

**ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO  
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA VIDA  
CARRERA DE INGENIERIA AGROPECUARIA  
SANTO DOMINGO DE LOS TSÁCHILAS**

**“EFECTO DE DOS SOLUCIONES NUTRITIVAS EN LA PRODUCCIÓN Y  
CALIDAD DE FORRAJE VERDE HIDROPÓNICO DE MAÍZ, TRIGO Y  
CEBADA EN EL CANTÓN MOCHA PROVINCIA  
DE TUNGURAHUA”**

**GERMÁN MAURICIO VILLOTA CAMACHO**

**INFORME TÉCNICO DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

**2013**

***“EFECTO DE DOS SOLUCIONES NUTRITIVAS EN LA PRODUCCIÓN Y CALIDAD DE FORRAJE VERDE HIDROPÓNICO DE MAÍZ, TRIGO Y CEBADA EN EL CANTÓN MOCHA PROVINCIA DE TUNGURAHUA”***

**GERMÁN MAURICIO VILLOTA CAMACHO**

-----  
**Ing. ALFREDO VALAREZO**  
**DIRECTOR DE CARRERA**  
**DE INGENIERIA AGROPECUARIA**

-----  
**Dr. GELACIO GÓMEZ**  
**DIRECTOR**

-----  
**Ing. STALIN GRANDA**  
**CODIRECTOR**

-----  
**Dr. RAMIRO CUEVA**  
**SECRETARÍA ACADÉMICA**

***“EFECTO DE DOS SOLUCIONES NUTRITIVAS EN LA PRODUCCIÓN Y CALIDAD DE FORRAJE VERDE HIDROPÓNICO DE MAÍZ, TRIGO Y CEBADA EN EL CANTÓN MOCHA PROVINCIA DE TUNGURAHUA”***

**GERMÁN MAURICIO VILLOTA CAMACHO**

**APROBADO POR LOS MIEMBROS DEL  
TRIBUNAL DEL CALIFICACIÓN**

**FECHA CALIFICACIÓN**

**Dr. GELACIO GÓMEZ  
DIRECTOR**

\_\_\_\_\_

**Ing. STALIN GRANDA  
CODIRECTOR**

\_\_\_\_\_

**CERTIFICO QUE ESTAS CALIFICACIONES FUERON  
PRESENTADAS EN ESTA SECRETARÍA.**

---

**Dr. RAMIRO CUEVA  
SECRETARÍA ACADÉMICA**

## **DEDICATORIA**

El presente trabajo lo dedico, principalmente a Wilson Geovanny Villota Camacho que más que mi hermano es un gran ejemplo en mi vida, al igual que a mis papis y a mi hermana que siempre me han apoyado y han depositado su confianza en mí para obtener este nuevo logro en mi vida y para emprender nuevos proyectos.

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco, de manera muy especial al Ing. Carlos Farfán, Director de tesis, Ing. Roberto Flores Codirector, y al Ing. Stalin Granda por su valioso aporte en mi formación académica por su paciencia, tiempo, apoyo, motivación y acertada labor en este trabajo.

**A TODOS MIL GRACIAS.**

## **AUTORÍA**

Yo Germán Mauricio Villota Camacho declaro bajo juramento que las ideas expuestas en el presente trabajo de investigación, así como los resultados, discusión y conclusiones son de mi autoría; que el trabajo expuesto no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración, cedo mi derecho, de propiedad intelectual del trabajo, a la Escuela Politécnica del Ejército conforme a lo establecido por la Ley De Propiedad Intelectual, su reglamento y la normativa institucional vigente.

---

Germán Mauricio Villota Camacho

## INDICE DE CONTENIDO

	Pág.
<b>INDICE DE CONTENIDOS.....</b>	<b>VIII</b>
<b>INDICE DE CUADROS.....</b>	<b>XI</b>
<b>INDICE DE FIGURAS.....</b>	<b>XII</b>
<b>INDICE DE FOTOS .....</b>	<b>XVII</b>
<b>I.INTRODUCCION.....</b>	<b>1</b>
1.1.Situación Actual .....	1
1.2.Planteamiento del problema .....	3
1.3.Justificación .....	4
1.4.Objetivos de estudio.....	6
1.4.1 Objetivo General.....	6
1.4.2 Objetivo Específico .....	6
1.4.3 Hipótesis .....	7
<b>II. REVISION DE LITERATURA.....</b>	<b>8</b>
2.1. Cultivo Hidropónico .....	8
2.2. Forraje Verde Hidropónico .....	8
2.3. Ventajas y desventajas en la producción de F.V.H.....	9
2.3.1 Ventajas .....	9
2.3.2 Desventajas .....	10
2.4 Fertilización en la producción de F.V.H.....	11
2.5 Beneficios y características forrajeras en la producción de F.V.H de maíz, trigo y cebada ....	12
2.5.1 Beneficios y características forrajeras del F.V.H de maíz .....	12
2.5.2 Beneficios y características forrajeras del F.V.H de trigo .....	13
2.5.3 Beneficios y características forrajeras del F.V.H de cebada .....	13
<b>III. MATERIALES Y METODOS.....</b>	<b>15</b>
3.1.Ubicación y lugar de la investigación .....	15
3.1.1. Ubicación política .....	15

3.1.2. Ubicación geográfica.....	15
3.1.3. Ubicación ecológica ( características agroclimáticas).....	16
3.2.Materiales .....	17
3.2.1.Instalaciones de campo.....	17
3.2.2.Fertilizantes .....	17
3.2.3. Materiales y Herramientas .....	18
	Pág.
3.2.4.Materiales de oficina .....	19
3.3.Métodos .....	19
3.3.1 Diseño experimental .....	19
3.3.1.1 Factores a probar. ....	19
3.3.1.2 Tratamientos a comparar. ....	21
3.3.1.3 Codificación e identificación de los tratamientos .....	22
3.3.1.4 Tipo de diseño .....	22
3.3.1.5 Repeticiones o bloques.....	22
3.3.1.6 Características de la unidad experimental .....	23
3.3.2 Análisis estadístico. ....	23
3.3.2.1 Esquema del análisis de varianza. ....	23
3.3.2.2 Coeficiente de variación. ....	24
3.3.2.3 Análisis funcional . ....	25
3.4.Análisis Económico .....	25
3.5.VARIABLES A MEDIR.....	25
3.5.1 Fecha de inicio de germinación . ....	25
3.5.2 Porcentaje de germinación . ....	25
3.5.3 Longitud promedio de Raíz .....	26
3.5.4 Longitud promedio del tallo. ....	26
3.5.5 Altura de la planta . ....	26
3.5.6 Tiempo a la cosecha del F.V.H .....	27
3.5.7 Peso promedio de la Biomasa del F.V.H .....	27
3.5.8 Análisis Nutricional del F.V.H.....	27
3.6 Métodos específicos del manejo del experimento .....	28
3.6.1 Fase de producción .....	28
3.6.2 Comportamiento en la valoración nutricional del F.V.H.....	28



3.6.3 Procedimiento experimental .....	29
<b>IV.RESULTADOS.....</b>	<b>38</b>
<b>V. DISCUSION.....</b>	<b>76</b>
<b>VI. CONCLUSIONES.....</b>	<b>85</b>
<b>VII RECOMENDACIONES.....</b>	<b>87</b>
<b>VIII. RESUMEN.....</b>	<b>88</b>
	Pág.
<b>IX. SUMARIO.....</b>	<b>89</b>
<b>X. BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>90</b>
<b>XI. ANEXOS.....</b>	<b>95</b>

## INDICE DE CUADROS

	Pág.
Cuadro 1. ADEVA para los programas de fertilización de FVH .....	23
Cuadro 2. ADEVA combinada.....	24
Cuadro 3. Cuadrados medios y nivel de significación para la variable longitud de raíz. ....	38
Cuadro 4. Cuadrados medios y nivel de significación para la variable longitud del tallo en los cuatro ciclos de siembra. ....	42
Cuadro 5. Cuadrados medios y nivel de significación para la variable longitud del tallo en los cuatro ciclos de siembra. ....	45
Cuadro 6. Cuadrados medios y nivel de significación para la variable peso de la biomasa vegetal en los cuatro ciclos de siembra. ....	49
Cuadro 7. Análisis de varianza combinada para la variable longitud de raíz. ....	54
Cuadro 8. Análisis de varianza combinada para la variable longitud del tallo. ....	58
Cuadro 9. Análisis de varianza combinada para la variable altura de plántula. ....	61
Cuadro 10. Análisis de varianza combinada para la variable peso de la biomasa vegetal. ....	65
Cuadro 11. Tasa de Retorno Marginal del FVH de los Tratamientos en Estudio. ....	75

## INDICE DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
Figura N° 1: Ubicación geográfica del proyecto. ....	16
Figura 2. Pruebas de significación de Tukey al 5% para el factor semillas en la variable longitud de raíz en la primera siembra. ....	39
Figura 3. Pruebas de significación de Tukey al 5% para la interacción semillas * soluciones en la variable longitud de raíz en la segunda siembra. ....	40
Figura 4. Pruebas de significación de Tukey al 5% para el factor semillas en la variable longitud de raíz en la tercera siembra. ....	41
Figura 5. Pruebas de significación de Tukey al 5% para la interacción semillas + soluciones en la variable longitud de raíz en la cuarta siembra. ....	41
Figura 6. Pruebas de significación de Tukey al 5% para el factor semillas en la variable longitud el tallo en la primera siembra. ....	43
Figura 7. Pruebas de significación de Tukey al 5% para el factor semillas en la variable longitud del tallo en la segunda siembra. ....	44
Figura 8. Pruebas de significación de Tukey al 5% para la interacción semillas + soluciones en la variable altura de plántula en la primera siembra. ....	46
Figura 9. Pruebas de significación de Tukey al 5% para el factor semillas en la variable altura de plántula en la segunda siembra. ....	47
Figura 10. Pruebas de significación de Tukey al 5% para el factor semillas en la variable altura de plántula en la tercera siembra. . ....	48
Figura 11. Pruebas de significación de Tukey al 5% para el factor semillas en la variable altura de plántula en la cuarta siembra. . ....	48

Figura 12. Pruebas de significación de Tukey al 5% para el factor semillas en la variable peso de la biomasa vegetal en la primera siembra. . . . . 50

Figura 13. Pruebas de significación de Tukey al 5% para el factor semillas en la variable peso de la biomasa en la segunda siembra. . . . . 51

Figura 14. Pruebas de significación de Tukey al 5% para la interacción semillas + soluciones en la variable peso de la biomasa en la tercera siembra. . . . . 52

Figura 15. Pruebas de significación de Tukey al 5% para el factor semillas en la variable peso de la biomasa en la cuarta siembra. . . . . 53

Figura 16. Pruebas de significación de Tukey al 5% para el factor siembra en la variable longitud de raíz en el análisis combinado. . . . . 55

Figura 17. Pruebas de significación de Tukey al 5% para el factor semillas en la variable longitud de raíz en el análisis combinado. . . . . 55

Figura 18. Pruebas de significación de Tukey al 5% para el factor soluciones en la variable longitud de raíz en el análisis combinado. . . . . 56

Figura 19. Pruebas de significación de Tukey al 5% para la interacción siembra + semillas en la variable longitud de raíz en el análisis combinado. . . . . 57

Figura 20. Pruebas de significación de Tukey al 5% para la interacción semillas + soluciones en la variable longitud de raíz en los cuatro ciclos de siembra. . . . . 57

Figura 21. Pruebas de significación de Tukey al 5% para el factor siembra en la variable longitud del tallo en los cuatro ciclos de siembra. . . . . 59

Figura 22. Pruebas de significación de Tukey al 5% para el factor semillas en la variable longitud del tallo en el análisis combinado. . . . . 59

Figura 23. Pruebas de significación de Tukey al 5% para la interacción siembra + semillas en la variable longitud del tallo en el análisis combinado. . . . . 60

Figura 24. Pruebas de significación de Tukey al 5% para el factor siembra en la variable altura de plántula en los cuatro ciclos de siembra. ....	62
Figura 25. Pruebas de significación de Tukey al 5% para el factor semillas en la variable altura de plántula del análisis combinado. ....	62
Figura 26. Pruebas de significación de Tukey al 5% el factor soluciones en la variable altura de plántula del análisis combinado. ....	63
Figura 27. Pruebas de significación de Tukey al 5% para la interacción siembra * semillas en la variable altura de plántula del análisis combinado. ....	64
Figura 28. Pruebas de significación de Tukey al 5% para la interacción semillas * soluciones en la variable altura de plántula del análisis combinado. ....	64
Figura 29. Prueba de significación de Tukey al 5% para la interacción siembra* semillas * soluciones en la variable peso de la biomasa vegetal del análisis ....	66
Figura 30. Porcentaje de germinación. ....	67
Figura 31. Porcentaje promedio de germinación. ....	68
Figura 32. Longitud de raíz. ....	69
Figura 33. Longitud de raíz promedio. ....	70
Figura 34. Longitud del tallo.....	70
Figura 35. Longitud promedio del tallo.....	71
Figura 36. Altura de la plántula.....	72
Figura 37. Altura promedio general de la plántula. ....	73
Figura 38. Peso de la biomasa vegetal.....	74
Figura 39. Peso promedio general de la biomasa vegetal. ....	74

## **I. INTRODUCCIÓN**

El cultivo de plantas sin suelo se desarrolló a partir de investigaciones llevadas a cabo para determinar que sustancias hacían crecer a las plantas y la composición de ellas.

A comienzos de los años treinta, científicos de la Universidad de California, pusieron los ensayos de nutrición vegetal a escala comercial, denominándolo sistema de cultivo “Hidropónico”, palabra derivada de las voces griegas hydro (agua) y ponos (labor, trabajo), es decir, “trabajo en agua”.

La primera aplicación comercial se desarrollo durante la Segunda Guerra Mundial, en que las tropas norteamericanas solucionaron con esta técnica de cultivo su problema de abastecimiento de verduras frescas.

La producción de Forraje verde hidropónico (FVH) es solo una derivación práctica de la técnica de los cultivos sin suelo o hidroponía y se remonta al siglo XVII cuando el científico irlandés Robert Boyle (1627-1691) realizó los primeros experimentos de cultivos en agua. Pocos años después, John Woodward, comparó diversas concentraciones de nutrientes para los granos, así como, la composición del forraje resultante (Huterwal, 1960; y Ñíguez, 1988) citados por Izquierdo J. (2002).

### **1.1. SITUACIÓN ACTUAL.**

En el Ecuador existe escasa investigación e información registrada sobre la producción de FVH, debido al desconocimiento de las enormes ventajas que podrían obtener los agricultores y en muchos casos la inexperiencia y poco interés que se tiene por este tipo de cultivos.

En países, europeos, se han visto en la necesidad de implementar unidades procesadoras de forraje verde hidropónico, por cuanto la población de ganado especialmente lechero, requiere de una elevada producción de forraje por hectárea, a demás de una alta tecnología para controlar todos los procesos que intervienen en la producción.

En países sudamericanos como Perú, la producción de (FVH) ha contribuido, a solucionar el suministro oportuno de forrajes de buena calidad nutritiva para sus animales, se tiene conocimiento, que este país posee unidades de FVH con dispositivos automáticos de riego e iluminación y otros en diferentes condiciones lo cual ha ayudado a realizar diversas investigaciones y a fortalecer el conocimiento de las ventajas y desventajas de este tipo de cultivo.

León, K. Capelo, W. Benito, M. estudiantes de la ESPOCH de Ecuador (2007).realizaron investigaciones sobre “El efecto del fotoperiodo en la producción de forraje verde hidropónico de maíz para la alimentación de conejos en el periodo de engorde” y concluyeron que el fotoperiodo no influye en la mayor o menor producción de forraje verde hidropónico, si no que depende del tipo de solución nutritiva utilizada, por lo que sugieren que primero se conozcan las ventajas y desventajas en la producción del FVH y luego su aplicación en la alimentación animal.

Calles, D. y Capelo, W. (2007), al “Evaluar la producción y la calidad de forraje verde hidropónico de cebada, utilizando diferentes niveles de azufre y su respuesta en el ganado lechero”. Obtuvieron como resultado un incremento de proteína en la planta hasta un 2% cuando emplearon una concentración de 20 ppm de azufre micronizado como nutriente; empleando mayores contenidos de este mineral, no se obtienen mejores resultados, por el contrario disminuye el contenido de proteína.

## 1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En la serranía de Ecuador, han ocurrido innumerables pérdidas importantes de ganado bovino y de animales menores como consecuencia de un déficit alimentario en forraje, heno, ensilaje o granos. Algunos fenómenos adversos, como: baja fertilidad en el suelo, sequías prolongadas, y la lluvia de ceniza volcánica, vienen afectando negativamente la producción o limitando el acceso al forraje producido en forma convencional para alimentación de los animales; a esto se añaden la escasa disponibilidad de forrajes, debido principalmente a que las áreas de terreno que estaban destinadas para producir pastos, están siendo orientadas a producir cultivos para consumo humano por lo cual en un corto plazo la escasez de forraje provocará un debacle en la alimentación animal.

Particularmente la provincia de Tungurahua tiene la necesidad de forrajes verdes de alta calidad nutritiva, ya que a nivel nacional, es la provincia con la mayor superficie de productores cunículas, a esto se suma que los agricultores en los últimos años se han visto afectados por las constantes caídas de cenizas emanadas por el volcán Tungurahua, a esto se añade el predominio de un clima equinoccial templado seco con una temperatura media diaria de 14 a 17° C, una humedad relativa baja y una precipitación pluviométrica que oscila entre 470 y 1510 mm, hace que la provincia de Tungurahua sea considerada como la zona más seca del país, lo que ha provocado una producción de forraje de inferior calidad y la escasez de los mismos.

Estas condiciones adversas han despertado el interés en muchos productores, a encontrar alternativas para obtener un forraje en cantidad y calidad, a bajos costo, que repercuta en una mayor producción y rentabilidad.

