veces el peso de la semilla en pasto fresco y una altura de 20 cm., aproximadamente en un período de 7 a 10 días. (Vargas, 2014)

g. Factores que influyen en la producción de FVH

Entre los factores más importantes que pueden determinar la viabilidad o fracaso de este tipo de cultivo, están citados por Navarrete (2008) y Salgado (2011) y son:

- Calidad de la semilla: La semilla que se debe utilizar debe encontrarse en óptimas condiciones para garantizar resultados óptimos.
- Iluminación: La cantidad de radiación que deben recibir las plantas en desarrollo es importante, pues interviene en todos los procesos fisiológicos de la misma.
- Temperatura: El rango de temperatura está entre los 18-26 °C, la temperatura óptima es 20 C, aunque esto depende de la especie utilizada y de sus requerimientos.
- Humedad: la humedad que debe fluctuar dentro de la instalación debe ser del 90%, rangos inferiores o mayores pueden provocar deshidratación o problemas fitosanitarios en el forraje respectivamente.
- Calidad del agua: el agua que se recomienda usar debe poseer características similares a la potabilizada.
- pH: existe un rango que se maneja entre 5.2 a 7 para un excelente desarrollo.
- Conductividad: El rango óptimo de CE está entre 1.5 a 2.0 mS/cm.

## **1.4. Soluciones Hidropónicas**

### ***1.4.1. Solución madre***

Se denomina solución madre o stock a composiciones concentradas de nutrientes las cuales están formuladas por sales minerales que se emplean en un medio particular. Debido al elevado número de compuestos que incluye y a que algunos de ellos se emplean a muy baja concentración, resulta más práctico preparar soluciones madre o "stocks" concentrados. Esto hace más rápida la futura preparación de medios y minimiza los errores, ya que La composición de una solución se debe medir en términos de volumen y masa, por lo tanto es indispensable conocer la cantidad de soluto disuelto por unidad de volumen o masa de disolvente, es decir su concentración. (Anny, 2012)

Su función principal es: el ahorro de tiempo y adquirir un solo producto que contenga todos los minerales necesarios para el desarrollo de nuestras plantas, evitando sinergismo y antagonismo que puedan ser nocivos para el desarrollo de nuestras plantas. (Anny, 2012)

### ***1.4.2. Fuentes Minerales***

Los minerales esenciales son suministrados como compuestos químicos; unos pueden suministrar más que otros. Por ejemplo: el nitrato de calcio suministra calcio y nitrógeno, y el monofosfato de potasio suministra potasio y fósforo. Todos los macronutrientes pueden ser suministrados a una solución con estos dos químicos más nitrato de potasio y sulfato de magnesio. El truco de producir una solución nutritiva es suministrar estos químicos en proporciones exactas y correctas para que la planta comience a crecer. (Sánchez, Alvaro, 2000)

## **1.5. Soluciones comerciales a utilizar**

### ***1.5.1. Evergreen (Fertilizante foliar y Bioestimulante 7 – 7 – 7)***

Bio-Estimulante Vitamínico es un fertilizante de nueva generación que contiene elementos naturales, vitamina C y aminoácidos, que proporcionan a la planta toda.

La energía necesaria para ayudarla en situación de estrés (escasez de agua, falta de nutrientes, fenómenos naturales) y proporciona un rápido y sano crecimiento. (Evergreen)

### ***1.5.2. Poliverdol***

**(Fertilizante foliar a base de macro y microelementos 16 – 16 – 12 – 1B – 1Zn)**

Es un complemento nutricional múltiple que está formulado especialmente para completar la correcta nutrición de las plantas, dando un balance nutricional, esencial para el buen desarrollo de los cultivos. (Grupo EDIFARM, 2012)

POLIVERDOL SUSPENSIÓN® es una dispersión homogénea y permanente en agua de cristales 100% hidratados. Se aplica a la planta tan pronto se haya desarrollado las primeras hojas. Su uso ayuda a la planta a superar condiciones de estrés producidas por aguas estancadas, mala ventilación del suelo, heladas, sequías y plaguicidas y por daños mecánicos o falta de nutrientes. (Grupo

EDIFARM, 2012) Composición:

<b>Macroelementos</b>	<b>%</b>
N – Nitrógeno Total	16
P – Fósforo como P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	16
K – Potasio como K <sub>2</sub> O	12

  

<b>Microelementos</b>	<b>glt<sup>-1</sup></b>
Azufre (S) en sulfatos	40,00
Boro (B)	10,15
Hierro (Fe)	0,45
Manganeso (Mn)	0,39
Cobre (Cu)	0,22
Zinc (Zn)	10,15
Molibdeno (Mo)	0,03

Cobalto (Co) 0,01

Fuente: Vademécum Agrícola, 2012

### ***1.5.3. Kelpak (Bioestimulante de crecimiento a base de extracto de algas)***

Es un activador natural del crecimiento, concentrado de *Ecklonia Maxima* con una alta concentración en auxinas naturales. (Daymsa, 2013)

Su composición se caracteriza por su alto nivel de auxinas y su bajo nivel de citoquininas. Esta dominancia en auxinas promueve el desarrollo de raíces y pelos radiculares favoreciendo el desarrollo equilibrado del cultivo. (Daymsa, 2013)

Kelpak se recomienda para estimular el desarrollo de las raíces, así como para potenciar el crecimiento de los frutos, con el fin de obtener cosechas con calibres superiores. (Daymsa, 2013)

Es un concentrado a base de extracto de algas de alta calidad, producido mediante un proceso en frío, único, donde las propiedades estimulantes de las algas se concentran sin necesidad de calor o uso de productos químicos, procesos que reducen notablemente los efectos estimulantes de este tipo de extractos. (Grupo EDIFARM, 2012)

### ***1.5.4. Niveles Individuales de los Minerales***

La cantidad de cualquier mineral presente en una solución nutritiva es medida en partes por millón (ppm). Es exactamente lo mismo medir mg/l o g/1000. Por ejemplo: una solución nutritiva que contiene 40 ppm de magnesio, tendrá 40 g de magnesio por cada 1000 litros de solución o 40 mg de magnesio en cada litro de solución. (Sánchez, Alvaro, 2000)

La concentración de cada elemento mineral es esencial en una solución nutritiva hidropónica y depende de varios factores. El tipo de planta que se cultiva es un factor, igual una variedad de una especie en particular puede tener diferentes requerimientos minerales que otras variedades. La etapa de crecimiento de la planta

también afecta los requerimientos minerales. Plantas jóvenes de la mayoría de las especies requieren más nitrógeno cuando están en crecimiento. Sin embargo, menores cantidades son requeridas cuando las plantas están maduras. La absorción de nutrientes es también afectada por las condiciones medio ambientales como la temperatura y humedad. Como consecuencia de esto, es imposible establecer una lista de cada elemento con un nivel exacto para cada mineral, esto también es innecesario. Se ha encontrado que cada mineral en la solución nutritiva tiene su propio rango de concentración a la cual es efectiva. (Sánchez, Alvaro, 2000)

## **1.6. Cultivos de Pasto a utilizar**

### ***1.6.1. Asociación de Pastos a Utilizar***

#### **a. Vicia y Cebada**

La vicia es una planta herbácea anual o perenne. Los tallos son delgados y ramificados y pueden estar en posición vertical, pero muchas especies tienen zarcillos con los que trepan sobre otras plantas. Las hojas son generalmente pinnadas. Los raquis terminan en un zarcillo o una punta con púas. Las flores son desde individuales hasta con unas pocas en las axilas de las hojas o en laxas inflorescencias racemosas. Es cultivada para el uso humano y otras para ganadería. (Calva, 2008)

La cebada Perteneciente a la familia de las gramíneas, se diferencia por el número de espiguillas que quedan en cada diente del raquis. La cebada es una planta de hojas estrechas y de color verde claro. (Calva, 2008)