En el caso de los bovinos, los animales son llevados a potreros para que realicen el pastoreo, exponiéndolos a la contaminación de endo y ectoparásitos transmisores de enfermedades, que pueden producir la muerte del animal.



El uso agresivo de fertilizantes químicos, han mejorado el rendimiento en la producción de los campos; sin embargo su inadecuada utilización, han limitado la disponibilidad de todos los componentes minerales en el suelo disminuyendo drásticamente la capacidad de producción, especialmente de plantas forrajeras.

Actualmente en el Ecuador existe inquietud entre los productores que realizan explotación ganadera intensiva y extensiva por el hecho de que el precio de las tierras en este sector esté alcanzando niveles exageradamente altos, que no garantizan el abastecimiento de alimentos para los animales bajo pastoreo.

Frente a las circunstancias de déficit alimentario, surge una alternativa válida, la implementación de un sistema de producción de FVH, que permitan paliar o prevenir pérdidas productivas (abortos, pérdida de peso, escaso volumen de leche, problemas de fertilidad, y otros.) especialmente a nivel de los pequeños y medianos productores ganaderos.

### **1.3. JUSTIFICACIÓN:**

Actualmente la producción agrícola y pecuaria en nuestro país y a nivel mundial plantea una serie de retos técnicos, como el de garantizar el abastecimiento de alimentos de un alto valor nutricional a bajo costo, lo que implicaría entender la interacción suelo-planta-animal cuando se trata de sistemas de alimentación dependientes de forrajes. Hoy en día se sugiere el uso de recursos tecnológicos entre los que se encuentra la producción del forraje verde hidropónico la cual permite sostener una producción intensiva de forraje durante todo el año aún en condiciones extremas y de escasez del agua para riego.

La aplicación de tecnología en la producción de biomasa vegetal a partir de la germinación de granos, semillas de cereales o de leguminosas, bajo soluciones nutritivas y su posterior crecimiento bajo condiciones ambientales controladas de luz, temperatura y humedad en ausencia del suelo implicaría una innovadora práctica de hidroponía para la producción rápida y simple de forrajes verdes con un alto valor nutricional.

Por estas mismas razones este proyecto se desarrolló en la región de la serranía ecuatoriana, en uno de los cantones de la provincia de Tungurahua que dispone de suelos pocos productivos lo cual provoca que los pastos no rindan lo suficiente como para mantener los sistemas de producción animal existentes; por ello se tiene la intención de recuperar la fertilidad, de las áreas degradadas e improductivas, aplicando este tipo de tecnología complementaria, la cual podría constituirse, en una alternativa económica y competitiva en la alimentación de los animales como: corderos, cabras, terneros, vacas, caballos, conejos, pollos, gallinas, patos, cuyes entre otros, especialmente durante los períodos de escasez de forraje verde.

A si mismo ayudaría a la reestructuración ecológica, de pequeños agricultores que no cuentan con el espacio adecuado o con tierras aptas para la actividad agrícola lo cual es un buen escenario para producir alimentos básicos y necesarios de acuerdo a sus necesidades de consumo humano y animal e incluso sus excedentes pueden ser comercializados entre los familiares, amigos o vecinos, contribuyendo a la economía familiar.

En tal virtud, el sistema de producción de forraje verde hidropónico es una alternativa apta para integrarla a programas de desarrollo social y productivo en zonas urbanas y rurales de nuestro país, cuyo propósito principal será el de fortalecer a la comunidad mediante un proceso socio organizativo y de capacitación para que se apropien de la tecnología y la constitución de una verdadera agro empresa, que apoyará el sector agrícola y pecuario en la implementación de ayudas tecnológicas, haciendo que las fincas o empresas agropecuarias sean altamente productivas para compensar el valor de la inversión.

## **1.4. OBJETIVOS DEL ESTUDIO.**

### **1.4.1. General**

- ✓ Evaluar el efecto de dos soluciones nutritivas, sobre la producción y calidad de maíz (Zea mays), trigo (Triticum spp) y cebada (Hordeum vulgare L. ssp), cultivados hidropónicamente en la provincia de Tungurahua.

### **1.4.2. Específicos**

- ✓ Evaluar y determinar la solución nutritiva más apta en sistema abierto para la producción del forraje verde hidropónico (FVH) de maíz, trigo y cebada.
- ✓ Determinar mediante un análisis económico, según el método de Perrin *et al* (1976), si los costos de elaboración de las soluciones nutritivas son factibles y generan ganancias para el productor de forraje verde hidropónico (FVH) al incrementar las características comerciales de calidad del maíz, trigo y cebada.
- ✓ Transmitir los resultados obtenidos en la investigación a los agricultores para su conocimiento y aplicación.
- ✓ Comparar las alternativas para la creación de nuevas soluciones nutritivas personalizadas, tomando en consideración las ventajas que ofrecen estas en la producción de forrajes verdes hidropónicos.

### **1.4.3. Hipótesis.**

Para el desarrollo de la investigación se plantean las siguientes hipótesis:

- **Ho:** No existen diferencia significativa en la producción y la calidad del Forraje verde hidropónico FVH al utilizar soluciones nutritivas para la producción de maíz, trigo y cebada.
  
- **Ha:** Si existe diferencia significativa en la producción y la calidad del Forraje verde hidropónico al utilizar soluciones nutritivas para la producción de maíz trigo y cebada.

## **II. REVISIÓN DE LITERATURA.**

### **2.1. CULTIVO HIDROPÓNICO.**

El cultivo hidropónico o hidroponía es la técnica del cultivo de las plantas sin utilizar el suelo, usando un medio inerte, al cual se añade una solución de nutrientes que contiene todos los elementos esenciales vitales por la planta para su normal desarrollo. Puesto que muchos de estos métodos hidropónicos emplean algún tipo de medio de cultivo se les denomina a menudo “*cultivo sin suelo*”, mientras que el cultivo solamente en agua sería el verdadero hidropónico.

### **2.2. FORRAJE VERDE HIDROPÓNICO.**

Según Tarrillo H. (1999) el Forraje Verde Hidropónico es el resultado del proceso de germinación de granos de cereales, como la cebada, trigo, avena y maíz. las cuales se desarrollan en un período de 10 a 15 días, captando energía del sol y asimilando los minerales contenidos en una solución nutritiva. El proceso de producción del forraje verde hidropónico es un concepto nuevo de producción, ya que no requiere grandes extensiones de tierras, periodos largos de producción ni formas de conservación y almacenamiento. El forraje verde hidropónico es destinado para la alimentación de cuyes, vacas lecheras, caballos de paso y de carreras, ovinos, conejos, y cualquier otro animal que requiera forraje.

Al FVH también se lo puede considerar como un sistema de producción de biomasa vegetal, (forraje vivo en pleno crecimiento), de alta palatabilidad, sanidad, y calidad nutricional, lo que constituye una completa fórmula de proteína, energía, vitaminas y minerales para cualquier animal (Chen, 1975; Less, 1983; Níguez, 1988; Santos, 1987; y Dosal, 1987 citados por Izquierdo J., 2002).

## **2.3. VENTAJAS Y DESVENTAJAS EN LA PRODUCCIÓN DE FORRAJE VERDE HIDROPÓNICO (FVH)**

### **2.3.1. Ventajas.**

Un gran número de experimentos y experiencias prácticas han demostrado que la producción de FVH es una herramienta eficiente y útil en la producción animal, algunos resultados demuestran aumentos significativos 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 (Morales, 1987 citado por Sánchez A. 2000).

León K; Capelo W; Benito M; y Usca J. (2007) manifiestan que ocurre un mejor índice de beneficio costo en el engorde de conejos alimentados con FVH de maíz cultivado con AFI (abono foliar inicial).

Rodríguez A. y Tarrillo H. (2008) obtuvieron en vacas lecheras aumento en la producción de leche del 10 a 23,7 %; grasa de la leche de 13,4 a 15,2 %; incremento de la fertilidad por su alto contenido en vitamina E.; mejora en la salud del animal. ; disminución de la incidencia de mastitis.; elevada producción de carne y carga animal por hectárea al suministrar 36kg/vaca/día de forraje verde hidropónico de maíz.

También Calles D; y Capelo W. (2007) manifiestan que obtuvieron un aumento en la producción de vacas lecheras, a partir del uso de forraje verde hidropónico (FVH) de cebada, con un nivel de azufre de 20 ppm. como mínimo y un máximo de 30 ppm, fuera de este rango no se obtuvo un aumento en la producción de leche.

Otros Autores como (Falen y Petersen, 1969 y Bull y Petersen,1969 citados por Bravo R. 1988) manifiestan aumento de producción en aves domésticas (pollos, gallinas, patos, gansos, etc.) a partir del uso del forraje verde hidropónico (FVH).

Investigaciones realizadas por Sánchez A. (2000) permitieron sustituir en conejos hasta el 75% del concentrado por forraje verde hidropónico (FVH) de cebada sin afectar la eficiencia en la ganancia de peso alcanzándose el peso de faenamiento a los 72 días. El mismo autor obtuvo ganancia de peso en cerdos con una alimentación en base a forraje verde hidropónico (FVH).

Investigaciones realizadas por Gil Santos V. (2009) han demostrado una serie de ventajas al producir FVH como son los altos rendimientos de materia verde, superior calidad organoléptica y sanitaria, elevada eficiencia en el uso del agua de riego, considerables mejoras en la calidad del trabajo al disminuir el esfuerzo físico y generación de ingresos en microempresas familiares.

### **2.3.2. Desventajas.**

Morales 1987 citado por Sánchez A, (2000), expresa que la desventaja del sistema es el elevado costo de implementación, sin embargo investigadores como Rodríguez A. y Tarrillo H. (2008) han demostrado que utilizando infraestructura de invernáculos hortícolas comunes, se han logrado excelentes resultados, a esto se añade que el costo inicial de instalación de un invernadero rústico de forraje verde hidropónico, es mucho menor al de un sistema tradicional.

Por otra parte, se tiene antecedentes, que productores agropecuarios de Perú han optado por la producción de forraje verde hidropónico (FVH), cultivados directamente en el piso sobre plásticos negros y bajo micro túneles lo cual ha hecho que esta práctica sea la más económica y accesible.

Saettone M. (2008) indican que otra de las desventaja es la inadecuada capacitación, la falta de una paciente práctica de esta sencilla técnica tanto de granjeros como de profesionales.

## **2.4. FERTILIZACIÓN EN LA PRODUCCIÓN DE FORRAJE VERDE HIDROPÓNICO.**

El uso de fertilización en la producción de forraje verde hidropónico (FVH) resulta positiva como para recomendar su uso. Dosal A. (1987), manifiesta que probando distintas dosis de fertilización en avena, encontró mejores resultados en volumen de producción y valor nutritivo del FVH cuando se utilizó 200 ppm de nitrógeno en la solución nutritiva.

El mismo Dosal A. (1987), indica que riegos con dosis de 200 y 400 ppm, presentan al término de la primera semana, un mayor contenido proteico que el testigo (grano sin fertilización). Según (Koller, 1962; Fordhan et al, 1975; citados por Dosal, A. 1987). esto estaría confirmando que la mayor proporción de los cambios que originan el aumento del valor nutritivo del FVH, ocurren en los primeros siete días desde la siembra.

Brooke L, (1998) en varios experimentos realizados, logró comprobar que un kg de forraje verde hidropónico (FVH) con una buena nutrición durante su desarrollo equivale a 3 kg de alfalfa.

Diversos autores (Less, 1983; Hidalgo, 1985; Morales, 1987 citados por Sánchez A.; 2001) manifiestan que riegos aplicados al cultivo de forraje verde hidropónico (FVH) con una solución nutritiva, tienen por finalidad aportar los elementos químicos necesarios para el óptimo crecimiento del forraje, así como también el de otorgarle, entre otras características, su alta palatabilidad, buena digestibilidad y excelente sustituto del alimento concentrado.

Lomelli, (2000) citado por Izquierdo J, (2002), indican que estudio realizados en México, sobre la eficiencia del sistema de producción de forraje verde hidropónico (FVH) con un control del volumen de agua a aplicar, luz, nutrientes y CO<sub>2</sub> (anhídrido carbónico), demostraron que a partir de 22 kg de semillas de trigo es posible obtener en



un área de 11,6 m<sup>2</sup> (1,89 kg semilla/m<sup>2</sup>) una óptima producción de 112 kg de FVH por día (9,65 kg FVH/m<sup>2</sup>/día).

Arellano L. (2008) manifiesta que las pruebas realizadas con una solución nutritiva en la producción de FVH de maíz no otorga un resultado satisfactorio en la calidad del FVH y que un resultado favorable resulta el no poner la solución nutritiva.

Investigaciones realizadas en diversos cultivos hidropónicos mencionan que hay que considerar algunos factores que pueden influir sobre la solución nutritiva, como la temperatura de la solución, contenido de sólidos disueltos, conductividad eléctrica o consistencia de sus nutrientes, pH del agua, calidad de agua entre otros, los cuales pueden afectar a su vez la producción, productividad y calidad de los cultivos hidropónicos (Brooke L. 1998).

Calles D. y Capelo W. (2007) obtuvieron incrementos en el contenido de proteína y calidad en el forraje de cebada verde hidropónica con la utilización de 20 ppm de azufre.

## **2.5. BENEFICIOS Y CARACTERÍSTICAS FORRAJERAS EN LA PRODUCCIÓN DE FVH DE MAÍZ, TRIGO Y CEBADA.**

### **2.5.1. Beneficios y Características Forrajeras Del FVH de Maíz.**

Mediante un análisis sobre el valor forrajero del maíz realizado por estudiantes de la ESPOCH en el 2008, se manifiesta que el forraje verde hidropónico de maíz, es rico en fibra y grasa, lo cual hace que este alimento sea un buen suplemento en la alimentación animal.

### **Beneficios en la producción animal.**

Calle D , y Capelo W, (2007), manifiesta que uno de los mayores beneficio que se observa es en la producción de conejos alimentados con FVH de maíz ya que se han visto resultados con un índice de beneficio – costo de 1,17 lo que se significa que por cada dólar invertido se obtiene una rentabilidad de 0,17 centavos, por lo cual se recomienda que este tipo de alimentación sea utilizado como un complemento en la alimentación diaria de los animales.

#### **2.5.2. Beneficios y Características Forrajeras Del FVH De Trigo.**

El FVH de trigo ha sido utilizado en una buena diversidad de animales, y su principal carencia estriba en la materia seca, lo que puede solucionarse agregando rastrojo de diversos cultivos para completar la ración, componentes que no sólo es fácil de encontrar, sino que también son baratos.

### **Beneficios en la producción animal**

Carballido C. (2008) manifiesta que remplazando el concentrado por un 50% de FVH obtenido a partir de semillas de trigo , se pueden registrar ganancias en el peso vivo de terneros de 0,623 Kg/día.

#### **2.5.3. Beneficios y Características Forrajeras Del FVH De Cebada.**

La especie *Hordeum hexastichon* L., es la que se utiliza básicamente como forraje, actualmente es empleada en países desarrollados en un 75 a 80 por ciento de su producción para alimentación animal y entre un 20 y 25 por ciento para la elaboración de malta.

### **Beneficios en la producción animal**

Sepúlveda, (1994) citado por Sánchez A. (2000) manifiesta que la utilización del forraje verde hidropónico obtenido a partir de la semilla de la cebada cervecera variedad “Triumph” ha provocado un aumento de producción en vacas lecheras existiendo también en este caso antecedentes en el uso del maíz, sorgo, trigo, arroz y tritricale.

Sánchez A. (2000) afirma que la sustitución del 75% del concentrado que se les da a los conejos, por FVH de cebada ayuda a alcanzar un peso de faena de 2,1 a 2,3 kg en 72 días.

### III. MATERIALES Y METODOS.

#### 3.1. UBICACIÓN Y LUGAR DE LA INVESTIGACIÓN:

El proyecto de investigación se realizó al Sur – Este de la provincia de Tungurahua a 15 kilómetros de la vía Ambato Riobamba en una finca dedicada especialmente a la producción de mora de castilla, a sus alrededores existen pequeños agricultores que se dedican a la explotación ganadera y de cuyes que es una de las principales fuentes de ingreso para los agricultores de esta provincia.

A continuación se detalla la ubicación política, geográfica y ecológica donde se realizó la investigación.

##### 3.1.1. Ubicación Política

- ✓ Provincia : Tungurahua
- ✓ Cantón : Mocha
- ✓ Parroquia : Pingulí
- ✓ Caserío : Acapulco (a 3 Km de la vía principal).

##### 3.1.2. Ubicación Geográfica.

La Finca se encuentra localizada geográficamente en las coordenadas 1°23'13,63" Latitud Sur y 78°38'08.08" Longitud Oeste. Altitud 3,102 m.s.n.m. Los límites son los siguientes:

- ✓ Norte = Cantones Cevallos y Tisaleo
- ✓ Sur = Cantón Quero
- ✓ Este = Parroquias de Pilahuín y San Andrés
- ✓ Oeste = Parroquia Yanayacú



**Figura N° 1: Ubicación geográfica del proyecto.**  
**Fuente: Google Earth, 2012**

### **3.1.3. Ubicación Ecológica (características agroclimáticas)**

Según los archivos, que constan en el Municipio del Cantón Mocha y a los datos registrados en el anuario meteorológico de la estación de Querochaca, que se encuentran publicadas por el INAMHI en su página web, esta zona se caracteriza por tener un clima frío, con un promedio de precipitaciones anual de 470 mm a 1 510 mm al año siendo los meses más lluviosos de Febrero a Junio y , con un período más seco que vade julio a enero La temperatura media anual es de 14° a 17 °C, siendo las máximas promedios 23,5° C y la mínima promedio de 3,44° C. el sector posee una heleofanía de 1529 horas. (INAMHI)

El lugar donde se llevó a cabo el proyecto, se encuentra a una altitud de 3 102 m.s.n.m, posee una humedad relativa baja, y pertenece a la zona de vida conocida como bosque montano. Para referencia del proyecto se realizó un análisis

químico del suelo en el que se pudo determinar que la textura de la zona donde se realizó el proyecto es Franco arenoso, posee un pH 6,9. Los resultados de los macro y micro nutriente son:  $\text{NH}_4$  43,00 (M) ; P 7,50 (B) ; S 35,00 (A); K 0,50 (A) ; Ca 7,40 (A) ; Mg 1,20 (M); Zn 0,7 (B) Cu 5,3 (A); Fe 41,0 (A); Mn 2,2 (B);B 1,10 (M),

## **3.2. MATERIALES.**

### **3.2.1. Instalaciones de Campo.**

Como se mencionó en párrafos anteriores, la producción de FVH consiste en la germinación de granos (semillas de cereales o leguminosas) y su posterior crecimiento bajo condiciones ambientales controladas (luz, temperatura y humedad) en ausencia de suelo. Dependiendo de las condiciones del clima, el proceso se lo puede hacer bajo techo, en túneles de plástico, invernaderos, galpones o hasta por métodos más sofisticados conocidas como las “fábricas de forraje” basados en estructuras automatizadas. La alternativa más afín a los propósitos de la presente investigación fue la producción bajo invernadero, ya que la mayoría de las localidades en la Sierra ecuatoriana poseen promedios bajos de temperaturas.

### **3.2.2. Fertilizantes.**

A continuación se detallan los fertilizantes bases que se utilizaron para la elaboración de las soluciones nutritivas.

- ✓ Solución Concentrada A (nitrógeno, fósforo, potasio y calcio )
  - ✓ Nitrato de potasio
  - ✓ Nitrato de amonio
  - ✓ Superfosfato triple
  
- ✓ Solución Concentrada B (magnesio, azufre, hierro, cloro, manganeso, cobre, zinc, boro y molibdeno.)

- ✓ Sulfato de magnesio
- ✓ Quelato de hierro
- ✓ Solución de micro nutrientes
- ✓ Sulfato de manganeso
- ✓ Acido bórico
- ✓ Sulfato de zinc
- ✓ Sulfato de cobre
- ✓ Molibdato de amonio

### **3.2.3 Materiales y Herramientas:**

En la siguiente lista se detallan todos los materiales y herramientas que se utilizaron, cabe señalar que estos pueden variar de acuerdo a las condiciones económicas, y geográficas o tipos de tecnología que se quiera aplicar en la producción de FVH.

Bandejas de para FVH.	GPS.
Plástico negro calibre 8-12.	Flexómetro.
Temporizador electrónico	Semillas (maíz, trigo, cebada).
Aspersor manual de 1,5 litros	Letreros de identificación
Baldes plásticos de 15 litros.	Plástico de invernadero calibre 8.
Tanque con capacidad de 1000 litros.	Escoba
Jeringas plásticas en ml.	Azadón
Manguera.	Pala
Cinta para medir pH.	Machete
Balanza gramera	Carretilla.
Jarro graduado de 1 litro.	Botellas de cristal obscuro (cerveza)

### **3.2.4. Materiales de Oficina.**

Computadora	Calculadora
Impresora	Agenda
Hojas A4 de papel bond	Regla
Esferos y Lápiz	Tablero plástico

## **3.3. MÉTODOS**

### **3.3.1. Diseño Experimental**

#### **3.3.1.1. Factores que se probaron**

En la investigación se probaron dos soluciones nutritivas sobre la producción de forraje verde hidropónico (FVH) de tres especies “maíz, trigo y cebada”.

#### **Solución nutritiva # 1 (F<sub>1</sub>)**

Composición de la solución concentrada A<sub>1</sub>: (para 5,0 litros de agua)

✓ Nitrato de potasio	550,00 g
✓ Nitrato de amonio	350,00 g
✓ Superfosfato triple	180,00 g

Composición de la solución concentrada B<sub>1</sub>: (para 2 litros de agua)

✓ Sulfato de magnesio	220,00 g
✓ Quelato de hierro	17,00 g
✓ Solución de micro nutrientes	400,00 ml

Composición de la solución de micro nutrientes (para 1 litro de agua)



✓ Sulfato de manganeso	5,00 g
✓ Acido bórico	3,00 g
✓ Sulfato de zinc	1,70 g
✓ Sulfato de cobre	1,00 g
✓ Molibdato de amônio	0,20 g

### **Solución nutritiva # 2 (F<sub>2</sub>)**

Composición de la solución concentrada A<sub>2</sub>: (para 10 litros de agua)

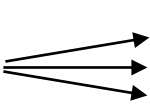
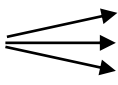
✓ Fosfato mono amónico	340,0 g
✓ Nitrato de calcio	2080,0 g
✓ Nitrato de potasio	1100,0 g

Composición de la solución concentrada B<sub>2</sub>: (para 4 litros de agua)

✓ Nitrato de magnésio	1242,00 g
✓ Sulfato de magnésio	492,00 g
✓ Sulfato de manganeso	2,48 g
✓ Sulfato de cobre	0,48 g
✓ Sulfato de zinc	1,20 g
✓ Sulfato de cobalto	0,02 g
✓ Acido bórico	6,20 g
✓ Molibdato de amonio	0,02 g
✓ Quelato de hierro	50,00 g

### 3.3.1.2. Tratamientos a comparar

El siguiente cuadro es una representación esquemática donde se refleja el número de tratamientos que se implementaron y se evaluaron en el experimento. A más de esto se agrego un testigo para poder comparar los resultados.

	<b>Factores</b>	<b>Niveles</b>	<b>Tratamientos</b>
A)	Especies	 A <sub>1</sub> A <sub>2</sub> A <sub>3</sub>	T <sub>1</sub> = A <sub>1</sub> B <sub>1</sub> T <sub>2</sub> = A <sub>1</sub> B <sub>2</sub> T <sub>3</sub> = A <sub>1</sub> B <sub>3</sub> T <sub>4</sub> = A <sub>2</sub> B <sub>1</sub> T <sub>5</sub> = A <sub>2</sub> B <sub>2</sub> T <sub>6</sub> = A <sub>2</sub> B <sub>3</sub> T <sub>7</sub> = A <sub>3</sub> B <sub>1</sub> T <sub>8</sub> = A <sub>3</sub> B <sub>2</sub> T <sub>9</sub> = A <sub>3</sub> B <sub>3</sub>
B)	S. Nutritivas	 B <sub>1</sub> B <sub>2</sub> B <sub>3</sub>	

Donde:

A<sub>1</sub>= Semillas de maíz      B<sub>1</sub>= Solución nutritiva #1  
 A<sub>2</sub>= Semillas de trigo      B<sub>2</sub>= Solución nutritiva #2  
 A<sub>3</sub>= Semillas de cebada    B<sub>3</sub>= Testigo (agua)

### 3.3.1.3 Codificación e identificación de los tratamientos

<b>N<sub>0</sub></b>	<b>Codificación</b>	<b>Identificación</b>
T1	A <sub>1</sub> B <sub>1</sub>	Semilla de maíz + la solución nutritiva 1
T2	A <sub>1</sub> B <sub>2</sub>	Semilla de maíz + la solución nutritiva 2
T3	A <sub>1</sub> B <sub>3</sub>	Semilla de maíz + agua ( testigo)
T4	A <sub>2</sub> B <sub>1</sub>	Semilla de Trigo + la solución nutritiva 1
T5	A <sub>2</sub> B <sub>2</sub>	Semilla de Trigo + la solución nutritiva 2
T6	A <sub>2</sub> B <sub>3</sub>	Semilla de Trigo + agua ( testigo)
T7	A <sub>3</sub> B <sub>1</sub>	Semillas de cebada + la solución nutritiva 1
T8	A <sub>3</sub> B <sub>2</sub>	Semillas de cebada + la solución nutritiva 2
T9	A <sub>3</sub> B <sub>3</sub>	Semillas de cebada + agua ( testigo)

### 3.3.1.4. Tipo de diseño.

Se aplicó un esquema bifactorial con un diseño de DBCA , en el que se estudiaron los efectos de dos soluciones nutritivas más el testigo, en el cultivo de FVH de tres especies, maíz, trigo y cebada.

### 3.3.1.5 Repeticiones o bloques:

El número de repeticiones por cada uno de los tratamientos que se aplicó para este proyecto fueron tres.

### 3.3.1.6 Características de la unidad experimental

Número de unidades experimentales	: 27 unidades
Área de las unidad experimental	: 6,75 m <sup>2</sup>
Largo	: 60 cm
Ancho	: 40 cm
Forma de la unidad experimental	: Rectangular
Área total del ensayo	: 143 m <sup>2</sup>
Largo	: 13 m
Ancho	: 11 m
Forma del ensayo	: Rectangular

### 3.3.2. Análisis Estadístico.

#### 3.3.2.1. Esquema del análisis de varianza.

Cuadro 1. ADEVA para los programas de fertilización de FVH

<b>Fuentes de variación</b>	<b>Grados de Libertad</b>
Repeticiones	2
Tratamientos	8
Semillas	2
Solución	2
Semillas * solución	4
Error experimental	16
Total	26

Para el análisis combinado se aplicó un diseño trifactorial añadiendo a la siembra como un factor adicional.

Cuadro 2. ADEVA combinada

<b>Fuentes de variación</b>	<b>Grados de Libertad</b>
Siembra	3
Semillas	2
Soluciones	2
Siembra * semillas	6
Siembra * Soluciones	6
Semillas * Soluciones	4
Siembra * Semillas *Soluciones	12
Error	72
Total	107

Todos los análisis estadísticos del proyecto se realizaron aplicando el software en Infostat.

### **3.3.2.2. Coeficiente de variación**

$$CV = \frac{\sqrt{CMEE}}{X} * 100$$

Donde:

CV = Coeficiente de variación

CMEE = Cuadrado medio del error experimental

X = Media general del experimento

### **3.3.2.3 Análisis funcional**

El patrón de cambio de cada factor que se estudió, se estimó mediante pruebas de F para los componentes de la varianza correspondiente.

Si en caso se hubo una diferencia estadística se aplicó la prueba de significancia de Tukey al 5%.

### **3.4. Análisis Económico.**

Al finalizar el proyecto se realizó un análisis económico entre tratamientos, aplicando el método de Perrín *et al.* (1976).

### **3.5. Variables a Medir.**

#### **3.5.1. Fecha de inicio de la germinación (días)**

En este caso se evaluó cuantos días se demoraron las semillas de cada uno de los tratamientos en germinar, para esto se procedió a utilizar una tabla que se muestra en el anexo 1, 2, 3 y 4.

#### **3.5.2. Porcentaje de germinación (%)**

Para la evaluación de este parámetro se procedió a tomar los datos desde el primer día al sexto día de acuerdo a una tabla con escala porcentual del 0 al 100 % de germinación (Anexos 5, 6, 7 y 8)

### **3.5.3. Longitud promedio de raíz (cm)**

En este caso se tomó una muestra representativa de un kilogramo de FVH de cada uno de los tratamientos al momento de la cosecha y se procedió a tomar los datos de longitud de raíz de 50 plántulas para posteriormente hacer un promedio de acuerdo a cada uno de los tratamientos (Anexos 9,10,11 y 12).

### **3.5.4. Longitud promedio de tallo (cm)**

En este caso se procedió a marcar la zona central de las bandejas de germinación cuya superficie fue de 60 cm<sup>2</sup>, posteriormente se tomaron al azar las medidas longitudinales de los tallos de 50 plántulas de FVH al sexto, décimo, y décimo quinto día respectivamente para de esta manera saber el progreso de crecimiento de cada uno de los tratamientos.

Estos datos se tomaron desde el inicio de la aparición de la primera lígula hasta el borde inferior de las primeras hojas (Anexo 13,14,15 y 16).

### **3.5.5. Altura de la planta (cm)**

Al igual que en la toma de datos de la longitud del tallo, se marcó la zona central de cada una de las bandejas de germinación y se tomaron al azar la altura promedio de 50 plantas a la cosecha, cuya medida incluirá la longitud del tallo más la longitud de follaje, estas medidas se tomaron al décimo, décimo segundo y décimo quinto día después de haber sembrado el forraje verde hidropónico (FVH) (Anexos 17,18,19 y 20).

### **3.5.6. Tiempo a la cosecha del FVH.**

Con el resultado obtenido de la altura promedio de las plántulas, se procedió a evaluar el mejor tiempo de cosecha del forraje verde hidropónico (FVH) de cada una de las especies sembradas, para esto se tomaron en cuenta la variación de altura de las plántulas entre el décimo, decimosegundo y décimo quinto día, y a esto se añadió el resultado del peso de las bandejas en los mismos días y el análisis nutricional de forraje verde hidropónico (FVH) (Anexos 25,26,27 y 28)

### **3.5.7. Peso promedio de la biomasa de FVH**

En este caso se procedió a pesar cada una de las bandejas tanto al inicio como al final del proceso productivo del FVH, para de esta manera obtener los datos de peso total de la materia verde, descontando el peso de la bandeja para obtener el valor real del FVH (Anexos 21,22 ,23 y 24)

### **3.5.8. Análisis nutricional del forraje verde hidropónico (FVH)**

En este caso se mandaron al azar bandejas representativas de cada uno de los tratamientos a los laboratorio del Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) donde realizaron un análisis nutricional de Proteínas o nitrógeno total; ceniza o materia orgánica; fibra cruda; extracto etéreo o grasa, elementos libres de nitrógeno y humedad. El método utilizado por el laboratorio para el análisis de las muestras fue el MO-LSAIA-01 cuyo método de referencia es U. FLORIDA 1970.



### **3.6.0. Métodos Específicos Del Manejo Del Experimento.**

#### **3.6.1. Fase de producción.**

Para la fase de producción se contempló lo siguiente, se formaron tres bloques de bandejas con las semillas de las diferentes especies distribuidas al azar, sobre cada una de las cuales se aplicaron los tratamientos con las soluciones nutritivas y el testigo, de esta manera se obtuvieron nueve tratamientos experimentales con tres repeticiones cada uno, dando como total veinte y siete unidades experimentales, los mismos que estuvieron distribuidos bajo un esquema bifactorial en diseño de bloques completamente al azar (DBCA).

Este procedimiento se realizó cuatro veces, de tal forma que se obtuvieron los datos necesarios que permitieron evaluar el efecto de la aplicación de las soluciones nutritivas con respecto a las características físicas del FVH en cada una de las especies analizadas, es decir, peso, tamaño, días a la germinación etc.

#### **3.6.2. Comportamiento en la valoración nutricional del FVH**

En la segunda etapa se determinaron los valores nutricionales del forraje verde hidropónico (FVH) para lo cual se procedió a realizar un análisis proximal de cada uno de los tratamientos, mediante análisis laboratorio en INIAP de una muestra aproximada de un kilogramo de forraje verde hidropónico de cada uno de los tratamientos.

### **3.6.3. Procedimiento experimental**

#### **a) Construcción del Invernadero**

El proyecto se realizó en un ambiente cerrado utilizando un invernadero tipo túnel o curvo a fin de que el forraje crezca con condiciones micro ambiental un poco más controlado. Las dimensiones del invernadero fueron de 13,00 m de largo; 11,00 m de ancho, y una altura total de 5,00 m, la estructura del invernadero era metálica, el plástico utilizado para la cubierta fue translúcido de calibre ocho con protección UV, generando de esta manera las condiciones mínimas favorables para el crecimiento del forraje, la orientación del invernadero era norte a sur.

#### **c) Estanterías y/o estructuras de soporte.**

Dentro de la infraestructura que se dispuso en el proyecto están tres estanterías metálicas de cuatro niveles o módulos cada uno, lo cual se aconseja para facilitar el manejo y manipulación de las bandejas.

Cada una de estas estanterías tiene la capacidad de sostener 256 bandejas, las dimensiones de las estanterías fueron de; 9 m de largo; 1,45m de ancho, 2,30 m de alto, y 0,60 m desde la superficie del suelo hasta el primer nivel. Las medidas de las estanterías o módulos dependerán de las dimensiones de las bandejas que se tengan o se puedan conseguir. Cada bandeja reposa sobre un perfil con pendiente longitudinal sobre un soporte que marca diferentes grados de pendientes aproximadamente un 5 o 10% de declive, ya que pendientes mayores no permitirán que las raíces absorban el agua suficiente y pendientes menores provocarán encharcamientos.

#### **d) Bandejas para la producción de FVH.**

Las dimensiones de las bandejas utilizadas fueron de 60 cm de largo, 40 cm de ancho y un alto de 1,5 cm, otra característica de las bandejas es que en la parte inferior poseen una hilera de perforaciones que ayudaban a drenar el exceso del agua de riego.

#### **b) Calidad del agua de riego.**

El agua afecta directamente en el crecimiento de las plantas, ya que interviene en los procesos fisiológicos internos (Calderón, 1992).

Por esta razón el agua que se utilizó en este proyecto para regar el forraje verde hidropónico FVH fue agua potable del sector la cual fue depositada en un tanque de reserva de 1000 litros, luego el agua fue succionada mediante una bomba de 1 ½ hp, posteriormente el agua pasó por un sistema de filtro de anillos para garantizar de esta manera que el agua baya sin impurezas y tapone los micro aspersores del sistema de riego utilizado.

#### **d) Sistema de riego.**

Para este proyecto el riego se realizó en tres fases; en la primera fase, que comprendió la etapa de germinación se utilizó un sistema automatizado de riego con micro aspersores, la segunda fase que en este caso fue la de producción se utilizó un rociador de presión a mano con capacidad de 1,5 litros, y en la tercera fase que fue la de mantenimiento y lavado se utilizó nuevamente el sistema automatizado.