El sistema radicular de la cebada es más superficial que la del trigo, se estima que un 60% del peso de raíces se encuentre en los primeros 25 cm.

del suelo. El tallo es bajo. (Guerrero, 1999)

#### **b. Ray Grass y Cebada**

El Ray grass es una Gramínea de crecimiento erecto e inflorescencia en espiga solitaria. Utilizada para pastoreo y pasto de corte. (Rocha, 2011)Requerimientos altos por su buena calidad. Es un cultivo anual que requiere riegos y fertilización. (Rocha, 2011)

La cebada Pertenece a la familia de las gramíneas, se diferencia por el número de espiguillas que quedan en cada diente del raquis. La cebada es una planta de hojas estrechas y de color verde claro. (Guerrero, 1999)

El sistema radicular de la cebada es más superficial que la del trigo, se estima que un 60% del peso de raíces se encuentre en los primeros 25 cm.

del suelo. El tallo es bajo. (Guerrero, 1999)

## **CAPÍTULO II**

### **2. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **2.1. Materiales**

##### ***2.1.1. Institucionales***

- Universidad Técnica de Cotopaxi
- Unidad Académica de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales. □  
Carrera Ingeniería Agronómica

##### ***2.1.2. Recursos Humanos***

- Autor: Ricardo Andres Larrea Miranda.
- Director de Tesis: Ing. Luis Benavides.
- Miembros del tribunal: ○ Ing. David Carrera ○ Ing. Jorge Kaslin ○ Ing. Santiago Jiménez

##### ***2.1.3. Recursos Tecnológicos***

- Computadora.
- Impresora.
- Flash memory.
- Cámara fotográfica.
- Copias.
- Internet
- Bombas sumergibles
- Cámara SIGMA de 46 Megapíxeles con 3 sensores RGB y lente zoom de 250m

##### ***2.1.4. Materiales de Campo***

- Semillas de Vicia (*Vicia Sativa*)
- Semilla de Cebada (*Hordeum vulgare*)

- Semilla de Ray grass (*Lolium multiforum*)
- Cubierta de plástico (invernadero)
- Racks de apoyo para FVH
- Bandejas para FVH
- Soluciones hidropónicas
- Mangueras
- Cinta métrica.
- Manguera.
- Pala.
- Rastrillo.
- Baldes.
- Alambre.
- Clavos.
- Martillo.
- Guantes.
- Plástico.

### ***2.1.5. Materiales de Oficina***

- Laptop
- Internet
- Flash memory
- Cd o DVD

## **2.2. Caracterización del lugar**

### ***2.2.1. Ubicación del experimento***

#### ***2.2.1.1. Localización Política.***

**Provincia:** Cotopaxi.

**Cantón:** Latacunga.  
**Parroquia:** Eloy Alfaro  
**Barrio:** Salache  
**Lugar:** CEASA  
(UTC)

**2.2.1.2. Localización geográfica**

**Longitud:** 78°37'14" W  
**Latitud:** 00°59'57" S  
**Altitud:** 2725 msnm.

**2.2.1.3. Requerimientos Agroecológicos.**

**Clima:** Templado.  
**Temperatura:** 8° - 20°C

## **2.3. Diseño Metodológico**

### **2.3.1. Métodos y Técnicas**

**2.3.1.1. Método Analítico**

**a. Investigación aplicada:**

La investigación es aplicada porque enfoca su atención en las teorías generales y el conocimiento de los factores en estudio para aplicarlos en el ensayo y de esta manera encontrar una solución, para resolver problemas y necesidades que atraviesan los agricultores de la zona.

**b. Investigación de campo y experimental:**

Experimental - Cuantitativa, basada en la investigación de campo fundamentada en la toma de datos y tabulación de los mismos para comparar los resultados obtenidos con la información bibliográfica.

**c. Investigación Bibliográfica:**

Es fundamental porque contribuye como una fuente de información para futuras investigaciones.

### **2.3.1.2. Técnicas**

#### **a. Diagnóstico**

Descripción completa de la situación actual, tanto en la superficie que cubre el proyecto como en su zona de influencia.

#### **b. Observación en campo**

Observar los síntomas y diferencias entre tratamientos.

#### **c. Fichaje**

Es una técnica indispensable para la identificación de cada tratamiento con sus datos característicos y lo cual les diferencia entre ellos.

### **2.3.2. Registros de datos**

Toma de datos mediante registros mensuales en los que se incluyen los parámetros ya establecidos.

### **2.3.3. Tabulación de datos**

Analizar de los datos obtenidos mediante un programa estadístico para conocer los resultados obtenidos.

### **2.3.4. Fichaje (Libro de campo)**

Se tomó apuntes de cada una de las actividades de observación que se realizó en la toma de las diferentes muestras.

## **2.4. Operacionalización de las variables**

### **Cuadro 1. Operacionalización de las variables**

VARIABLE INDEPENDIENTE	VARIABLE DEPENDIENTE	INDICADORES
Asociación de forrajes	Rendimiento en la asociación de pasto en la producción de FVH	Porcentaje de germinación (%)
		Altura de plantas (m)
Días a la cosecha (N° días)		
Soluciones hidropónicas		Peso del forraje a la cosecha. (Kg)
		Rendimiento Kg/m <sup>2</sup>
Frecuencia de riegos		

Elaborado por: Ricardo Larrea (2016).

## 2.5. Unidad de estudio

Para esta investigación se describe el análisis sobre la mezcla forrajera, las soluciones hidropónicas y la frecuencia de riegos, otorgadas en cada unidad experimental dispuesta para el análisis.

### 2.5.1. Unidad Experimental

**Cuadro 2. Características de la unidad experimental.**

Forma	Cuadrada
Largo	0,54 m
Ancho	0,39 m
Altura	0,03 m
Área de la parcela	6 m <sup>2</sup> (3m x 2m)
Área de la parcela neta	4 m <sup>2</sup> (2m x 2m).

Elaborado por: Ricardo Larrea (2016).

### Cuadro 3. Características del Ensayo.

Tratamientos	18
Repeticiones	3
Unidades experimentales	54
Área total de la parcela	4 m <sup>2</sup>
Área total de la parcela.	6 m <sup>2</sup>
Área total del ensayo.	6 m <sup>2</sup>

Elaborado por: Ricardo Larrea (2016)

#### 2.5.2. Factores en estudio

##### **Factor A. Asociación de forrajes (A)**

A1: Asociación Vicia – Cebada

A2: Asociación Ray grass – Cebada

##### **Factor B. Soluciones Hidropónicas (S)**

S1: Evergreen 0,01cc/m<sup>2</sup>.

S2: Kelpak 0,05cc/m<sup>2</sup>.

S3: Poliverdol 0,01cc/ m<sup>2</sup>.

Todos en relación a la cantidad de nitrógeno que incluye las presentaciones.

##### **Factor C. Frecuencia de riegos diarios (R).**

R1: 3 (08h00, 12h00 y 17h00)

R2: 4 (08h00, 11h00, 14h00 y 17h00)

R3: 5 (08h00, 10h00, 12h00, 14h00, 16h00)

Se tomó como referencia la frecuencia de riegos utilizada en la investigación de Garduño (2011), donde se realizaron 4 riegos cada 3 horas después de las 08h00 y antes de las 17h00.