Este sistema también consto con un tanque reservorio de 1 000 litros, una bomba de presión de 1 ½ hp y un sistema de filtro de anillos, cabe recalcar que cada una de las estanterías necesito una línea de tubería por cada nivel con sus respectivas llaves de paso estas se colocaron a cierta altura de las bandejas, normalmente en la parte inferior del nivel superior, y de allí salían los micro aspersores que asperjan el agua sobre el forraje,

a todo este sistema se adaptó un temporizador electrónico digital, ya que es el medio más efectivo para proveer un riego equilibrado en las bandejas y garantizando de esta manera la uniformidad del riego.

#### e) Selección de las semillas

En el proyecto se utilizaron semillas de maíz, trigo, y cebada de bajo costo, y con un buen poder germinativo, las cuales se adquirieron en el mercado local.

Para determinar si las semillas poseían un buen poder germinativo se obtuvieron unas pequeñas muestras de semillas de cada una de las especies y se colocaban en un balde con agua. Si el 75% de las semillas o más no flota significa que son semillas de buena calidad y si más del 50% de esta flota, se las descartaba al igual que las semillas que presentaron granos rotos o en mal estado pues estas no poseían un buen poder germinativo.

#### f) Densidad de siembra

La cantidad de semilla esparcida para la siembra fue de un kilogramo por cada bandeja, tomando en cuenta que no se supere los 1,5 cm de altura que posee la bandeja. Sin embargo, otras referencias aconsejan densidades específicas para cada especie de semilla, tal como las que se muestran a continuación:

Semilla	Densidad	Profundidad
Cebada	2,0 kg/m <sup>2</sup>	2
Maíz	4,0 kg/m <sup>2</sup>	3-4
Sorgo	2,5 kg/m <sup>2</sup>	1,5

Fuente: (Calderón 1992)

### **g) Proceso de pre – germinación.**

Las semillas después de haber sido seleccionadas fueron trasladadas al área de tratamiento, que en este caso se refiere al lugar del lavado, desinfección y escurrido.

Todas las semillas fueron lavadas con una solución de hipoclorito de sodio al 1 % en este caso lo que se utilizó fue una solución de 10 ml de cloro por cada litro de agua, por un lapso de treinta minutos con el fin de eliminar patógenos en los cultivos como hongos o bacterias. Luego de transcurrido este tiempo se lavaron las semillas con agua limpia para eliminar los restos del hipoclorito de sodio que hayan podido quedar.

Las semillas lavadas se colocaron en tinas o baldes para un proceso de remojo o hidratación en agua limpia durante 12 horas en una relación de un litro de agua por kilo de semilla, luego de este proceso se extrajeron las semillas y se airean por dos horas, acto seguido se procedió nuevamente a colocar las semillas en las tinas y baldes con el objetivo de volverlas hidratarlas por 12 horas más, luego se sometieron las semillas nuevamente al proceso final de aireado, con la finalidad de que las semillas tengan suficiente oxígeno y humedad, este último proceso de aireado duró 48 horas.

### **h) Módulo de germinación.**

La técnica de germinación que se empleó para la producción del (FVH) consistió en el pesaje y distribuir uniformemente de las semillas pre germinadas a lo largo de sus respectivas bandejas., en el caso de este proyecto se utilizaron 27 bandejas de germinación, lo cual dio un total de 6,75 m<sup>2</sup>.

Cada bandeja fue depositada en los diferentes niveles de un sector de una de las estanterías que fue cubierta con un plástico negro que proveyó un ambiente semi - oscuro, protegiendo de esta manera a las semillas de la incidencia directa de la luz solar lo cual simuló las condiciones de siembra natural, la misma que provocó un estímulo en la germinación de la semilla sobre las bandejas plásticas, dentro de este

cuarto se dejó a las bandejas por un periodo de seis días, hay que recalcar que este periodo varió de acuerdo a la especie y a los factores climáticos externos.

En esta fase también se nivelaron las bandejas con unos pequeños pedazos de madera con el finalidad de que estas estén en un lugar sin pendiente y poder de esta manera retener un poco más de humedad ya que en este periodo se suministró cinco riegos de dos minutos cada uno con intervalos de dos horas, esto se hizo mediante el sistema automatizado con los micro aspersores, los riegos se realizaron a partir de las 8 am hasta las 4 pm.

#### **i) Módulo de producción del forraje verde hidropónico (FVH)**

El módulo de producción fue una zona donde existió una mayor iluminación, y en el que los cultivos completaron su crecimiento hasta los 15 o 21 días dependiendo de la especie cultivada.

En esta etapa de producción se procuró controlar la ventilación para mantener la temperatura dentro de los rangos óptimos, para de esta manera tratar de controlar la desecación de los forrajes, presencia de hongos o insectos.

Esta etapa se inició a partir del sexto día, para lo cual se trasladaron las bandejas ya con las plántulas y se tomarán los datos de germinación de cada uno de los tratamientos, a partir del mismo día, se procedió a distribuir las bandejas en las estanterías de producción de acuerdo al diseño experimental que se utilizó, que en este caso fue un DBCA.

A partir del quinto o sexto día se inició el riego con las soluciones nutritivas, en cada uno de los tratamientos, esto se efectuó con aspersor manual equipada con una boquilla tipo abanico, cada riego durará aproximadamente un minuto por bandeja, tratando de que el riego sea aproximadamente de 0,5 litros por metro cuadrado aumentando progresivamente hasta llegar a 1,5 litros por metro, a medida que las

plántulas sigan creciendo, el proceso de riego se repetirá 5 veces por día (8:H00; 10:H00; 12:H00; 14:H00; y 16:H00)

#### **j) Preparación de las soluciones nutritivas**

##### **Solución Nutritiva 1**

##### **Solución concentrada (A<sub>1</sub>)**

Se remojó por 24 horas el superfosfato triple en aproximadamente 250 ml de agua; posteriormente se disolvió por completo el superfosfato agregando agua si es necesario y se eliminaron los residuos que quedaron ya que se los considero como impurezas del químico.

En otro recipiente, se diluyó el nitrato de potasio en un litro de agua luego se mezclaron las soluciones de superfosfato y nitrato de potasio, teniendo el cuidado de no dejar pasar el nitrato de potasio que no se ha disuelto.

Posteriormente se agregó 500 ml de agua sobre el nitrato de potasio no disuelto y se mezcló la solución con el superfosfato triple, este proceso se repitió hasta disolver todo el nitrato de potasio y verterlo sobre la solución del superfosfato triple.

En otro recipiente, se agregó y disolvió el nitrato de amonio en 500 ml de agua. Por último se mezcló y agregó el agua a todas las soluciones de superfosfato triple, nitrato de potasio y nitrato de amonio, hasta completar un volumen de cinco litros de solución.

### **Solución concentrada (B<sub>1</sub>)**

En un litro con agua se agregó y disolvió el sulfato de magnesio, luego se agregó 400 ml de la solución de micronutrientes, por último se disolvió el quelato de hierro y se agregó agua hasta completar un volumen de dos litros de solución.

### **Solución concentrada de micros nutrientes**

Se disolvió en 200 ml de agua, cada una de las sales en el orden que constan en la tabla de composición de la solución de micro nutriente. (Sulfato de manganeso 5,0 g; Ácido bórico 3,0 g; Sulfato de zinc 1,7 g; Sulfato de cobre 1,0 g; Molibdato de amonio 0,2 g) luego se agregó agua hasta completar un litro de solución.

Para la aplicación de esta solución nutritiva en las bandejas de forraje verde hidropónico (FVH) se procedió a agitar las soluciones concentradas A<sub>1</sub> y B<sub>1</sub> antes de ser usadas, luego se procedió a preparar la solución nutritiva propiamente dicho, mezclando 5 ml de la solución concentrada A<sub>1</sub> y 2 ml de la solución concentrada B<sub>1</sub> en cuatro litros de agua.

La disolución de los productos para la formación de la solución nutritiva A<sub>1</sub> y B<sub>1</sub> debe hacerse en el orden indicado; ya que si se altera el orden podría dañar la solución y por ende alterar los resultados del proyecto de investigación.



## **Solución nutritiva 2**

### **Solución concentrada (A<sub>2</sub>)**

Se procedió a pesar 340 g de fosfato mono amónico, 2,080 g de nitrato de calcio y 1,100 g de nitrato de potasio, luego se procedió a medir y verter seis litros de agua en un recipiente de quince litros de capacidad, inmediatamente se vaciaron los elementos ya pesados siguiendo el orden anotado y se procedió a disolver usando un agitador hasta que esté completamente disuelto el primer elemento, después se procedió a disolver completamente el segundo elemento, y por último se agregó y disolvió el tercer elemento, al finalizar la disolución de estos tres elementos se procedió a añadir cuatro litros de agua para completar diez litros de solución el cual también debió ser agitado durante unos diez minutos hasta que no queden residuos sólidos y lograr una solución homogénea.

Al terminar la solución concentrada A<sub>2</sub> se vertió el contenido de la mezcla en botellas de vidrio obscuro posteriormente se etiquetaron y guardaron en un lugar fresco.

### **Solución concentrada (B<sub>2</sub>)**

Primero se procedió a pesar las sales minerales por separado, 1 242 g de nitrato de magnesio, 492 g de sulfato de magnesio; 0,48 g de sulfato de cobre; 2,48 g de sulfato de manganeso; 1,20 g de sulfato de zinc; 0,02 g sulfato de cobalto; 6,20 g de ácido bórico; 0,02 g de molibdato de amonio y 50 g de quelatos de hierro.

Luego se procedió a medir y verter dos litros de agua en un recipiente de doce litros de capacidad, seguidamente se vaciaron los elementos ya pesados siguiendo el orden anotado y se procedió a disolver por lo menos unos diez minutos o hasta que no queden residuos sólidos de los componentes. al finalizar la disolución de estos elementos se procedió a añadir dos litros de agua para completar cuatro litros de solución el cual también debió ser agitado durante unos diez minutos hasta lograr una solución uniforme.

Al terminar la solución concentrada B<sub>2</sub> se vertió el contenido de la mezcla en botellas de vidrio obscuro para luego ser etiquetadas y guardadas en un lugar fresco.

Para el cultivo del Forraje verde Hidropónico (FVH) se utilizó la concentración de ¼ “full”, es decir, por cada litro de agua se usó 1,25 cc de la solución concentrada “A<sub>2</sub>” y 0,5 cc de la solución concentrada “B<sub>2</sub>”.

#### **J) Cosecha.**

Se realizó entre el décimo y decimoquinto día después de la siembra tomando datos del tiempo a la cosecha y rendimiento del FVH de cada uno de los tratamientos, para ello se pesaron cada una de las bandejas de los tratamientos, luego se realizó una relación con la cantidad de kilos de semilla sembrada. También se tomarán los datos de longitud promedio de la raíz y del tallo, la altura que han alcanzado las plántulas hasta el día de cosecha,.

#### **K) Metodología para el Último Objetivo.**

Para esto se realizaron unos trípticos que se repartieron a los agricultores y a todos los interesados con los resultados obtenidos en el proyecto de investigación, en los que también constó la información básica de lo que son los FVH, sus ventajas y desventajas, los métodos para realizar las solución nutricionales y su modo de empleo para obtener forrajes verdes hidropónicos de alta calidad, y su uso en la actualidad.

## IV. RESULTADOS

### 4.1. LONGITUD DE RAÍZ, EN LOS CUATRO CICLOS DE SIEMBRA.

En el siguiente cuadro se muestran los cuadrados medios y el nivel de significación para la variable longitud de raíz en los cuatro ciclos de siembra.

Cuadro 3. Cuadrados medios y nivel de significación para la variable longitud de raíz.

Fuente Variación	GL	CM			
		Siembra 1	Siembra 2	Siembra 3	Siembra 4
Repeticiones	2	0,87	1,21	6,24	0,49
Semillas	2	86,9 **	50,84 **	62,31 **	63,92 **
Soluciones	2	2,91 *	3,68 **	9,17 ns	6,20 **
Semillas * Soluciones	4	1,95 ns	7,46 **	4,91 ns	9,75 **
Error	16	0,73	0,49	2,43	0,34
Total	26				
Cv %		8,63	6,94	15,46	5,39

En el cuadro número tres se presenta los cuadrados medios para la variable longitud de raíz en los cuatro ciclos de siembra, en la siembra numero uno se registraron diferencia significativa para las fuentes de variación semillas con un cuadrado medio de 86,9; y para la fuente de variación soluciones con un cuadrado medio de 2,91; mientras que en la interacción semillas \* soluciones no hay diferencia significativa, el coeficiente de variación para la primera siembra fue de 8,63% lo cual avala los resultados obtenidos en este ciclo, cabe recalcar que para la fuente de variación de soluciones no se realizó la prueba de Tukey ya que se considera que no existe una diferencia altamente significativa.

En la segunda siembra se presentaron diferencias significativas para todas la fuentes de variación, los cuadrados medios obtenidos son 50,84 para las semillas; 3,68 para las soluciones y 7,46 para la interacción semillas \* soluciones, el coeficiente de variación en esta siembra fue de 6,94 lo cual avala los resultados obtenidos este ciclo.

En el caso de la siembra número tres hay un grado de significación para la fuente de variación semillas con un cuadrado medio de 6,31; y la no significación para las fuentes de variación soluciones y la interacción semillas por soluciones, el coeficiente de variación para este caso fue de 15,46 lo cual nos permite pensar que en esta siembra existió algún problemas o algún factor que hizo que el coeficiente de variación no fuera el más óptimo.

En la siembra cuatro existe significación para todas las fuentes de variación, las semillas con un cuadrado medio de 63,92, para la soluciones 6,20 y para la interacción semillas \* soluciones con el 9,75; el coeficiente de variación fue de 5,39 lo cual garantiza los resultados obtenidos.

#### 4.1.1. Longitud de Raíz, Siembra 1.

En la figura 2 se presenta la prueba de Tukey para la variable longitud de raíz en la siembra 1.

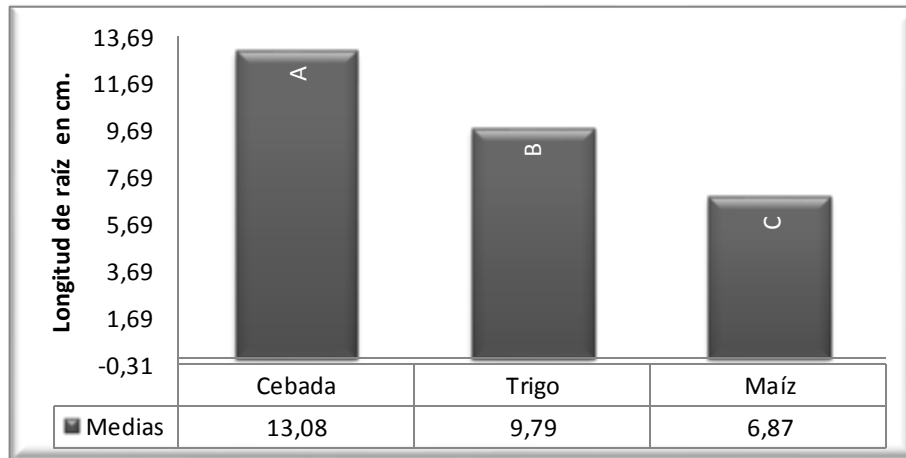


Figura 2. Pruebas de significación de Tukey al 5% para el factor semillas en la variable longitud de raíz en la primera siembra.

En la prueba de significación de Tukey al 5% para la variable longitud de raíz y el factor semilla (cuadro 3 y figura 2); se observan tres rangos de significación, el primer rango se ubica en la semilla de la cebada con una media de 13,08 cm y en el último rango aparece la semilla de maíz, con una media de 6,87 cm de longitud de raíz en la primera siembra.

#### 4.1.2. Longitud de Raíz Siembra 2.

En la figura 3 se presenta la prueba de Tukey para la variable longitud de raíz en la siembra 2.

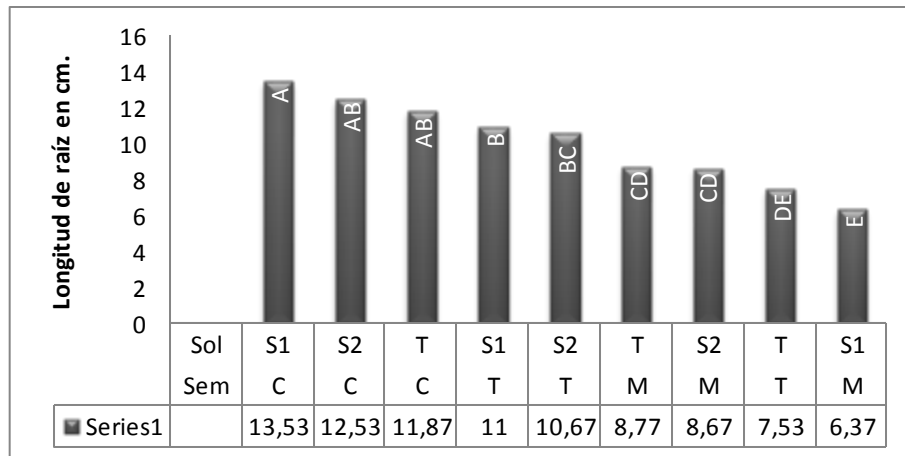


Figura 3. Pruebas de significación de Tukey al 5% para la interacción semillas \* soluciones en la variable longitud de raíz en la segunda siembra.

En la prueba de significación de Tukey al 5% para la interacción semilla + soluciones (cuadro 3 y figura 3); se observan cinco rangos de significación, el primer rango lo tiene la interacción de la cebada + solución nutritiva 1 con una media de 13,5 cm de longitud de raíz; y en el último rango se encuentra la interacción de maíz + solución nutritiva 1 con una media de 6,3 cm las otras interacciones son semejantes unas con otros de acuerdo en el rango en el que se encuentran ubicadas.

#### 4.1.3. Longitud de Raíz Siembra 3.

En la figura 4 se presenta la prueba de Tukey para la variable longitud de raíz en la siembra 3.

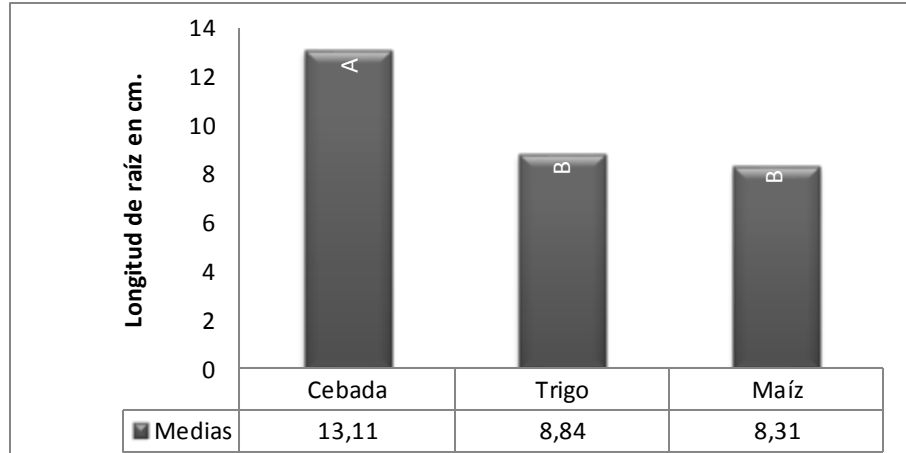


Figura 4. Pruebas de significación de Tukey al 5% para el factor semillas en la variable longitud de raíz en la tercera siembra.

En la prueba de significación de Tukey al 5% para la variable longitud de raíz y el factor semilla (cuadro 3 y figura 4); se observan dos rangos de significación, el primer rango se ubica en la semilla de la cebada con una media de 13,11 cm y en el último rango aparece la semilla de trigo y maíz, con una media de 8,84 cm y 8,31cm respectivamente de longitud de raíz en la tercera siembra.

#### 4.1.4. Longitud de Raíz Siembra. 4

En la figura 5 se presenta la prueba de Tukey para la variable longitud de raíz en la siembra 4.

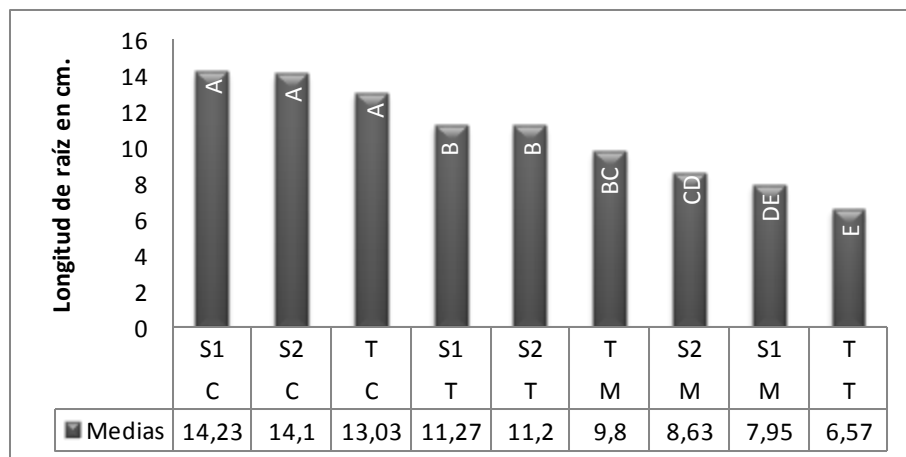


Figura 5. Pruebas de significación de Tukey al 5% para la interacción semillas + soluciones en la variable longitud de raíz en la cuarta siembra.

En la prueba de significación de Tukey al 5% para la interacción semilla + soluciones (cuadro 3 y figura 5); se observan cinco rangos de significación, el primer rango lo comparten las interacciones de cebada + solución nutritiva 1; cebada + solución nutritiva 2 ; y cebada + agua con una media de 13,78 cm; y en el último rango se encuentra la interacción trigo + agua con una media de 6,57cm de longitud de raíz y las otras interacciones son semejantes unas con otros de acuerdo en el rango en el que se encuentran ubicadas.

#### 4.2. LONGITUD DEL TALLO, EN LOS CUATRO CICLOS DE SIEMBRA.

En el cuadro cuatro se observa el análisis de varianza para la variable longitud del tallo en los cuatro ciclos de siembra.

Cuadro 4. Cuadrados medios y nivel de significación para la variable longitud del tallo en los cuatro ciclos de siembra.

Fuente Variación	GL	CM			
		Siembra 1	Siembra 2	Siembra 3	Siembra 4
Repeticiones	2	0,20	0,01	0,01	0,22
Semillas	2	4,09 **	2,21 **	0,18 ns	0,34 *
Soluciones	2	0,07 ns	2,60 ns	0,28 *	0,02 ns
Semillas * Soluciones	4	0,17 ns	0,10 ns	0,02 ns	0,02 ns
Error	16	0,08	0,04	0,06	0,07
Total	26				
Cv %		8,19	5,78	8,04	7,92

En la siembra numero uno se registró diferencia significativa solamente para la fuente de variación semillas con un cuadrado medio de 4,09 y la no significación para las soluciones y la interacción semillas \* soluciones, el coeficiente de variación para esta siembra fue de 8,19 % lo cual avala los resultados obtenidos.

En la siembra número dos al igual que en la primera, se registro significancia solo para la fuente de variación de las semillas con un cuadrado medio de 2,21; y la no significación para

las fuentes de variación soluciones y la interacción semillas por soluciones, el coeficiente de variación para esta siembra fue del 5,78 % lo cual avala los resultados obtenidos.

En la siembra número tres hay un pequeño grado de significación para la fuente de variación de soluciones con un cuadrado medio de 0,28 pero al igual que en la longitud de raíz en este caso no se realizó la prueba de Tukey puesto que no se considera que esta sea altamente significativos según Tukey, en el caso de las semillas y la interacción semillas por soluciones no hubo un grado de significación, el coeficiente de variación en este caso fue de 8,04 lo cual abaliza los resultados obtenidos.

En la siembra cuatro se registro una significación para la fuentes de variación semillas con un cuadrado medio de 0,34 en este caso tampoco se realizó pruebas de significación de Tukey puesto que no es altamente significativo, en cuanto a las soluciones y a la interacción semillas con soluciones estas no presentaron significancia, el coeficiente de variación fue de 7,92 % lo cual avala estos resultados.

#### 4.2.1. Longitud del Tallo Siembra 1.

En la figura 6 se presenta la prueba de Tukey para la variable longitud del tallo en la siembra 1.

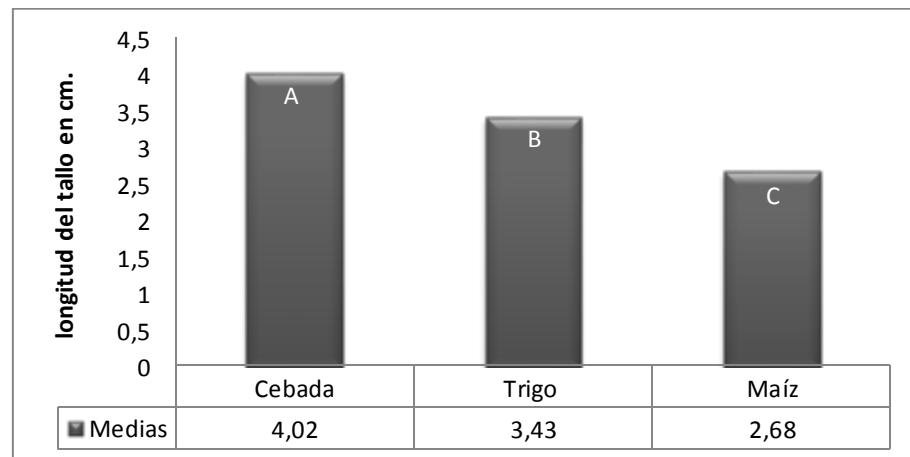


Figura 6. Pruebas de significación de Tukey al 5% para el factor semillas en la variable longitud del tallo en la primera siembra.



En la prueba de significación de Tukey al 5% para la variable longitud del tallo y el factor semilla (cuadro 4 y figura 6); se observan tres rangos de significación, el primer rango se ubica en la semilla de la cebada con una media de 4,02 cm y en segundo rango se ubica la semilla de trigo con una media de 3,43cm y en el último rango aparece la semilla de maíz, con una media de 2,68 cm de longitud de tallo en la primera siembra.

#### 4.2.2. Longitud del Tallo Siembra 2.

En la figura 7 se presenta la prueba de Tukey para la variable longitud del tallo en la siembra 2.

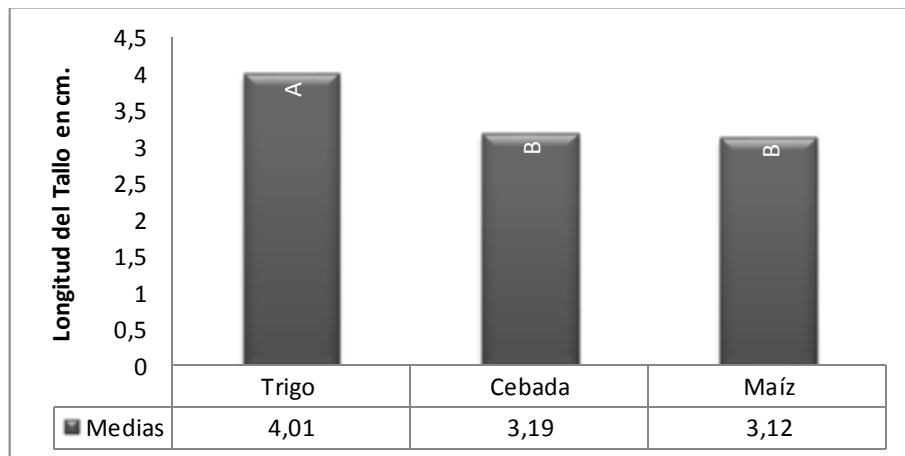


Figura 7. Pruebas de significación de Tukey al 5% para el factor semillas en la variable longitud del tallo en la segunda siembra.

En la prueba de significación de Tukey al 5% para la variable longitud de tallo y el factor semilla (cuadro 4 y figura 7); se observan dos rangos de significación, el primer rango se ubica en la semilla de la trigo con una media de 4,01 cm y en segundo rango se ubican las semillas de cebada y maíz con una media de 3,19 cm y 3,12 cm respectivamente de longitud de tallo en la segunda siembra.

### 4.3. ALTURA DE PLÁNTULA, EN LOS CUATRO CICLOS DE SIEMBRA

En el cuadro cinco se observa el análisis de varianza para la variable altura de plántula en los cuatro ciclos de siembra.

Cuadro 5. Cuadrados medios y nivel de significación para la variable longitud del tallo en los cuatro ciclos de siembra.

Fuente Variación	GL	CM			
		Siembra 1	Siembra 2	Siembra 3	Siembra 4
Repeticiones	2	0,01	2,00	0,73	1,57
Semillas	2	23,57 **	18,21 **	60,56 **	27,95 **
Soluciones	2	0,18 ns	2,28 ns	1,26 ns	2,08 ns
Semillas * Soluciones	4	2,62 **	0,58 ns	1,95 ns	2,69 *
Error	16	0,25	0,63	1,69	0,52
Total	26				
Cv %		4,38	5,89	11,41	5,87

En la siembra número uno se registró diferencia significativa para las semillas con un cuadrado medio de 23,57 y para la interacción semillas \* soluciones con un cuadrado medio de 2,62, la no significación se presentó en la fuente de variación de las soluciones, el coeficiente de variación en esta siembra fue de 4,38 lo cual avala los resultados obtenidos.

La siembra número dos presentó diferencia significativa para la fuente de variación semillas con un cuadrado medio de 18,21 y la no significación para las soluciones y la interacción semillas por soluciones, el coeficiente de variación en esta siembra fue de 5,89 % lo cual avala los resultados obtenidos.

En la siembra número tres al igual que en la dos solo presentó diferencia significativa en la fuente de variación de las semillas con un cuadrado medio de 60,56, y la no significación de las soluciones y la interacción de semillas por soluciones, el coeficiente de variación para esta siembra fue de 11,41% lo cual pudo haberse dado por algún tipo de modificación en el ambiente u otro factor.

En la siembra 4 se registró una diferencia significativa para la fuente de variación de las semillas con un cuadrado medio de 27,95, así mismo existe una diferencia significativa para la interacción de semillas por soluciones con un cuadrado medio de 2,69, la no significación se presentó para las soluciones, el coeficiente de variación en esta siembra fue de 5,87 % lo cual avala los resultado obtenidos.

#### 4.3.1. Altura de la Plántula Siembra 1.

En la figura 8 se presenta la prueba de Tukey para la variable altura de la plántula en la siembra 1.

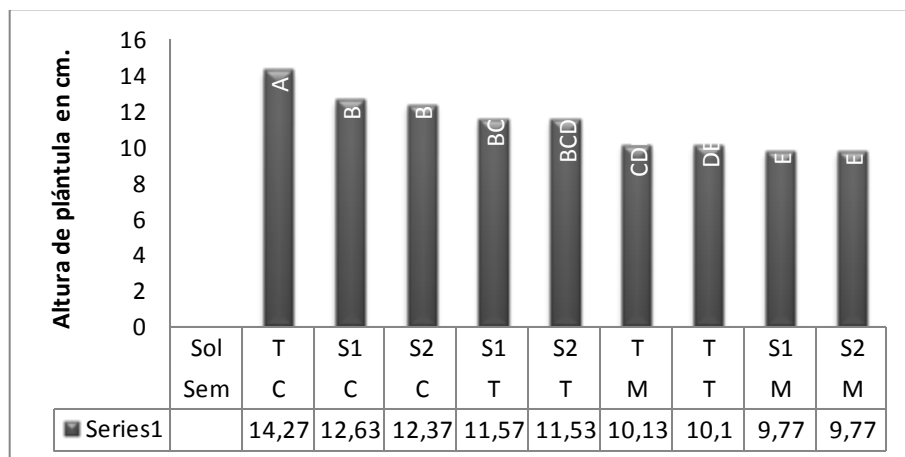


Figura 8. Pruebas de significación de Tukey al 5% para la interacción semillas + soluciones en la variable altura de plántula en la primera siembra.

En la prueba de significación de Tukey al 5% para la interacción semilla + soluciones en la variable altura de plántula en la primera siembra (cuadro 5 y figura 8); se observan cinco rangos de significación, el primer rango se ubica en la interacción de cebada + agua ; con una media de 14,27 cm; y en el último rango se encuentra la interacción maíz + solución nutritiva 1 y maíz + solución nutritiva 2 con una media de 9,77 cm de altura de plántulas y las otras interacciones son semejantes unas con otros de acuerdo en el rango en el que se encuentran ubicadas.

#### 4.3.2. Altura de la Plántula Siembra 2.

En la figura 9 se presenta la prueba de Tukey para la variable altura de la plántula en la siembra 2.

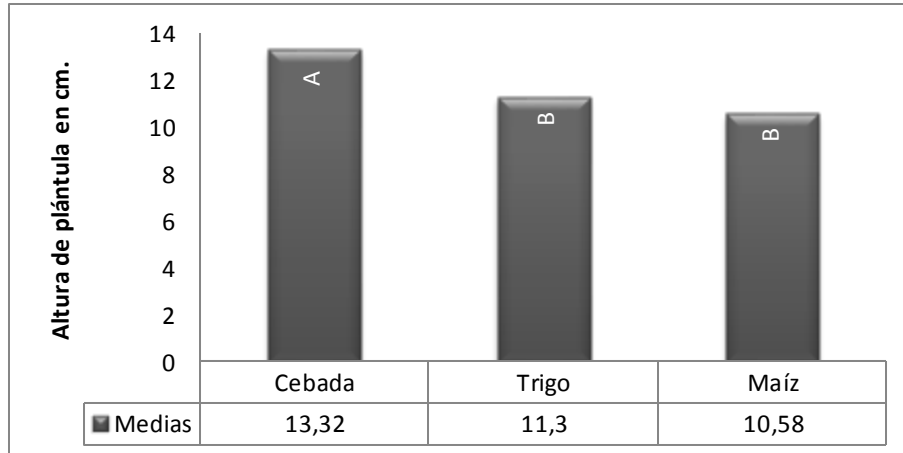


Figura 9. Pruebas de significación de Tukey al 5% para el factor semillas en la variable altura de plántula en la segunda siembra.

En la prueba de significación de Tukey al 5% para el factor semillas en la variable altura de plántula en la segunda siembra (cuadro 5 y figura 9); se observan dos rangos de significación, el primer rango se ubica en la semilla de la cebada con una media de 13,32 cm y en el segundo rango se ubican las semillas de trigo y maíz con una media de 11,3 cm y 10,58 cm respectivamente de longitud de raíz en la segunda siembra.

#### 4.3.3. Altura de la plántula siembra 3.

En la figura 10 se presenta la prueba de Tukey para la variable altura de la plántula en la siembra 3.

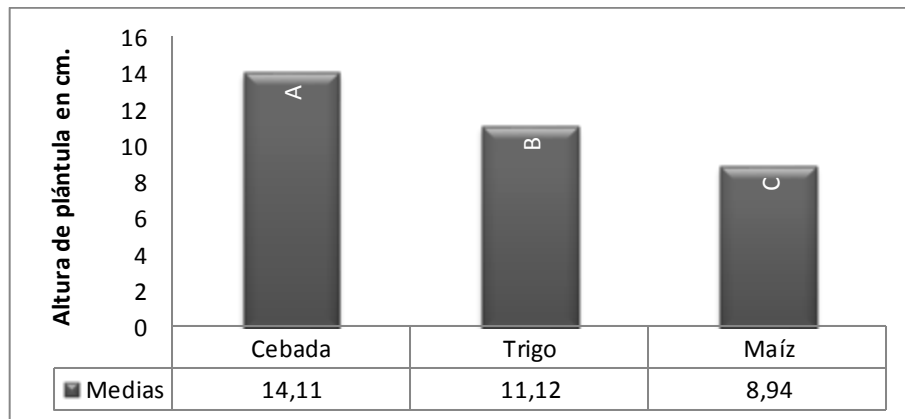


Figura 10. Pruebas de significación de Tukey al 5% para el factor semillas en la variable altura de plántula en la tercera siembra.