### 2.5.3. *Tratamientos.*

Para los tratamientos se combinó la asociación de forrajes, las soluciones nutritivas y las frecuencias de riego, dando un total de 18 tratamientos

**Cuadro 4. Descripción de los tratamientos.**

Tratamiento	Código	Descripción
1	A1S1R1	Asociación Vicia – Cebada + Evergreen 0,01cc/m <sup>2</sup> + 3 riegos (08h00, 12h00 y 17h00)
2	A1S1R2	Asociación Vicia – Cebada + Evergreen 0,01cc/m <sup>2</sup> + 4 riegos (08h00, 11h00, 14h00 y 17h00)
3	A1S1R3	Asociación Vicia – Cebada + Evergreen 0,01cc/m <sup>2</sup> + 5 riegos (08h00, 10h00, 12h00, 14h00, 16h00)
4	A1S2R1	Asociación Vicia – Cebada + Kelpak 0,05cc/m <sup>2</sup> + 3 riegos (08h00, 12h00 y 17h00)
5	A1S2R2	Asociación Vicia – Cebada + Kelpak 0,05cc/m <sup>2</sup> + 4 riegos (08h00, 11h00, 14h00 y 17h00)
6	A1S2R3	Asociación Vicia – Cebada + Kelpak 0,05cc/m <sup>2</sup> + 5 riegos (08h00, 10h00, 12h00, 14h00, 16h00)
7	A1S3R1	Asociación Vicia – Cebada + Poliverdol 0,01cc/m <sup>2</sup> + 3 riegos (08h00, 12h00 y 17h00)
8	A1S3R2	Asociación Vicia – Cebada + Poliverdol 0,01cc/m <sup>2</sup> + 4 riegos (08h00, 11h00, 14h00 y 17h00)
9	A1S3R3	Asociación Vicia – Cebada + Poliverdol 0,01cc/m <sup>2</sup> + 5 riegos (08h00, 10h00, 12h00, 14h00, 16h00)
10	A2S1R1	Asociación Ray grass – Cebada + Evergreen 0,01cc/m <sup>2</sup> + 3 riegos (08h00, 12h00 y 17h00)
11	A2S1R2	Asociación Ray grass – Cebada + Evergreen 0,01cc/m <sup>2</sup> + 4 riegos (08h00, 11h00, 14h00 y 17h00)
12	A2S1R3	Asociación Ray grass – Cebada + Evergreen 0,01cc/m <sup>2</sup> + 5 riegos (08h00, 10h00, 12h00, 14h00, 16h00)
13	A2S2R1	Asociación Ray grass – Cebada + Kelpak 0,05cc/m <sup>2</sup> + 3 riegos (08h00, 12h00 y 17h00)
14	A2S2R2	Asociación Ray grass – Cebada + Kelpak 0,05cc/m <sup>2</sup> + 4 riegos (08h00, 11h00, 14h00 y 17h00)
15	A2S2R3	Asociación Ray grass – Cebada + Kelpak 0,05cc/m <sup>2</sup> + 5 riegos (08h00, 10h00, 12h00, 14h00, 16h00)
16	A2S3R1	Asociación Ray grass – Cebada + Poliverdol 0,01cc/m <sup>2</sup> + 3 riegos (08h00, 12h00 y 17h00)

<b>17</b>	<b>A2S3R2</b>	Asociación Ray grass – Cebada + Poliverdol 0,01cc/m <sup>2</sup> + 4 riegos (08h00, 11h00, 14h00 y 17h00)
<b>18</b>	<b>A2S3R3</b>	Asociación Ray grass – Cebada + Poliverdol 0,01cc/m <sup>2</sup> + 5 riegos (08h00, 10h00, 12h00, 14h00, 16h00)

Elaborado por: Ricardo Larrea (2016).

#### ***2.5.4. Diseño Experimental.***

Se utilizó un diseño experimental de Diseño de Parcela Dividida (2\*3\*3) con 3 repeticiones con un total de 18 tratamientos por cada repetición. Todas las variables serán sometidas al análisis de varianza, y para determinar la diferencia estadística de las medias de los tratamientos, se empleó la prueba de Tukey al 5% de significancia.

#### **Cuadro 5. Esquema del ADEVA**

<b>Fuente de Variación (F de V)</b>	<b>Grados de Libertad</b>	
Total	54 -1	<b>53</b>
PG Repeticiones	3-1	<b>2</b>
Soluciones.	3-1	<b>2</b>
Error A	4	4
Riegos Diarios	3-1	<b>2</b>
SP L*S	2 x 2	<b>4</b>
Error B	2	<b>12</b>

Elaborado por: Ricardo Larrea (2016).

#### ***2.5.5. Análisis funcional.***

Para la interpretación de resultados se aplicó el Análisis de Varianza (ADEVA) y la prueba Tukey al 5%, según sea el caso.

#### ***2.5.6. Unidad en estudio.***

#### **Cuadro 6. Unidad experimental.**

<b>Unidad experimental</b>	18
<b>Repeticiones</b>	3
<b>Total unidades:</b>	54

Elaborado por: Ricardo Larrea (2016)

### 2.5.7. Disposición del experimento

**Cuadro 7. Esquema del experimento.**

		I	II	III		
A1	R1	S1 S2 S3	S1 S2 S3	S1 S2 S3		
		S3 S2 S1	S3 S2 S1	S2 S1 S3		
	R3	S1 S3 S2	S1 S3 S2	S3 S2 S1		
		S2 S1 S3	S2 S1 S3	S1 S3 S2		
	R2	S3 S1 S2	S3 S1 S2	S2 S1 S3		
		S2 S1 S3	S2 S1 S3	S3 S1 S2		
A2	R3	S1 S2 S3	S1 S2 S3	S1 S2 S3		
		S2 S1 S3	S2 S1 S3	S3 S2 S1		
	R1	S3 S2 S1	S3 S2 S1	S1 S3 S2		
		S1 S3 S2	S1 S3 S2	S2 S1 S3		
	R2	S2 S1 S3	S2 S1 S3	S3 S1 S2		
		S3 S1 S2	S3 S1 S2	S2 S1 S3		

Elaborado por: Ricardo Larrea (2016)

## **2.6. Metodología**

### ***2.6.1. Manejo Específico Del Experimento***

#### ***2.6.1.1. Identificación del lugar***

El experimento estará situado en el sector de Salache en el campus Salache perteneciente a la Universidad Técnica de Cotopaxi.

#### ***2.6.1.2. Reparación de la infraestructura***

Antes de proceder a la delimitación de parcelas se procederá al armado de la estructura del invernadero y la estructura interna donde se asentarán las bandejas de FVH.

#### ***2.6.1.3. Delimitación***

Una vez construida la infraestructura se procederá a delimitar las parcelas experimentales para la debida investigación.

#### ***2.6.1.4. Análisis de Agua***

Se enviará una muestra de agua a un laboratorio de renombre para que realicen un análisis y determinar las características del agua de riego que se utilizará en el ensayo.

#### ***2.6.1.5. Siembra***

Para la siembra utilizaremos semilla que haya pasado un previo proceso de desinfección para no tener problemas al momento que estas crezcan. Aparte de esto se les nutrirá con soluciones hidropónicas ya establecidas y que harán la función de sustancias madre.

#### ***2.6.1.6. Riego***

El riego será suministrado por nebulización de tal manera que se cumpla los ocho, siete y seis riegos planteados para las distintas asociaciones de forraje.

**2.6.1.7. *Aplicación de soluciones hidropónicas***

La aplicación de soluciones hidropónicas se las realizará en base a la esquematización del ADEVA.

Tendremos tres soluciones hidropónicas para dos asociaciones forraje verde hidropónico, añadiremos un testigo para poder comparar si existe alguna diferencia, el testigo que utilizaremos será agua sin ningún agregado.

**2.6.1.8. *Las soluciones hidropónicas que vamos a evaluar son:***

- Kelpak
- Evergreen
- Poliverdol

**2.6.1.9. *Altura de plantas para cosecha***

A partir del día 13 realizaremos el corte o la extracción de la planta de la bandeja de germinación.

**2.6.1.10. *Comparación en las Asociaciones de forraje***

A partir del momento de la cosecha del forraje mediremos altura que tiene cada parcela experimental, para obtener datos.

**2.6.1.11. *Rendimiento de forraje en fresco***

La primera cosecha se realizara 13 días después de la siembra, con las manos sin necesidad de ninguna herramienta, luego la siguiente cosecha será de 14 días, debido a que se deja 1 día libre la bandeja por motivos de desinfección.

## CAPÍTULO III

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 3.1. Porcentaje de germinación

**Cuadro 8. ADEVA Porcentaje de Germinación**

F.V.	SC	gl	CM	F	Valor p	
R	5632,15	2	2816,07	0,53	0,6526	ns
A	6315,85	1	6315,85	1,19	0,3886	ns
ERROR A	10579,7	2	5289,85			
S	1580,26	2	790,13	4,96	0,0397	*
A*S	325,15	2	162,57	4,14	0,0284	*
ERROR B	1273,48	8	159,19			
F	223,59	2	111,8	2,85	0,0775	ns
A*F	80,7	2	40,35	1,03	0,3727	ns
S*F	185,07	4	46,27	1,18	0,3448	ns
A*S*F	317,96	4	79,49	2,03	0,1227	ns
ERROR C	941,33	24	39,22			
TOTAL	<u>27455,26</u>	53				
	<b>7,61</b>					

#### CV%

En el cuadro 8, se pueden observar diferencias significativas para las soluciones y la interacción de las asociaciones forrajeras con las soluciones, no existe diferencia significativa para las demás fuentes de variación. El coeficiente de variación fue de 7,61%, valor que hace notar un buen porcentaje de germinación de las semillas.

**Cuadro 9. Prueba de Tukey al 5% para Soluciones.**

S	<u>MEDIAS RANGOS</u>	
3	88,06	a
2	83,78	a
1	75,06	b

Del cuadro 9, se pueden observar dos rangos de significación donde la solución S3, ocupó el primer rango con un promedio de 88,06; siendo mucho mejor que S2 y S1, las cuales alcanzaron promedios de 83,78 y 75,06 respectivamente.

#### 10. Prueba de Tukey al 5% para Asociaciones vs. Soluciones

**Cuadro**

<b>A</b>	<b>S</b>	<b>PROMEDIO RANGO</b>	
1	3	97,33	a
1	2	92,67	a
1	1	89,33	a
2	3	78,78	ab
2	2	74,89	ab
2	1	60,78	b

En el cuadro 10 se puede observar tres rangos de significancia donde la interacción A1S3 obtuvo el promedio más alto con 97,33; mientras que las interacciones restantes presentaron promedios más bajos.

**3.2. Altura de plantas**

**Cuadro 11. ADEVA para la variable Altura de plantas.**

<b>F.V.</b>	<b>SC</b>	<b>gl</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>Valor p</b>	
R	0,23	2	0,12	12,82	0,0724	ns
A	0	1	0	0	0,9597	ns
ERROR A	0,02	2	0,01			
S	0,01	2	0	5,68	0,0291	* ns
A*S	0	2	0	0,07	0,9362	
ERROR B	0	8	0			ns
F	0	2	0	1,54	0,2354	ns
A*F	0	2	0	1,21	0,3167	ns
S*F	0	4	0	0,47	0,7564	ns
A*S*F	0	4	0	1,23	0,324	
ERROR C	0	24	0			
TOTAL	0,27	53				<b>CV%</b>
	<b>6,15</b>					

En el cuadro 11, se pueden observar diferencias significativas para las soluciones en la variable altura de plantas, no existe diferencia significativa para las demás fuentes de variación. El coeficiente de variación fue de 6,15%.

## Cuadro

### 12. Prueba de Tukey al 5% para Altura de Plantas para Soluciones.

<b>S</b>	<b>MEDIAS RANGOS</b>		
3	0,18	a	
2	0,17	ab	
1	0,16	b	

Del cuadro 12, se pueden observar tres rangos de significación donde la solución S3 (Poliverdol 0,01 ccm<sup>-2</sup>), ocupó el primer rango con un promedio de 0,18 m; siendo mucho mejor que S2 (Kelpak 0,05 ccm<sup>-2</sup>) y S1 (Evergreen 0,01ccm<sup>-2</sup>) con promedio de 0,17 m y 0,16 m respectivamente.

### 3.3. Días a la Cosecha

#### Cuadro 13. ADEVA para la variable Días a la Cosecha

<b>F.V.</b>	<b>SC</b>	<b>gl</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>Valor p</b>
R	84	2	42	sd	sd
A	0	1	0	sd	sd
ERROR A	0	2	0	sd	sd
S	0	2	0	sd	sd
A*S	0	2	0	sd	sd
ERROR B	0	8	0	sd	sd
F	0	2	0	sd	sd
A*F	0	2	0	sd	sd
S*F	0	4	0	sd	sd
A*S*F	0	4	0	sd	sd
ERROR C	0	24	0		
TOTAL	84	53			

En el cuadro 13, se pueden observar que no existen diferencias significativas para ninguna fuente de variación.

**Cuadro**

**14. Promedios variable Días a la Cosecha.**

	<b>A</b>	<b>S</b>	<b>F</b>	<b>MEDIAS</b>
	1	1	1	16,33
	1	1	2	16,33
	1	1	3	16,33
	1	2	1	16,33
	1	2	2	16,33
	1	2	3	16,33
	1	3	1	16,33
	1	3	2	16,33
	1	3	3	16,33
	2	1	1	16,33
	2	1	2	16,33
	2	1	3	16,33
	2	2	1	16,33
	2	2	2	16,33
	2	2	3	16,33
	2	3	1	16,33
	2	3	2	16,33
	2	3	3	16,33

El cuadro 14 presenta los promedios alcanzados por cada una de las interacciones entre los factores donde se aprecia que los valores son similares entre sí.

**3.4. Peso del Forraje a la Cosecha (kg)**

**Cuadro 15. ADEVA para la variable Peso de Forraje a la Cosecha**

<b>F.V.</b>	<b>SC</b>	<b>gl</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>Valor p</b>	
R	0,14	2	0,07	0,07	0,9344	ns
A	4,49	1	4,49	4,46	0,1692	ns
ERROR A	2,01	2	1,01			
S	4,63	2	2,31	75,69	<0,0001	*
A*S	2,87	2	1,43	13,91	0,0001	*
ERROR B	0,24	8	0,03			
F	0,7	2	0,35	3,37	0,0511	ns *
A*F	2,08	2	1,04	10,06	0,0007	ns
S*F	0,41	4	0,1	1	0,4273	ns
A*S*F	0,81	4	0,2	1,95	0,1343	
ERROR C	2,48	24	0,1			

## Cuadro

TOTAL	20,85	53	CV%
<hr/>			
8,61			

El ADEVA para la variable Peso de Forraje a la Cosecha (cuadro 15) permite observar que existen diferencias significativas para soluciones, la interacción de las asociaciones forrajeras y soluciones y para la interacción de los riegos con las asociaciones forrajeras, para las otras fuentes de variación no hubo significancia.

El coeficiente de variación fue de 8,61.

**Cuadro 16. Prueba de Tukey al 5% para para Soluciones**

<b>S</b>	<b>MEDIAS RANGOS</b>		
3	4,14	a	
2	3,61	b	
1	3,45	b	

En el cuadro 16 se puede observar dos rangos de significancia donde la solución S3 obtuvo el promedio más alto con 4,14; mientras que las soluciones S1 y S2 presentaron un promedio de 3,45 y 3,61 respectivamente.

**Cuadro 17. Prueba de Tukey al 5% para para Asociaciones x Soluciones**

<b>A</b>	<b>S</b>	<b>MEDIAS</b>	<b>RANGOS</b>
1	3	4,64	a
1	2	4	b
2	3	3,63	bc
2	1	3,48	bc
1	1	3,42	c
2	2	3,22	c

En el cuadro 17 se puede observar cuatros rangos de significancia donde la interacción A1S3 obtuvo el promedio más alto con 4,64; mientras que las interacciones restantes presentaron promedios más bajos.