En la prueba de significación de Tukey al 5% para el factor semillas en la variable altura de plántula en la tercera siembra (cuadro 5 y figura 10); se observan tres rangos de significación, el primer rango se ubica en la semilla de la cebada con una media de 14,11 cm; en el segundo rango se ubican las semillas de trigo con una media de 11,12 cm; y por último se encuentra la semilla de maíz con una media de 8,98 cm de longitud de raíz en la tercera siembra.

#### 4.3.4. Altura de la Plántula Siembra 4.

En la figura 11 se presenta la prueba de Tukey para la variable altura de la plántula en la siembra 4.

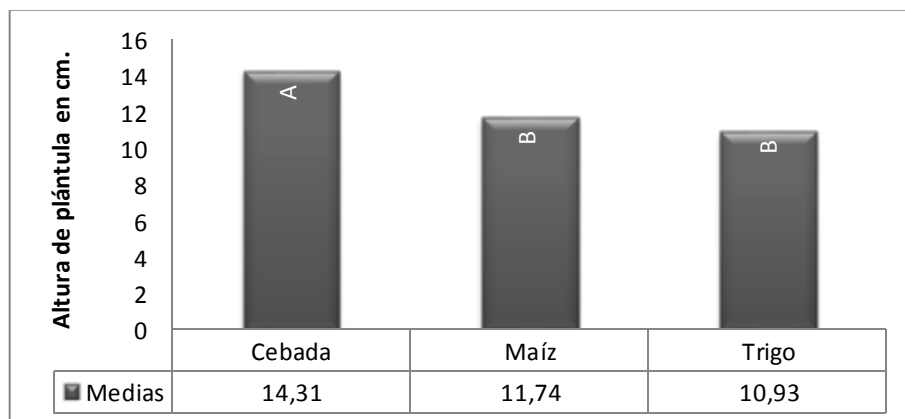


Figura 11. Pruebas de significación de Tukey al 5% para el factor semillas en la variable altura de plántula en la cuarta siembra.

En la prueba de significación de Tukey al 5% para el factor semillas en la variable altura de plántula en la tercera siembra (cuadro 5 y figura 11); se observan dos rangos de significación, el primer rango se ubica en la semilla de la cebada con una media de 14,31 cm; el segundo rango lo comparten las semillas de maíz con una media de 11,74 cm; y por último se encuentra la semilla de trigo con una media de 10,93 cm de longitud de raíz en la cuarta siembra.

#### 4.4. ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA VARIABLE PESO DE LA BIOMASA, EN LOS CUATRO CICLOS DE SIEMBRA.

En el cuadro seis se muestran los cuadrados medios y el nivel de significación para la variable peso de la biomasa vegetal en los cuatro ciclos de siembra.

Cuadro 6. Cuadrados medios y nivel de significación para la variable peso de la biomasa vegetal en los cuatro ciclos de siembra.

Fuente Variación	GL	CM			
		Siembra 1	Siembra 2	Siembra 3	Siembra 4
Repeticiones	2	47545,04	27937,00	81744,70	472413,44
Semillas	2	2831260,7**	1220485,78**	1379615,59**	1796286,78**
Soluciones	2	117,48 ns	550349,78 ns	470898,04 **	19793,44 ns
Semillas Por Soluciones	4	26502,04 ns	409698,22 ns	305481,76 **	38975,56 ns
Error	16	63688,00	174034,04	49676,29	100894,94
Total	26				
Cv %		10,4	15,63	8,06	11,63

En la siembra uno se registró diferencia significativa para las semillas con un cuadrado medio de 2831260,7 para las soluciones y la interacción de semillas por soluciones, no se presentó diferencia significativa, el coeficiente de variación es un poco elevado pero aceptable con un 10,4%

En la siembra número dos se presentó de la misma manera un grado de significación para la fuente de variación de las semillas con un cuadrado medio de 1220485,78, y la no

significación para las soluciones y la interacción semillas por soluciones, en este caso el coeficiente de variación está elevado con un 15,63% lo cual pudo haberse producido por algún factor al momento de la siembra o del ciclo productivo, lo cual pudo influir en algún aspecto el rendimiento de la producción de FVH.

En la siembra número tres existe una diferencia significativa para todas las fuentes de variación en este caso para las semillas con un cuadrado medio de 1379615,59; para las soluciones con un cuadrado medio de 470898,04, y para la interacción semillas con soluciones con un cuadrado medio de 305481,76, el coeficiente de variación en esta siembra fue de 8,06% lo cual avala los resultados obtenidos.

En cuanto a la siembra cuatro hay un nivel de significación para la fuente de variación de las semillas con un cuadrado medio de 1796286,78, y la no significación para las soluciones y la interacción semillas por soluciones, el coeficiente de variación estas un poco elevada pero aceptable con el 11,63%.

#### **4.4.1. Peso de la Biomasa Vegetal Siembra 1.**

En la figura 12 se presenta la prueba de Tukey para la variable peso de la biomasa vegetal en la siembra 1.

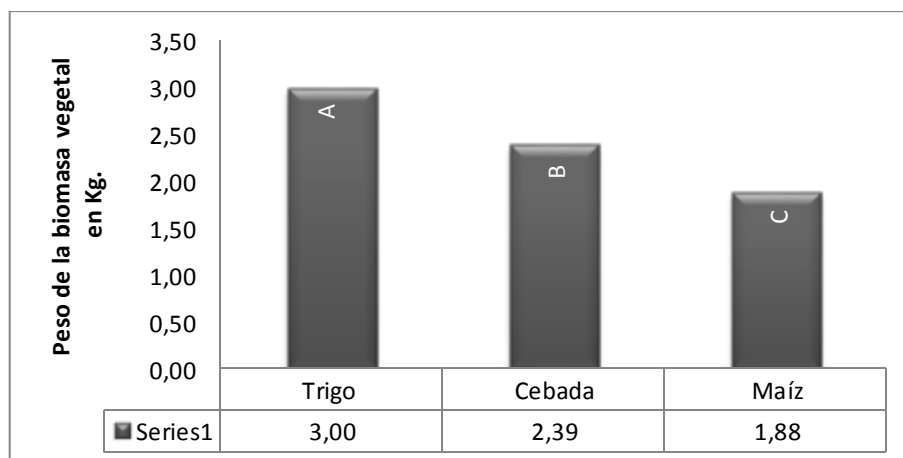


Figura 12. Pruebas de significación de Tukey al 5% para el factor semillas en

la variable peso de la biomasa vegetal en la primera siembra.

En la prueba de significación de Tukey al 5% para el factor semillas en la variable peso de la biomasa (cuadro 6 y figura 12); se observan tres rangos de significación, el primer rango se ubica en la semilla de trigo con una media de 3,00 cm; en el segundo rango se ubica la semilla de cebada con una media de 2,39 cm; y por último se encuentra la semilla de maíz con una media de 1,88 cm de longitud de raíz en la primera siembra.

#### **4.4.2. Peso de la Biomasa Vegetal Siembra 2.**

En la figura 13 se presenta la prueba de Tukey para la variable peso de la biomasa vegetal en la siembra 2.

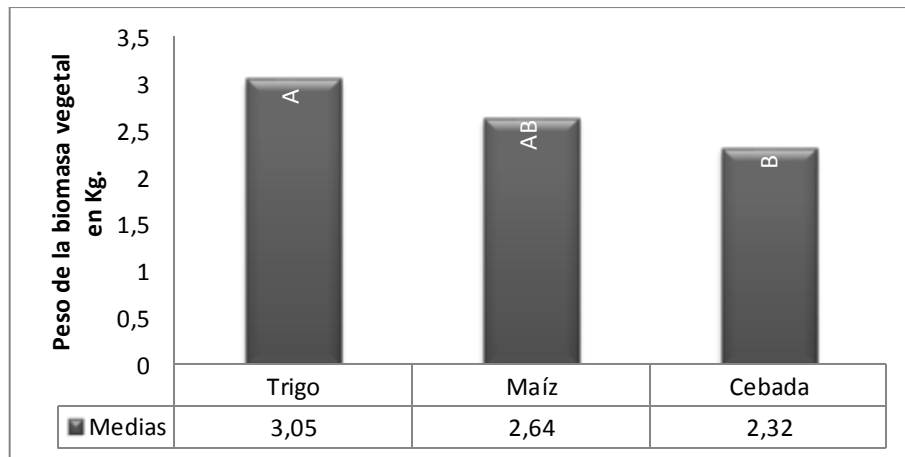


Figura 13. Pruebas de significación de Tukey al 5% para el factor semillas en la variable peso de la biomasa en la segunda siembra.

En la prueba de significación de Tukey al 5% para el factor semillas en la variable peso de la biomasa (cuadro 6 y figura 13); se observan dos rangos de significación, el primer rango se ubica en la semilla de trigo con una media de 3,05 cm; y en el segundo rango se ubica la semilla de cebada con una media de 2,32 cm; de longitud de raíz en la segunda siembra.



#### 4.4.3. Peso de la Biomasa Vegetal Siembra 3.

En la figura 14 se presenta la prueba de Tukey para la variable peso de la biomasa vegetal en la siembra 3.

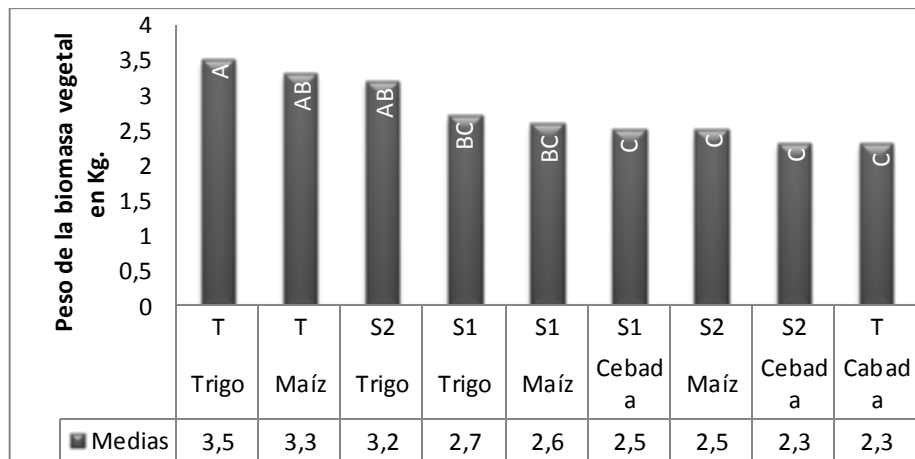


Figura 14. Pruebas de significación de Tukey al 5% para la interacción semillas + soluciones en la variable peso de la biomasa en la tercera siembra

En la prueba de significación de Tukey al 5% para la interacción semilla + soluciones en la variable peso de la biomasa (cuadro 6 y figura 14); se observan tres rangos de significación, el primer rango se ubica en la interacción de trigo + agua ; con una media de 3,5 kg ; y en el último rango se encuentra la interacción cebada + solución nutritiva 1 con una media de 2,5 kg ; la interacción de maíz + solución nutritiva 2 con una media de 2,5 kg; la interacción de cebada + solución nutritiva 2 con una media de 2,3 kg y por último la interacción de cebada + agua con una media de 2,3 kg de peso de biomasa, las otras interacciones son semejantes unas con otras de acuerdo en el rango en el que se encuentran ubicadas.

#### 4.4.4. Peso de la Biomasa Vegetal Siembra 4.

En la figura 15 se presenta la prueba de Tukey para la variable peso de la biomasa vegetal en la siembra 4.

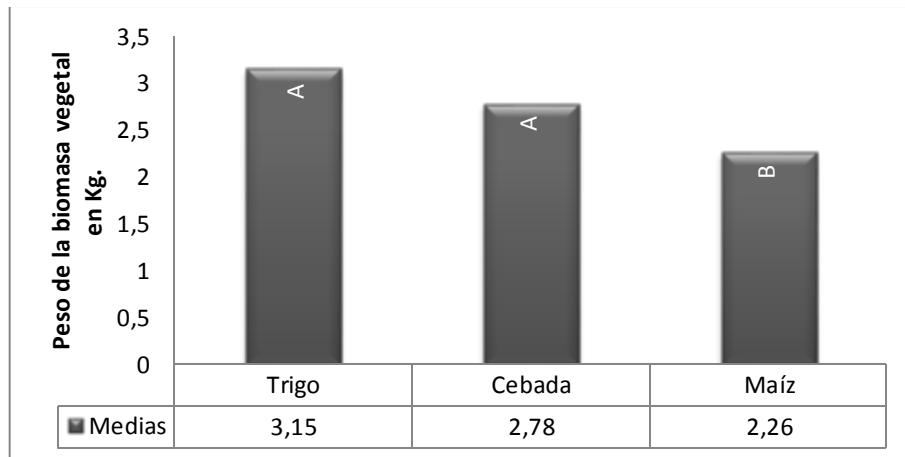


Figura 15. Pruebas de significación de Tukey al 5% para el factor semillas en la variable peso de la biomasa en la cuarta siembra.

En la prueba de significación de Tukey al 5% para el factor semillas en la variable peso de la biomasa (cuadro 6 y figura 15); se observan dos rangos de significación, el primer rango se ubica en la semilla de trigo con una media de 3,15 cm; y la semilla de cebada con una media de 2,78 cm; en el segundo rango se ubica la semilla de maíz con una media de 2,26 cm; de longitud de raíz en la cuarta siembra.

## 4.5. ANÁLISIS COMBINADO

### 4.5.1. Longitud de Raíz.

En el siguiente cuadro se muestran los cuadrados medios y el nivel de significación para el análisis de varianza combinada de las siembras, semillas y soluciones para la variable longitud de raíz.

Cuadro 7. Análisis de varianza combinada para la variable longitud de raíz.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Siembra	11,10	3	3,70	3,27	0,0260 **
Semillas	509,49	2	254,74	225,09	<0,0001 **
Soluciones	39,62	2	19,81	17,50	<0,0001 **
Siembra*Semillas	18,46	6	3,08	2,72	0,0195 **
Siembra*Soluciones	4,32	6	0,72	0,64	0,7010 ns
Semillas*Soluciones	73,65	4	18,41	16,27	<0,0001 **
Siembra*Semillas*Solucion	22,59	12	1,88	1,66	0,0935 ns
Error	81,48	72	1,13		
Total	760,71	107			

Existe diferencia para el factor siembra con una probabilidad del 0,0260%, de la misma manera existe significación para el factor semillas con una probabilidad del 0,0001%, para soluciones con una probabilidad del 0,0001%, para la interacción siembras \* semillas con una probabilidad del 0,0195% y para la interacción de semillas por soluciones con una probabilidad del 0,0001%, la no significación se presenta para las interacciones de semillas \* soluciones y la interacción siembra \*semillas \* soluciones\* el coeficiente de variación en este caso fue de 10,41 lo cual avala los resultados obtenidos.

A continuación se muestra la prueba de significación de Tukey para el factor siembras en la variable longitud de raíz en el análisis combinado.

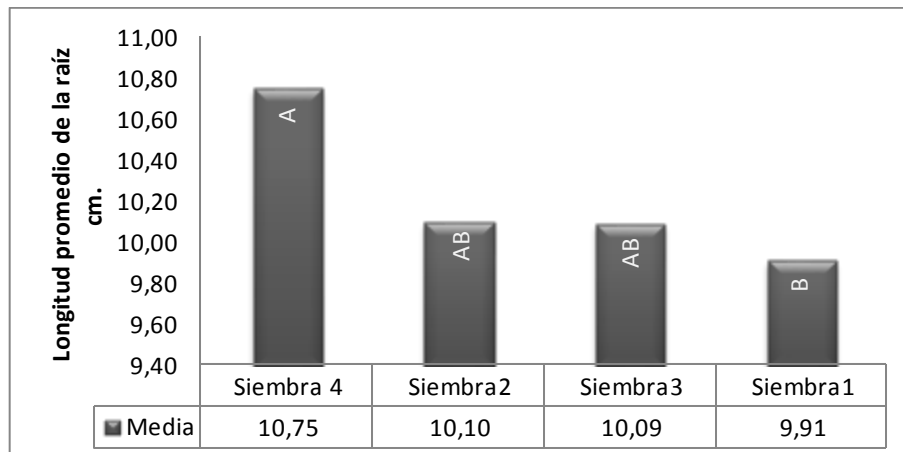


Figura16. Pruebas de significación de Tukey al 5% para el factor siembra en la variable longitud de raíz en el análisis combinado.

En la prueba de significación de Tukey al 5% para el factor siembras en la variable Longitud de raíz (cuadro 7 y figura 16); se observan dos rangos de significación, el primer rango se ubica en la siembra número 4 con una media de 10,75 cm; en el último rango se ubica la siembra número 1 con una media de 9,91cm, de longitud de raíz.

A continuación se muestra la figura da la prueba de significación de Tukey para el factor semillas en la variable longitud de raíz en el análisis combinado.