**Cuadro 18. Prueba de Tukey al 5% para para Asociaciones x Riegos**

	<b>A</b>	<b>F</b>	<b>MEDIAS</b>	<b>RANGOS</b>
	1	3	4,24	ab
	1	2	4,04	ab
	1	1	3,78	ab
	2	2	3,74	ab
	2	1	3,48	bc
	2	3	3,11	c

En el cuadro 18 se puede observar tres rangos de significancia donde la interacción A1F3 obtuvo el promedio más alto con 4,24 mientras que las otras interacciones obtuvieron promedios mínimos.

### 3.5. Rendimiento ( $\text{kgm}^{-2}$ )

**Cuadro 19. ADEVA para la variable Rendimiento ( $\text{kgm}^{-2}$ )**

<b>F.V.</b>	<b>SC</b>	<b>gl</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>Valor p</b>	
R	0,11	2	0,06	0,07	0,9358	ns
A	3,63	1	3,63	4,42	0,1702	ns
ERROR A	1,64	2	0,82			
S	3,74	2	1,87	76,02	<0,0001	
A*S	2,32	2	1,16	14	0,0001	
ERROR B	0,2	8	0,02			
F	0,57	2	0,29	3,44	0,0484	
A*F	1,68	2	0,84	10,09	0,0007	
S*F	0,33	4	0,08	1,01	0,423	
A*S*F	0,65	4	0,16	1,96	0,1328	
ERROR C	1,99	24	0,08			
TOTAL	16,88	53				

\*

\*

\* \* ns ns

**CV% 8,58**

El ADEVA para la variable rendimiento (cuadro 19) permite observar que existen diferencias significativas para soluciones, frecuencia de riegos y la interacción de las asociaciones forrajeras y soluciones, también para la frecuencia de riegos y para la interacción de las asociaciones forrajeras y frecuencia de riegos, para las otras fuentes de variación no hubo significancia. El coeficiente de variación fue de 8,58.

**Cuadro 20. Prueba de Tukey al 5% para para Soluciones.**

<b>S</b>	<b>MEDIAS RANGOS</b>		
3	3,72	a	
2	3,25	b	
1	3,11	b	

En el cuadro 20 se puede observar dos rangos de significancia donde la solución S3 obtuvo el promedio más alto con 3,72 mientras que las otras soluciones obtuvieron promedios mínimos.

**Cuadro 21. Prueba de Tukey al 5% para para Asociaciones vs Soluciones.**

<b>A</b>	<b>S</b>	<b>MEDIAS</b>	<b>RANGOS</b>
1	3	4,18	a
1	2	3,6	b
2	3	3,27	bc
2	1	3,13	bc
1	1	3,08	c
2	2	2,9	c

En el cuadro 21 se puede observar cuatro rangos de significancia donde la interacción A1S3 obtuvo el promedio más alto con 4,18 mientras que las otras interacciones obtuvieron promedios mínimos.

**Cuadro 22. Prueba de Tukey al 5% para para Frecuencia de Riegos.**

<b>F</b>	<b>MEDIAS RANGOS</b>	
2	3,5	a
3	3,31	b
1	3,27	b

En el cuadro 22 se puede observar dos rangos de significancia donde el factor F2 obtuvo el promedio más alto con 3,5 mientras que los otros factores obtuvieron promedios mínimos.

**Cuadro 23. Prueba de Tukey al 5% para Asociaciones vs. Frecuencia de Riegos.**

<b>A</b>	<b>F</b>	<b>MEDIAS</b>	<b>RANGOS</b>
1	3	3,82	ab
1	2	3,64	ab
1	3	3,82	ab
1	1	3,4	ab
2	1	3,13	bc
2	3	2,8	c

En el cuadro 23 se puede observar tres rangos de significancia donde la interacción A1F3 obtuvo el promedio más alto con 3,82 mientras que las otras interacciones obtuvieron promedios mínimos.

## CONCLUSIONES

- En la presente investigación se observó claramente que la solución S3 (Poliverdol 0,01cc/ m<sup>2</sup>) presentó un promedio de 3,72 kgm<sup>-2</sup> en el rendimiento del fvh sobre las otras soluciones que oscilaron en 3,25 y 3,11 para S2 y S1 respectivamente. Para la altura de plantas la solución S3 obtuvo un promedio de 0,18 m y en la variable peso de forraje también predominó con un promedio de 4,14 kg. de biomasa.
- La asociación forrajera A1 (Asociación Vicia – Cebada) sobresalió con promedios de 4,64 kg de biomasa en la variable peso de forraje, además en el rendimiento también obtuvo un promedio alto con 4,18 kgm<sup>-2</sup> sobresaliendo sobre la otra asociación forrajera.
- La frecuencia de riegos que presentó promedios altos fue R2 (08h00, 11h00, 14h00 y 17h00) con 3,5 kg en la variable rendimiento.
- La aplicación de las soluciones influyen en el crecimiento y el rendimiento del forraje verde hidropónico, la solución S3 (Poliverdol 0,01cc/ m<sup>2</sup>) presentó los promedios más altos en la investigación.

## RECOMENDACIONES

- Para desinfectar las semillas de los forrajes es recomendable utilizar cloro 1%, aunque también podemos usar cal hidratada referida en la bibliografía consultada.
- Para el proceso de germinación de semilla es necesario que no exista residuos de agua en las bandejas debido a que las semillas no germinarán.
- Las soluciones hidropónicas deben estar preparadas con antelación si se las realizó manualmente o tener tanques con las soluciones ya preparadas si son comerciales.
- Tener en cuenta que el fvh no debe sobrepasar los 15 días en las bandejas de hidratación debido a que pierde palatabilidad para el consumo en animales.
- Se recomienda regar 4 veces al día al menos por un minuto cada una de las bandejas que contengan fvh para obtener el mejor rendimiento.
- La asociación forrajera vicia – cebada es recomendable utilizar en fvh debido a sus altos rendimientos y peso de biomasa.

## BIBLIOGRAFÍA

- ACHÁ, D., FONTÚRBEL, F., MONDACA, D., & ZAMBRANA, I. (1999). *Introducción a la Botánica*. La Paz: Laboratorio de Biología San Calixto.
- Anny, M. (2012). Recuperado el 14 de Junio de 2015, de <http://annymojica.blogspot.com/2012/02/215-preparacion-y-manejo-desoluciones.html>
- CARRILLO, J. (2003). *Facultad de ciencias Veterinarias*. Recuperado el 24 de Septiembre de 2014, de <http://www.vet.unicen.edu.ar/html/Areas/Introduccion%20a%20los%20Sistemas%20Prod/Documento/2013/Breve%20descripcion%20de%20las%20especies%20forrajeras%20mas%20comunes%20en%20la%20zona.pdf>
- Castellanos, C. (10 de Diciembre de 2012). *Agronomía para todos*. Recuperado el 13 de Junio de 2015, de <http://www.agronomiaparatodos.org/2012/12/ventajas-y-desventajas-delsistema-hidroponico.html>
- ESPINOZA, E. (01 de Mayo de 2012). *Revista El Agro*. Recuperado el 24 de Octubre de 2014, de <http://www.revistaelagro.com/2012/01/05/ecuadorcon-superficie-agricola-de-7%E2%80%99300-374-ha/>
- Evergreen. (s.f.). *Evergreen*. Recuperado el 14 de Junio de 2015, de <http://evergreencr.com/producto/bio-estimulante-vitaminico/>
- Garduño, F. (2011). *Modelo de Producción de Forraje Verde mediante Hidroponía*. México.
- Grupo EDIFARM. (2012). *Vademécum Agrícola*. Quito: Edifarm Grupo.
- Guerrero, A. (1999). *Cultivos Herbáceos extensivos*. Madrid - Barcelona - Mexico: Mundi Prensa.
- INEC. (2013). *INEC*. Recuperado el 28 de Junio de 2015, de <http://www.ecuadorencifras.gob.ec/procesador-de-estadisticasagropecuarias-3/>
- INEC, I. N. (2012). *Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua*. Quito: Dirección de Estadísticas Económicas.
- INIA. (2015). Obtenido de <http://www.inia.gob.pe/files/crianzas/pastos.pdf>