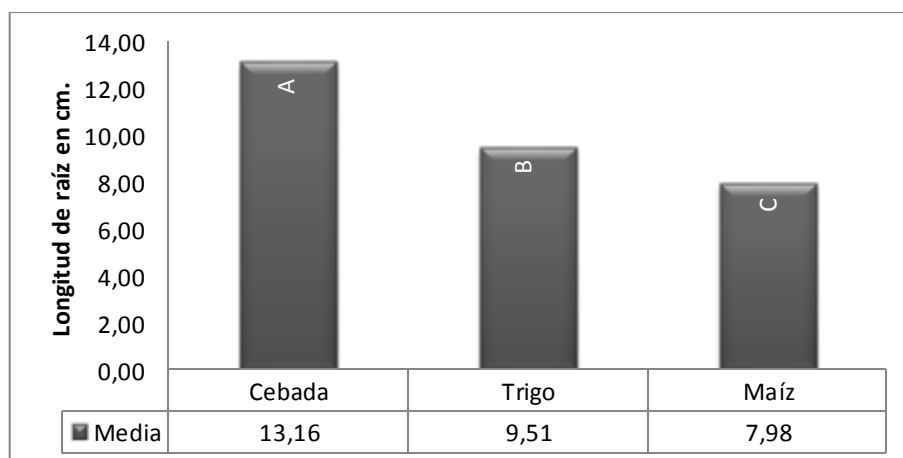


Figura 17. Pruebas de significación de Tukey al 5% para el factor semillas en la variable longitud de raíz en el análisis combinado.

En la prueba de significación de Tukey al 5% para el factor semillas en la variable Longitud de raíz (cuadro 7 y figura 17); se observan tres rangos de significación, el primer rango se ubica en la semilla de la cebada con una media de 13,16 cm; en el segundo rango se ubica la semilla de trigo con una media de 9,51 cm y por último se ubica la semilla de maíz con una media de 7,98 cm de longitud de raíz.

A continuación se muestran la figura de significación de Tukey para el factor soluciones en la variable longitud de raíz en el análisis combinado.

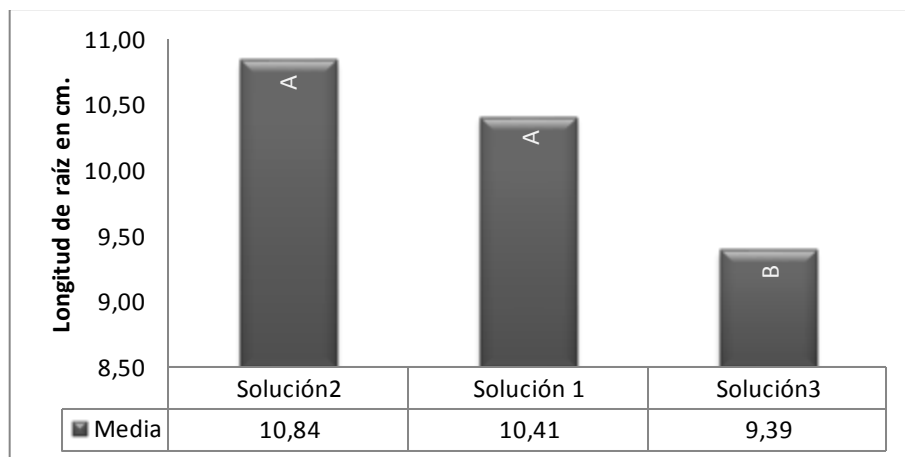


Figura 18. Pruebas de significación de Tukey al 5% para el factor soluciones en la variable longitud de raíz en el análisis combinado.

En la prueba de significación de Tukey al 5% para el factor soluciones en la variable Longitud de raíz (cuadro 7 y figura 18); se observan dos rangos de significación, el primer rango se ubica en la solución 2 con una media de 10,84 cm; en el segundo y último rango se ubica la solución tres o testigo con una media de 9,39 cm de longitud de raíz en los cuatro ciclos de siembra.

A continuación se muestran la figura de significación de Tukey para la interacción siembra \* semillas en la variable longitud de raíz en el análisis combinado.

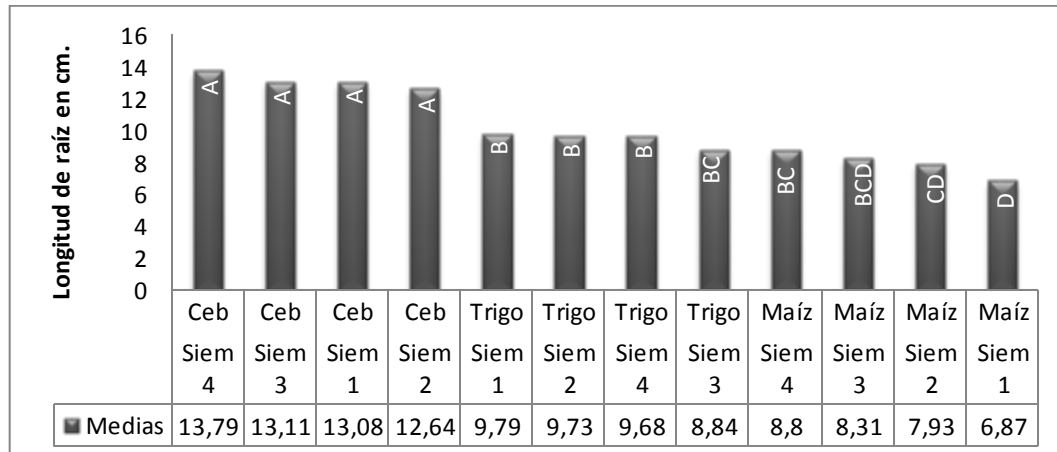


Figura 19. Pruebas de significación de Tukey al 5% para la interacción siembra + semillas en la variable longitud de raíz en el análisis combinado.

En la prueba de significación de Tukey al 5% para la interacción siembra + semillas en la variable longitud de raíz (cuadro 7 y figura 19); se observan cuatro rangos de significación, el primer rango se ubicó en las interacciones de cebada + las siembras 4, 3, 1 y 2 con una media de 13,1 cm; y en el último rango se ubicó la interacción de maíz + la siembra 1 con una media de 6,87 cm de longitud de raíz en los cuatro ciclos de siembra.

A continuación se muestra la figura de significación de Tukey para la interacción semillas \* soluciones en la variable longitud de raíz en el análisis combinado.

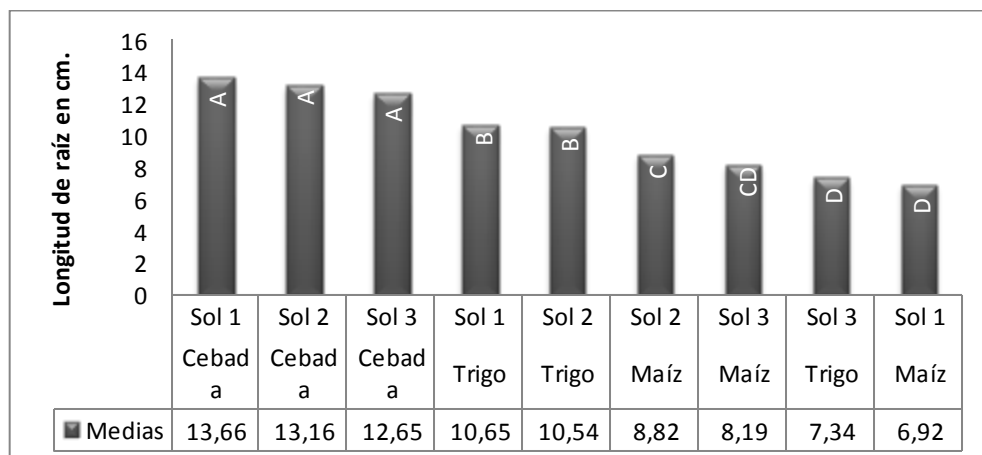


Figura 20. Pruebas de significación de Tukey al 5% para la interacción semillas + soluciones en la variable longitud de raíz en los cuatro ciclos de siembra.

En la prueba de significación de Tukey al 5% para la interacción semillas + soluciones (cuadro 7 y figura 20); se observan cuatro rangos de significación, el primer rango se ubicó en las interacciones de cebada + la soluciones nutritivas 1,2 y 3 respectivamente con una media de 13,1 cm de longitud de raíz los cuatro ciclos de siembra. La peor interacción fue la semilla de maíz + solución nutritiva 1 con una media de 6,92 cm.

#### 4.5.2. Longitud del tallo.

En el siguiente cuadro se muestran los cuadrados medios y el nivel de significación para el análisis de varianza combinada de las siembras, semillas y soluciones para la variable longitud del tallo.

Cuadro 8. Análisis de varianza combinada para la variable longitud del tallo.

	F.V.	SC	gl	CM	p-valor
Modelo.	17,42	35	0,50	7,40	<0,0001
Siembra	1,77	3	0,59	8,77	<0,0001**
Semillas	3,89	2	1,94	28,91	<0,0001**
Soluciones	0,24	2	0,12	1,75	0,1805**
Siembra*Semillas	9,76	6	1,63	24,19	<0,0001 ns
Siembra*Soluciones	0,51	6	0,08	1,26	0,2887 ns
Semillas*Soluciones	0,33	4	0,08	1,22	0,3098 ns
Siembra*Semillas*Solucion	0,93	12	0,08	1,16	0,3296 ns
Error	4,84	72	0,07		
Total	22,26	107			

Existe una diferencia significativa para el factor siembra con una probabilidad del 0,0001% , de la misma manera se presenta significancia para el factor semillas con una probabilidad del 0,0001%, y también se presenta significancia para la interacción siembras \* semillas con una probabilidad del 0,1805%, mientras que para los otros factores no existe significancia, el coeficiente de variación en esta caso fue de 7,82 lo cual avala los resultados de este análisis.

A continuación se presenta la prueba de significación de Tukey para el factor semillas en la variable longitud del tallo en el análisis combinado.

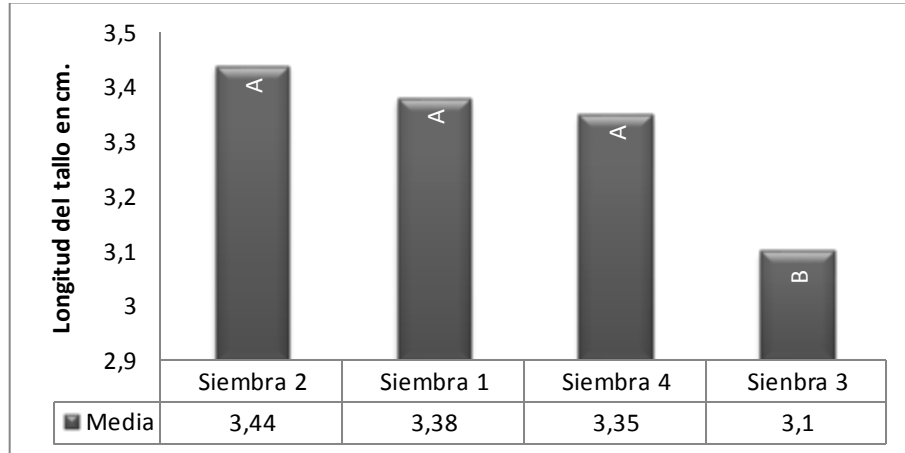


Figura 21. Pruebas de significación de Tukey al 5% para el factor siembra en la variable longitud del tallo en los cuatro ciclos de siembra.

En la prueba de significación de Tukey al 5% para el factor siembra (cuadro 8 y figura 21); se observan dos rangos de significación, el primer rango se ubicó en las siembras 1, 2 y 4 con una media da 3,44; 3,38 y 3,35 cm respectivamente y en el ultimo rango se ubico la siembra 3 con una medida de 3,1 cm de longitud de tallo en los cuatro ciclos de siembra.

A continuación se presenta la prueba de significación de Tukey para el factor semillas en la variable longitud del tallo del análisis combinado.

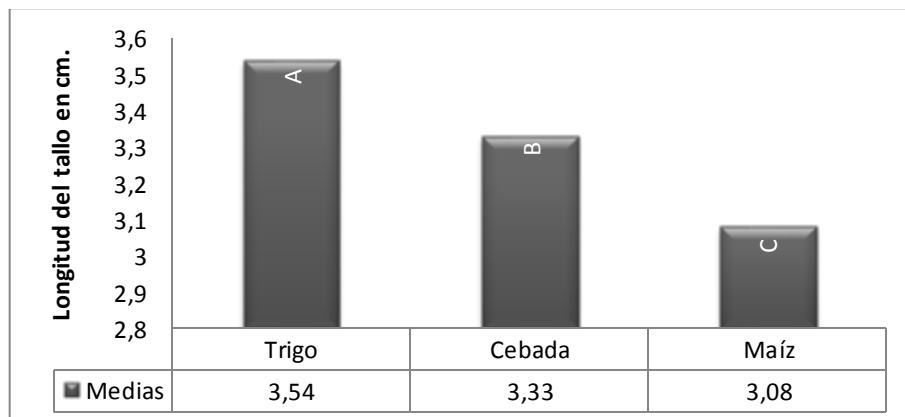


Figura 22. Pruebas de significación de Tukey al 5% para el factor semillas en la variable longitud del tallo en el análisis combinado.



En la prueba de significación de Tukey al 5% para el factor semillas del análisis combinado (cuadro 8 y figura 22); se observan tres rangos de significación, el primer rango se ubicó en la semilla de trigo con una medida de 3,54 cm en el segundo rango se encuentra la semilla de la cebada con una media de 3,33 cm y por último se encontró la semilla del maíz con una media de 3,08 cm de longitud de tallo en los cuatro ciclos de siembra.

A continuación se presenta la prueba de significación de Tukey para la interacción siembra \* semillas en la variable longitud del tallo del análisis combinado.

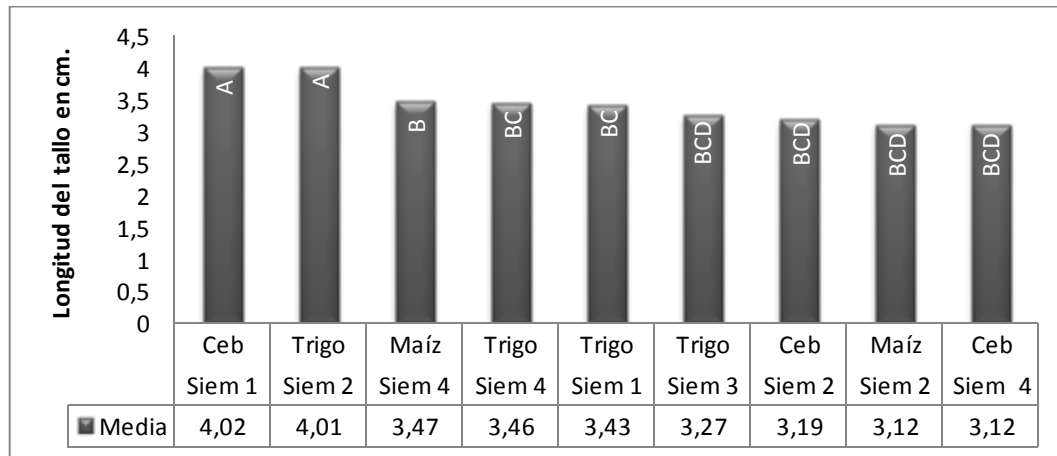


Figura 23. Pruebas de significación de Tukey al 5% para la interacción siembra \* semillas en la variable longitud del tallo en el análisis combinado.

En la prueba de significación de Tukey al 5% para la interacción siembra + semillas (cuadro 8 y figura 23); se observan cuatro rangos de significación, el primer rango se ubicó en la siembra 1 + cebada con una media de 4,02 este puesto fue compartida con la interacción de la siembra 2 + Trigo; tanto las interacciones de siembra 3 + el trigo; siembra 2 + la cebada; siembra 2 + el maíz; y la siembra 4 + la cebada ocupan el ultimo rango y son equivalentes entre sí.

### 4.5.3. Altura de Planta.

En el siguiente cuadro se presenta el análisis combinado para las siembras, semillas y soluciones en la variable altura de plántula.

Cuadro 9. Análisis de varianza combinada para la variable altura de plántula.

<u>F.V.</u>	<u>SC</u>	<u>gl</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>p-valor</u>
Siembra	16,63	3	5,54	7,03	0,0003**
Semillas	229,61	2	114,80	145,71	<0,0001**
Soluciones	6,31	2	3,16	4,01	0,0224 **
Siembra*Semillas	31,05	6	5,17	6,57	<0,0001**
Siembra*Soluciones	5,29	6	0,88	1,12	0,3602 ns
Semillas*Soluciones	19,65	4	4,91	6,24	0,0002 **
Siembra*Semillas*Solución	11,69	12	0,97	1,24	0,2761 ns
Error	56,73	72	0,79		
<b>Total</b>	<b>376,95</b>	<b>107</b>			

Existe diferencia significativa para el factor siembra con una probabilidad del 0,0003%, de la misma manera se presenta significación para el factor semillas con una probabilidad del 0,0001%, para el factor soluciones también existió significancia con una probabilidad del 0,0224%, y también para la interacción siembra \* semillas y semillas \* soluciones con probabilidades del 0,0001 y 0,0002 respectivamente, el coeficiente de variación en este caso fue de 7,59 % lo cual avala los resultados obtenidos.

A continuación se presenta la prueba de significación de Tukey para el factor altura de siembra en la variable altura de plántula del análisis combinado.

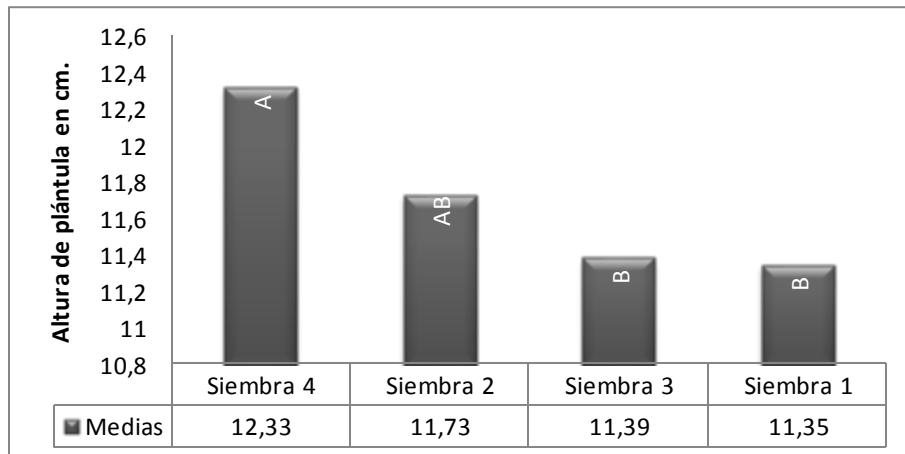


Figura 24. Pruebas de significación de Tukey al 5% para el factor siembra en la variable altura de plántula en los cuatro ciclos de siembra.