- Kenogard. (2014). *Kenogard*. Recuperado el 13 de Junio de 2015, de <http://www.kenogard.es/product/poliverdolsuper>
- LAMOLDA, H. (Octubre de 2008). *Universidad Politécnica de Madrid*. Recuperado el 28 de Agosto de 2014, de <http://www.geo.upm.es/userfiles/file/PFCs%20Alberto/memoria-PFC74.pdf>
- MAGAP, M. d. (20 de Marzo de 2015). <http://sinagap.agricultura.gob.ec/>. Recuperado el 15 de Julio de 2015, de <http://sinagap.agricultura.gob.ec/phocadownloadpap/censop/>
- Marulanda, C., & Izquierdo, J. (2013). *La Huerta Hidropónica Popular*. Santiago de Chile: FAO.
- Munguía, G. (2012). *Mexicana, Asociacion Hidropónica*. Recuperado el 13 de Junio de 2015, de <http://hidroponia.org.mx/cultivo-hidroponico/ventajasde-la-hidroponia/>
- Navarrete, R. (Abril de 2008). *Pontificia Universidad Catolica Del Ecuador*. (Sede Ibarra) Recuperado el 15 de Mayo de 2015
- Rocha, S. (2011). *Evaluacion de una mezcla forrajera, a los 30 y 45 dias de rebrote, mas suplemento concentrado en vacas lactantes en la Hcda. San jorge, Parroquia Machachi - sector Aloag*. Latacunga.
- Salgado, Juan. (2011). *Produccion intensiva para FVH*. Recuperado el 13 de Junio de 2015, de Hydroenvironment: <http://www.hydroenv.com.mx/catalogo/>
- Sánchez, A. (2001). *FAO*. (FAO) Recuperado el 15 de Mayo de 2015
- Sánchez, Alvaro. (2000). *Red Hidroponia*. Recuperado el 16 de Mayo de 2015, de <http://www.lamolina.edu.pe/hidroponia/boletin7.htm>
- Silvina, R. (09 de Abril de 2013). *Cuatro Ciencia*. Recuperado el 13 de Junio de 2015, de <http://cuatrociencia.unc.edu.ar/2013/04/09/forraje-verdehidroponico-el-cultivo-sin-tierra/>

## ANEXOS

### ANEXO 1. Datos del Porcentaje de Germinación

Porcentaje de germinación (%)																			
REPETICION 1		TRATAMIENTOS																	
Fecha	ACTIVIDADES	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13	T14	T15	T16	T17	T18
23/12/2015	Siembra																		
24/12/2015	Riego																		
25/12/2015	Riego																		
26/12/2015	Toma de Datos	5	5	5	4	5	4	6	7	7	7	6	7	7	8	8	8	7	8
27/12/2015	Toma de Datos	6	6	6	5	6	5	7	8	8	8	7	8	8	8	10	10	10	9
28/12/2015	Toma de Datos	15	20	15	15	15	15	20	20	15	20	20	20	15	20	25	15	20	20
29/12/2015	Toma de Datos	20	25	20	20	20	20	25	30	20	30	25	30	30	30	30	25	30	30
30/12/2015	Toma de Datos	70	80	70	70	80	80	90	95	95	50	70	80	50	70	50	50	70	70
31/12/2015	Toma de Datos	80	82	76	76	82	82	90	95	95	60	75	80	70	65	73	70	80	80
01/01/2016	Toma de Datos	85	89	85	82	86	88	90	95	96	70	80	80	75	78	80	80	90	90
02/01/2016	Toma de Datos	90	90	90	90	90	95	90	95	96	80	80	90	80	80	80	80	90	90
03/01/2016	Toma de Datos	90	90	90	90	95	95	95	98	95	80	80	80	80	80	80	80	90	90
04/01/2016	Toma de Datos	90	90	90	90	95	95	95	98	95	80	80	80	80	80	8	8	90	90
05/01/2016	Toma de Datos	90	90	90	90	95	95	95	98	95	80	80	80	80	80	80	80	90	90
06/01/2016	Toma de Datos	90	90	90	90	95	95	95	98	95	80	80	80	80	80	80	80	90	90

Porcentaje de germinación (%)																			
REPETICION 2		TRATAMIENTOS																	
Fecha	ACTIVIDADES	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13	T14	T15	T16	T17	T18
29/12/2015	Siembra																		
30/12/2015	Riego																		
31/12/2015	Riego																		
01/01/2016	Toma de Datos	20	20	20	20	20	20	20	20	20	5	5	3	20	8	8	5	20	20
02/01/2016	Toma de Datos	80	80	80	80	80	80	80	80	80	10	10	5	40	15	15	10	60	40
03/01/2016	Toma de Datos	92	82	82	82	82	82	82	82	82	60	82	7	42	17	16	11	62	45
04/01/2016	Toma de Datos	85	85	85	85	85	85	85	85	85	6	8	20	50	20	20	20	16	65
05/01/2016	Toma de Datos	96	88	85	86	88	88	88	88	88	5	5	21	55	30	25	20	46	50
06/01/2016	Toma de Datos	95	95	95	95	95	95	95	95	95	2	5	30	30	40	30	30	45	45
07/01/2016	Toma de Datos	98	98	98	98	98	98	98	98	98	2	5	30	40	40	30	30	50	46
08/01/2016	Toma de Datos	98	98	98	98	98	98	98	98	98	2	5	40	50	45	45	35	70	50
09/01/2016	Toma de Datos	98	98	98	98	98	98	98	98	98	2	5	40	50	45	45	35	70	50
10/01/2016	Toma de Datos	98	98	98	98	98	98	98	98	98	2	5	40	50	45	45	35	70	50
11/01/2016	Toma de Datos	98	98	98	98	98	98	98	98	98	2	5	40	50	45	45	35	70	50
12/01/2016	Toma de Datos	98	98	98	98	98	98	98	98	98	2	5	40	50	45	45	35	70	50

Porcentaje de germinación (%)																			
REPETICION 3		TRATAMIENTOS																	
Fecha	ACTIVIDADES	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13	T14	T15	T16	T17	T18
12/01/2016	Siembra																		
16/01/2016	Riego																		
17/01/2016	Riego																		
18/01/2016	Toma de Datos	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
19/01/2016	Toma de Datos	8	8	8	8	8	9	20	20	20	15	20	30	40	40	40	40	40	40
20/01/2016	Toma de Datos	10	10	10	10	10	10	50	50	60	50	60	70	70	70	70	70	70	70
21/01/2016	Toma de Datos	20	30	30	50	60	70	90	90	90	70	80	90	80	80	8	70	80	90
22/01/2016	Toma de Datos	25	50	40	60	80	80	90	90	90	70	80	90	90	90	9	70	90	90
23/01/2016	Toma de Datos	50	80	80	75	80	80	90	90	90	70	80	90	90	90	90	70	90	90
24/01/2016	Toma de Datos	60	80	80	75	80	80	90	90	90	70	80	90	90	90	90	70	90	90
25/01/2016	Toma de Datos	80	80	80	80	90	90	90	90	90	80	98	98	98	98	98	98	98	98
26/01/2016	Toma de Datos	80	80	80	80	90	90	98	98	98	80	90	90	98	98	98	98	98	98
27/01/2016	Toma de Datos	80	80	80	80	90	90	98	98	98	80	90	90	98	98	98	98	98	98
28/01/2016	Toma de Datos	80	80	80	80	90	90	98	98	98	80	90	90	98	98	98	98	98	98
29/01/2016	Toma de Datos	80	80	80	80	90	90	98	98	98	80	90	90	98	98	98	98	98	98

**ANEXO 2. Datos de Días a la cosecha.**

<b>REPETICION 1</b>	
<b>TRATAMIENTOS</b>	<b>Días a la Cosecha</b>
T1	15
T2	15
T3	15
T4	15
T5	15
T6	15
T7	15
T8	15
T9	15
T10	15
T11	15
T12	15
T13	15
T14	15
T15	15
T16	15

<b>REPETICION 2</b>	
<b>TRATAMIENTOS</b>	<b>Días a la Cosecha</b>
T1	18
T2	18
T3	18
T4	18
T5	18
T6	18
T7	18
T8	18
T9	18
T10	18
T11	18
T12	18
T13	18
T14	18
T15	18
T16	18

<b>REPETICION 3</b>	
<b>TRATAMIENTOS</b>	<b>Días a la Cosecha</b>
T1	16
T2	16
T3	16
T4	16
T5	16
T6	16
T7	16
T8	16
T9	16
T10	16
T11	16
T12	16
T13	16
T14	16
T15	16
T16	16

T17	15
T18	15

T17	18
T18	18

T17	16
T18	16

**ANEXO 3. Datos de Rendimiento Kg/m<sup>2</sup>.**

<b>Rendimiento Kg/m<sup>2</sup></b>																			
<b>REPETICION 1</b>		<b>TRATAMIENTOS</b>																	
<b>Fecha</b>	<b>ACTIVIDADES</b>	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>	<b>T4</b>	<b>T5</b>	<b>T6</b>	<b>T7</b>	<b>T8</b>	<b>T9</b>	<b>T10</b>	<b>T11</b>	<b>T12</b>	<b>T13</b>	<b>T14</b>	<b>T15</b>	<b>T16</b>	<b>T17</b>	<b>T18</b>
06/01/2016	Toma de Datos	3	3,5	3,5	3,5	4	4	4,2	4,25	4,75	2,7	3,5	2,7	2,5	3	2,5	3	3,5	2,5
<b>Rendimiento Kg/m<sup>2</sup></b>																			
<b>REPETICION 2</b>		<b>TRATAMIENTOS</b>																	
<b>Fecha</b>	<b>ACTIVIDADES</b>	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>	<b>T4</b>	<b>T5</b>	<b>T6</b>	<b>T7</b>	<b>T8</b>	<b>T9</b>	<b>T10</b>	<b>T11</b>	<b>T12</b>	<b>T13</b>	<b>T14</b>	<b>T15</b>	<b>T16</b>	<b>T17</b>	<b>T18</b>
12/01/2016	Toma de Datos	2,9	3	3	3	3,5	4,1	4,2	4	4	3	3	3	3	2,8	2,7	3,2	4	3
<b>Rendimiento Kg/m<sup>2</sup></b>																			
<b>REPETICION 3</b>		<b>TRATAMIENTOS</b>																	
<b>Fecha</b>	<b>ACTIVIDADES</b>	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>	<b>T4</b>	<b>T5</b>	<b>T6</b>	<b>T7</b>	<b>T8</b>	<b>T9</b>	<b>T10</b>	<b>T11</b>	<b>T12</b>	<b>T13</b>	<b>T14</b>	<b>T15</b>	<b>T16</b>	<b>T17</b>	<b>T18</b>
29/01/2016	Toma de Datos	2,5	3	3,3	3,3	3,5	3,5	4	4	4,2	4,3	3	3	3,1	3,5	3	3,4	4	2,8

**ANEXO 4. Datos de Peso de Forraje a la Cosecha**

Peso del Forraje a la Cosecha																			
REPETICION 1		TRATAMIENTOS																	
Fecha	ACTIVIDADES	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13	T14	T15	T16	T17	T18
06/01/2016	Toma de Datos	3,3	3,9	3,9	3,9	4,4	4,4	4,7	4,7	5,3	3,0	3,9	3,0	2,8	3,3	2,8	3,3	3,9	2,8
Peso del Forraje a la Cosecha																			
REPETICION 2		TRATAMIENTOS																	
Fecha	ACTIVIDADES	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13	T14	T15	T16	T17	T18
12/01/2016	Toma de Datos	3,2	3,3	3,3	3,3	3,9	4,6	4,7	4,4	4,4	3,3	3,3	3,3	3,3	3,1	3,0	3,6	4,4	3,3
Peso del Forraje a la Cosecha																			
REPETICION 3		TRATAMIENTOS																	
Fecha	ACTIVIDADES	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13	T14	T15	T16	T17	T18
29/01/2016	Toma de Datos	2,8	3,3	3,7	3,7	3,9	3,9	4,4	4,4	4,7	4,8	3,3	3,3	3,4	3,9	3,3	3,8	4,4	3,1

**ANEXO 5. Datos Altura de Planta.**

Altura de Plantas (m)																			
REPETICION 1		TRATAMIENTOS																	
Fecha	ACTIVIDADES	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13	T14	T15	T16	T17	T18

23/12/2015	Siembra																		
24/12/2015	Riego																		
25/12/2015	Riego																		
26/12/2015	Toma de Datos	0,0020	0,0020	0,0010	0,0020	0,0010	0,0020	0,0020	0,0020	0,0020	0,0030	0,0030	0,0030	0,0030	0,0030	0,0010	0,0020	0,0030	0,0020
27/12/2015	Toma de Datos	0,0030	0,0030	0,0020	0,0030	0,0020	0,0030	0,0030	0,0030	0,0040	0,0040	0,0040	0,0040	0,0040	0,0020	0,0030	0,0040	0,0040	0,0030
28/12/2015	Toma de Datos	0,0080	0,0090	0,0080	0,0080	0,0100	0,0100	0,0100	0,0100	0,0100	0,0090	0,0100	0,0120	0,0150	0,0100	0,0100	0,0120	0,0140	0,0100
29/12/2015	Toma de Datos	0,0100	0,0200	0,0100	0,0150	0,0200	0,0100	0,0200	0,0200	0,0200	0,0250	0,0250	0,0250	0,0280	0,0260	0,0250	0,0280	0,0290	0,0280
30/12/2015	Toma de Datos	0,0220	0,0350	0,0310	0,0280	0,0190	0,0280	0,0400	0,0590	0,0590	0,0770	0,0690	0,0810	0,0690	0,0720	0,0940	0,0820	0,0670	0,0660
31/12/2015	Toma de Datos	0,0540	0,0500	0,0520	0,0510	0,0400	0,0420	0,0720	0,0690	0,0740	0,0930	0,0820	0,0980	0,0850	0,0930	0,0870	0,0980	0,0850	0,0820
01/01/2016	Toma de Datos	0,1050	0,0810	0,0990	0,1020	0,0890	0,1030	0,0990	0,1210	0,1250	0,1190	0,1210	0,1170	0,1210	0,1290	0,1290	0,1310	0,1280	0,1390
02/01/2016	Toma de Datos	0,1350	0,0990	0,1310	0,1390	0,1020	0,1210	0,1320	0,1400	0,1490	0,1400	0,1420	0,1370	0,1410	0,1570	0,1580	0,1610	0,1590	0,1620
03/01/2016	Toma de Datos	0,1520	0,1450	0,1350	0,1400	0,1250	0,1360	0,1420	0,1550	0,1620	0,1520	0,1680	0,1590	0,1840	0,1920	0,1910	0,2080	0,1760	0,1950
04/01/2016	Toma de Datos	0,1640	0,1550	0,1430	0,1520	0,1340	0,1470	0,1530	0,1620	0,1640	0,1720	0,1690	0,1790	0,1740	0,2020	0,2110	0,2190	0,1870	0,1870
05/01/2016	Toma de Datos	0,1850	0,1750	0,1820	0,2050	0,2150	0,2320	0,2150	0,2400	0,2220	0,2020	0,2150	0,2040	0,2160	0,2160	0,2110	0,2190	0,2310	0,2310
06/01/2016	Toma de Datos	0,1960	0,1860	0,1950	0,2170	0,2190	0,2390	0,2250	0,2510	0,2370	0,2140	0,2260	0,2160	0,2280	0,2250	0,2220	0,2260	0,2420	0,2400

<b>Altura de Plantas (m)</b>	
<b>REPETICION 2</b>	<b>TRATAMIENTOS</b>

Fecha	ACTIVIDADES	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13	T14	T15	T16	T17	T18	
29/12/2015	Siembra																			
30/12/2015	Riego																			
31/12/2015	Riego																			
01/01/2016	Toma de Datos	0,027	0,021	0,021	0,031	0,029	0,029	0,029	0,031	0,029	0,025	0,019	0,017	0,019	0,017	0,018	0,018	0,017	0,01	
02/01/2016	Toma de Datos	0,04	0,039	0,037	0,04	0,05	0,036	0,04	0,04	0,04	0,039	0,036	0,025	0,029	0,029	0,022	0,023	0,029	0,02	
03/01/2016	Toma de Datos	0,042	0,041	0,039	0,041	0,051	0,039	0,042	0,041	0,041	0,042	0,039	0,028	0,031	0,03	0,025	0,03	0,029	0,025	
04/01/2016	Toma de Datos	0,042	0,041	0,039	0,041	0,051	0,039	0,042	0,041	0,041	0,042	0,039	0,028	0,031	0,03	0,025	0,03	0,029	0,025	
05/01/2016	Toma de Datos	0,105	0,094	0,094	0,1	0,096	0,092	0,096	0,082	0,093	0,085	0,07	0,126	0,095	0,096	0,079	0,086	0,104	0,0913	
06/01/2016	Toma de Datos	0,12	0,115	0,115	0,116	0,116	0,114	0,113	0,092	0,104	0,149	0,09	0,099	0,115	0,119	0,117	0,115	0,119	0,115	
07/01/2016	Toma de Datos	0,136	0,139	0,119	0,131	0,138	0,142	0,115	0,129	0,165	0,135	0,106	0,134	0,124	0,139	0,132	0,139	0,136	0,132	
08/01/2016	Toma de Datos	0,195	0,195	0,185	0,184	0,187	0,186	0,17	0,102	0,185	0,125	0,157	0,168	0,1451	0,152	0,157	0,166	0,169	0,179	
09/01/2016	Toma de Datos	0,241	0,2	0,201	0,24	0,215	0,195	0,195	0,131	0,24	0,14	0,155	0,184	0,165	0,168	0,175	0,179	0,185	0,194	
10/01/2016	Toma de Datos	0,242	0,225	0,215	0,24	0,238	0,218	0,239	0,2	0,25	0,14	0,149	0,189	0,195	0,182	0,192	0,179	0,184	0,205	
11/01/2016	Toma de Datos	0,249	0,239	0,229	0,242	0,239	0,219	0,249	0,219	0,25	0,141	0,15	0,187	0,189	0,194	0,185	0,199	0,206	0,225	
12/01/2016	Toma de Datos	0,249	0,239	0,229	0,242	0,239	0,219	0,249	0,219	0,25	0,141	0,15	0,187	0,189	0,194	0,185	0,199	0,206	0,225	

Altura de Plantas (m)																			
REPETICION 3		TRATAMIENTOS																	
Fecha	ACTIVIDADES	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13	T14	T15	T16	T17	T18
12/01/2016	Siembra																		
16/01/2016	Riego																		
17/01/2016	Riego																		
18/01/2016	Toma de Datos	0,002	0,004	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,004	0,004	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005
19/01/2016	Toma de Datos	0,008	0,006	0,004	0,004	0,004	0,006	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
20/01/2016	Toma de Datos	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,025	0,027	0,029	0,028	0,031	0,039	0,04	0,036	0,034	0,04	0,038	0,029
21/01/2016	Toma de Datos	0,025	0,034	0,015	0,022	0,022	0,031	0,044	0,059	0,039	0,059	0,074	0,099	0,085	0,105	0,078	0,101	0,099	0,07
22/01/2016	Toma de Datos	0,03	0,04	0,031	0,032	0,035	0,05	0,055	0,08	0,06	0,085	0,125	0,109	0,115	0,111	0,115	0,105	0,1	0,1
23/01/2016	Toma de Datos	0,065	0,065	0,052	0,07	0,068	0,078	0,067	0,101	0,075	0,138	0,128	0,11	0,14	0,126	0,128	0,123	0,13	0,135
24/01/2016	Toma de Datos	0,076	0,072	0,07	0,08	0,076	0,086	0,075	0,11	0,086	0,139	0,13	0,12	0,141	0,127	0,129	0,126	0,139	0,136
25/01/2016	Toma de Datos	0,086	0,089	0,09	0,1	0,096	0,085	0,12	0,096	0,15	0,15	0,142	0,149	0,137	0,139	0,146	0,14	0,14	0,14
26/01/2016	Toma de Datos	0,092	0,091	0,1	0,102	0,106	0,096	0,13	0,103	0,156	0,106	0,152	0,156	0,146	0,149	0,156	0,157	0,159	0,159
27/01/2016	Toma de Datos	0,105	0,02	0,102	0,126	0,14	0,155	0,156	0,215	0,175	0,18	0,19	0,192	0,196	0,205	0,185	0,179	0,18	0,202
28/01/2016	Toma de Datos	0,0499	0,0431	0,0477	0,0549	0,056	0,061	0,0685	0,0804	0,0783	0,0898	0,0985	0,0988	0,1024	0,1023	0,0996	0,0996	0,101	0,0996
29/01/2016	Toma de Datos	0,0499	0,0431	0,0477	0,0549	0,056	0,061	0,0685	0,0804	0,0783	0,0898	0,0985	0,0988	0,1024	0,1023	0,0996	0,0996	0,101	0,0996

0,0499 0,0431 0,0477 0,0549 0,056 0,061 0,0685 0,0804 0,0783 0,0898 0,0985 0,0988 0,1024 0,1023 0,0996 0,0996 0,101 0,0996

## ANEXO 5. COSTOS

<b>MOVILIZACIÓN</b>				
Transporte.	Unidad	50	0.25	12.5
Alimentación.	Unidad	50	2.00	100
<b>SUBTOTAL:</b>				<b>112.50</b>
<b>INFRAES TRUCTURA</b>				
Arriendo del terreno	m <sup>2</sup>	50		50
PLASTICO	m <sup>2</sup>	30	1.25	37.5
VIGAS DE MADERA	Unidad	10	0.80	8.0
BANDEJAS	unidad	20	4	80
RACKS	unidad	4	40	160
BOMBA DE AGUA	unidad	4	10	40
TANQUES	unidad	4	10	40
<b>SUBTOTAL:</b>				<b>415.50</b>
<b>INS UAMOS</b>				
Evergreen	Unidad	1	14.60	14.60
Kelpak	Unidad	1	12.10	12.10
Poliverdol	Unidad	1	15.40	15.40
<b>Semillas</b>	Libras	30	1.00	30
<b>SUBTOTAL:</b>				
<b>SERVICIOS BASICOS</b>				
AGUA	Unidad		15	15
LUZ	Unidad		30	30
<b>SUBTOTAL</b>				<b>45</b>
<b>TOTAL</b>				<b>645.10</b>

**ANEXO 6. Fotografías.**



**Siembra y Ubicación de Bandejas**



**Repetición Numero Uno a los cuatro días**



**Repetición Numero Uno a los cuatro días**



**Repetición numero uno al noveno día.**



**Repetición numero uno al día Trece.**



**Repetición número uno al día Quince.**



**Repetición número dos al día cinco.**



**Repetición número dos al día diez.**



**Repetición número dos al día quince.**



**Parte radicular de la porción de FVH**



**Repetición número dos al día quince.**



**Repetición número tres al día cinco.**



**Repetición número tres al día diez**



**Repetición número tres al día quince.**



**Pesaje de las muestras.**



**Alimentación de cuyes con FVH**