En la prueba de significación de Tukey al 5% para el factor siembra (cuadro 9 y figura 24); se observan dos rangos de significación, el primer rango se ubicó en la siembra 4 con una media de 12,33 cm y el último rango lo comparte la siembra 3 con una media de 11,39 y la siembra 1 con una media de 11,35 cm de altura de la plántula en los cuatro ciclos de siembra

A continuación se presenta la prueba de significación de Tukey para el factor semillas en la variable altura de plántula del análisis combinado.

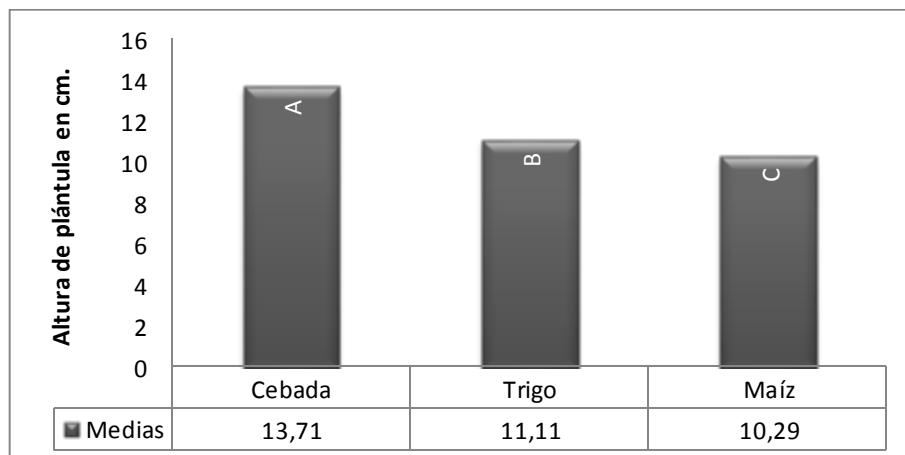


Figura 25. Pruebas de significación de Tukey al 5% para el factor semillas en la variable altura de plántula del análisis combinado.

En la prueba de significación de Tukey al 5% para el factor semillas (cuadro 9 y figura 25); se observan tres rangos de significación, el primer rango se ubicó en la semilla de la cebada con una media de 13,71 cm; en el segundo rango se ubicó la semilla de trigo con una media de 11,11 cm y por último se ubica la semilla de maíz con una media de 10,29 cm de altura de la plántula en los cuatro ciclos de siembra.

A continuación se presenta la prueba de significación de Tukey para el factor soluciones en la variable altura de plántula del análisis combinado.

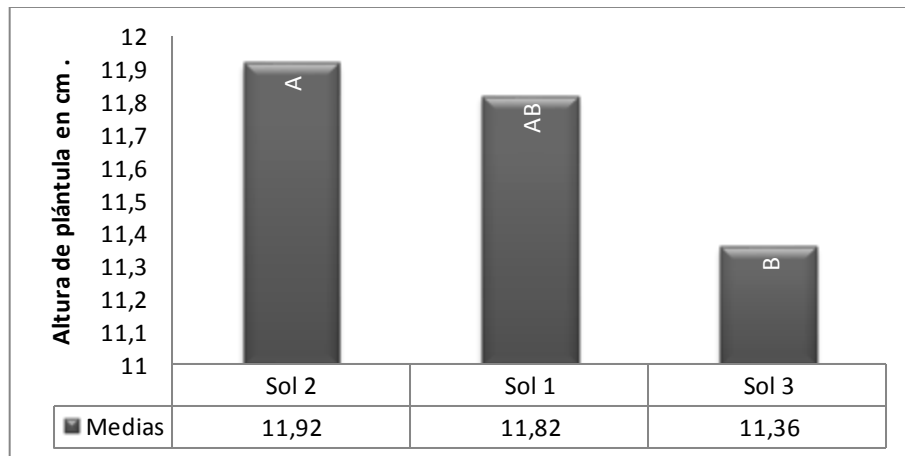


Figura 26. Pruebas de significación de Tukey al 5% el factor soluciones en la variable altura de plántula del análisis combinado.

En la prueba de significación de Tukey al 5% para las soluciones (cuadro 9 y figura 26); se observan dos rangos de significación, el primer rango se ubicó en la solución 2 con una media de 11,92 cm; y en el último rango se ubicó la solución 3 con una media de 11,36 cm de altura de la plántula en los cuatro ciclos de siembra.

A continuación se presenta la prueba de significación de Tukey para la interacción siembra \* semillas en la variable altura de plántula del análisis combinado.

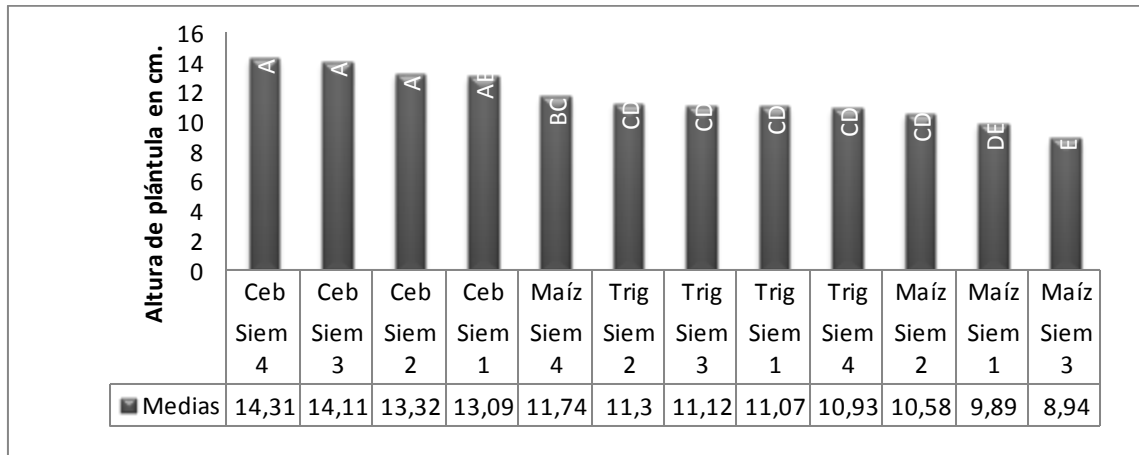


Figura 27. Pruebas de significación de Tukey al 5% para la interacción siembra \* semillas en la variable altura de plántula del análisis combinado.

En la prueba de significación de Tukey al 5% para la interacción siembra + semillas (cuadro 9 y figura 27); se observan cinco rangos de significación, el primer rango lo comparten las siembras 4, 3 y 2 + la semilla de la cebada con una media de 13,9 cm, mientras que en el último rango se ubica la interacción de la siembra 3 + la semilla de maíz con una media de 8,94 cm, de altura de la plántula en los cuatro ciclos de siembra.

A continuación se presenta la prueba de significación de Tukey para la interacción semillas \* soluciones en la variable altura de plántula del análisis combinado.

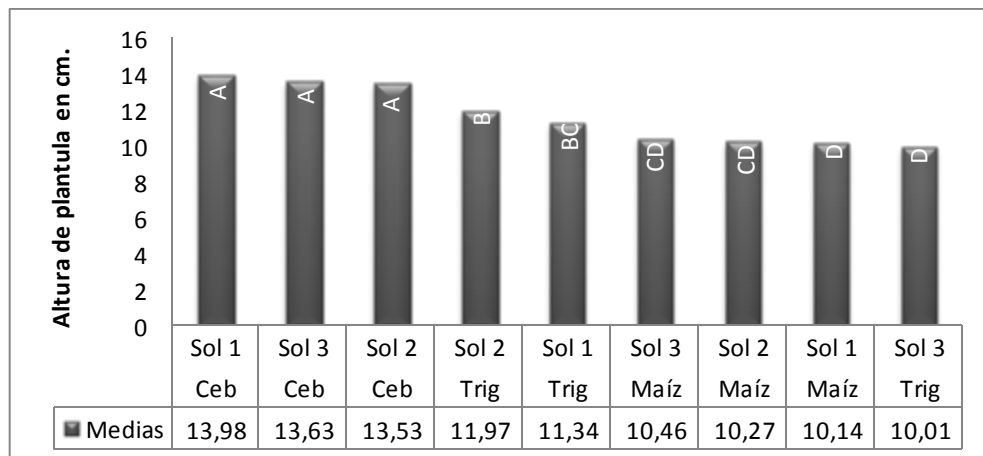


Figura 28. Pruebas de significación de Tukey al 5% para la interacción semillas \* soluciones en la variable altura de plántula del análisis combinado.

En la prueba de significación de Tukey al 5% para la interacción semillas + soluciones (cuadro 9 y figura 28); se observan cuatro rangos de significación, el primer rango lo comparten las semillas de cebada + la solución nutritiva 1,3 y 2 respectivamente con una media de 13,71 cm, y en el último rango se encuentran las interacciones de maíz + solución nutritiva 1 y la de trigo + solución nutritiva 3 con una media de 10,14 cm y 10,01 cm, de altura de la plántula en los cuatro ciclos de siembra.

#### 4.5.4. Biomasa Vegetal.

En el cuadro diez se presenta un análisis combinado de la variable peso de la biomasa vegetal con respecto a los cuatro ciclos de siembra.

Cuadro 10. Análisis de varianza combinada para la variable peso de la biomasa vegetal.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Siembra	1874528,77	3	624842,92	6,02	0,0010 **
Semillas	10556334,06	2	5278167,03	50,86	<0,0001 **
Soluciones	696651,72	2	348325,86	3,36	0,0404 **
Siembra*Semillas	3898963,65	6	649827,27	6,26	<0,0001 ns
Siembra*Soluciones	1385665,76	6	230944,29	2,23	0,0502 ns
Semillas*Soluciones	627357,22	4	156839,31	1,51	0,2080 ns
Siembra*Semillas*Soluciones	2495273,07	12	207939,42	2,00	0,0361 **
Error	7471972,67	72	103777,40		
Total	29006746,92	107			

Existe diferencia significativa para el factor siembra con una probabilidad del 0,0010%, de la misma manera se presenta significación para el factor semillas con una probabilidad del 0,0001%, para el factor soluciones también existió significancia con una probabilidad de 0,0404%, y también para la interacción siembra \* semillas \* soluciones con una probabilidad del 0,0361%, la no significación se presentó en las interacciones siembra \* soluciones y semillas \* soluciones, el coeficiente de variación es un poco alta con un 12,17% esto se puede dar por que el análisis que se está haciendo es conjunto.



En la prueba de significación de Tukey al 5% para la interacción siembra + semillas + soluciones (cuadro 10 y figura 29); se observan seis rangos de significación, el primer rango lo ocupa la interacción de la siembra 3 + la semilla de trigo + agua con un media de 3,5 kg, mientras que en el último rango se ubica la interacción de la siembra 1 + la semilla de maíz + la solución nutritiva 2 con una media de 1,8 kg de peso de biomasa vegetal en los cuatro ciclos de siembra, las otras interacciones son equivalentes entre sí de acuerdo a rango en el que se encuentren ubicados.

#### 4.6. GERMINACIÓN.

En el periodo de germinación de las diferentes especies, se observa que los tratamientos T1, T2 y T3 son los que más tiempo demoran en germinar estos tratamientos pertenecen a la semilla de maíz; mientras que los tratamientos T4, T5, T6, T7, T8, y T9 que corresponden a las semillas de trigo y cebada tienen un periodo de germinación promedio de dos días.

En la siguiente figura se presentan los datos promedios del porcentaje de germinación que obtuvieron todos los tratamientos en cada ciclo de siembra.

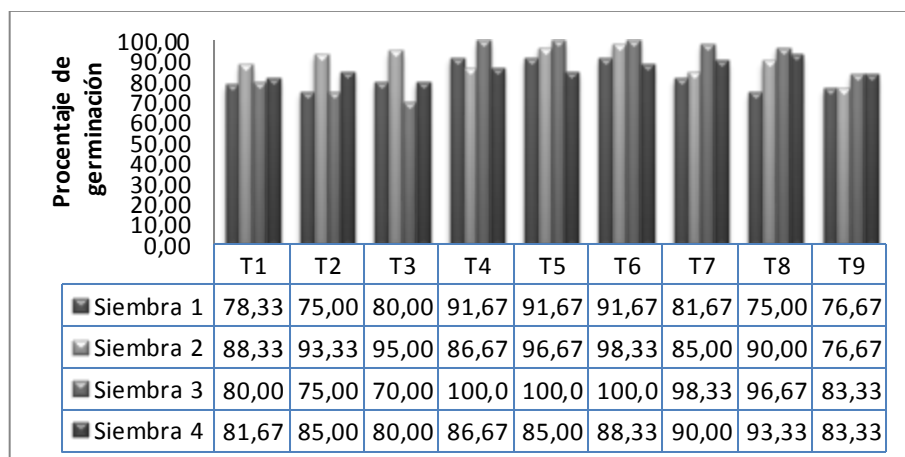


Figura 30 Porcentaje de germinación.



En el porcentaje de germinación que obtuvieron los diferentes tratamientos durante los cuatro ciclos de siembra, se puede observar que T4, T5 y T6 obtuvieron el 100% de germinación en la siembra tres, mientras que el tratamiento T3 presentó el menor porcentaje de germinación 70%.

En la siguiente figura se presentan los datos promedios del porcentaje de germinación de los cuatro ciclos de siembra.

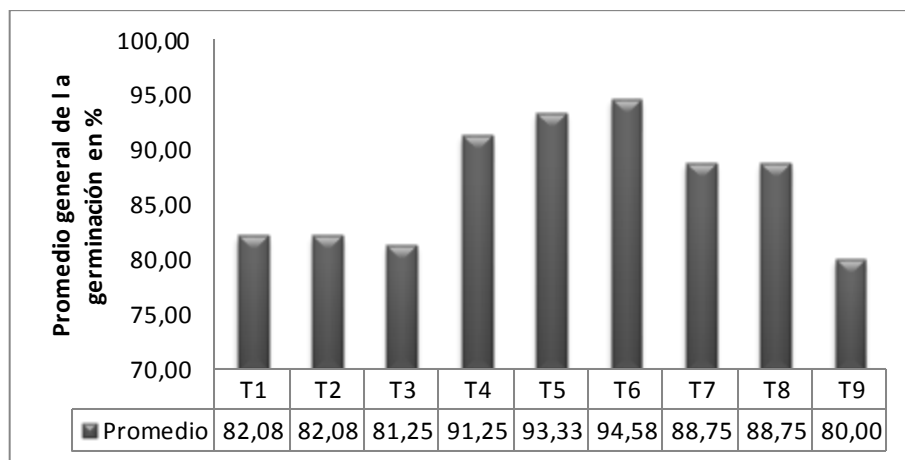


Figura 31 Porcentaje promedio de germinación.

En la figura 31 se puede observar el porcentaje promedio de germinación de todos los tratamientos, en este caso el tratamiento T6 (trigo + agua) fue el que mayor porcentaje de germinación presentó durante los cuatro ciclos de siembra con un 94,5 %, mientras que el tratamiento T9 (cebada + agua) fue la que menor porcentaje de germinación presentó con un 80%.

#### 4.7. LONGITUD DE RAÍZ.

En la siguiente figura se presentan los datos promedios de la longitud de raíz de cada uno los tratamientos obtenidos en cada ciclo de siembra.

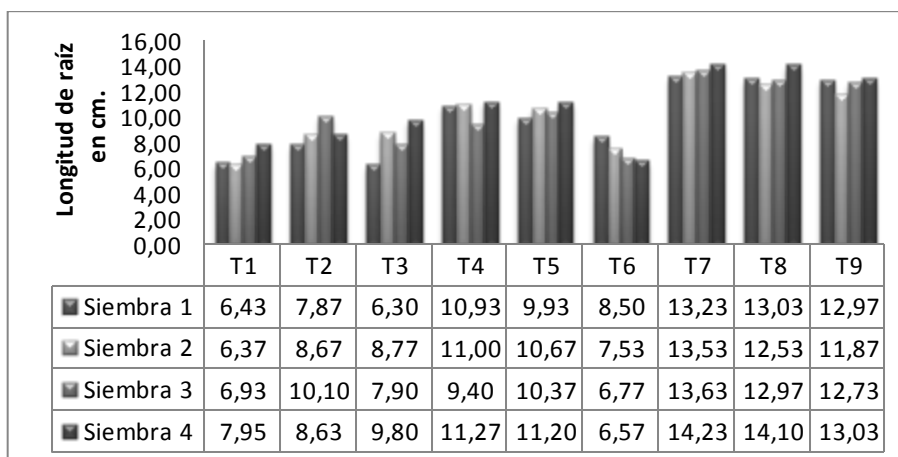


Figura 32. Longitud de raíz.

En la figura 32 se puede observar la longitud de raíz que obtuvieron los diferentes tratamientos durante los cuatro ciclos de siembra, siendo el tratamiento T7 (cebada + solución nutritiva 1) en la siembra 4 es la que mayor longitud de raíz obtuvo; mientras que el tratamiento T3 (Maíz + agua) en la siembra número 1 fue la que menor longitud de raíz obtuvo.

En la siguiente figura se presentan los datos promedios del porcentaje de longitud de raíz que obtuvieron todos los tratamientos en los cuatro ciclos de siembra.

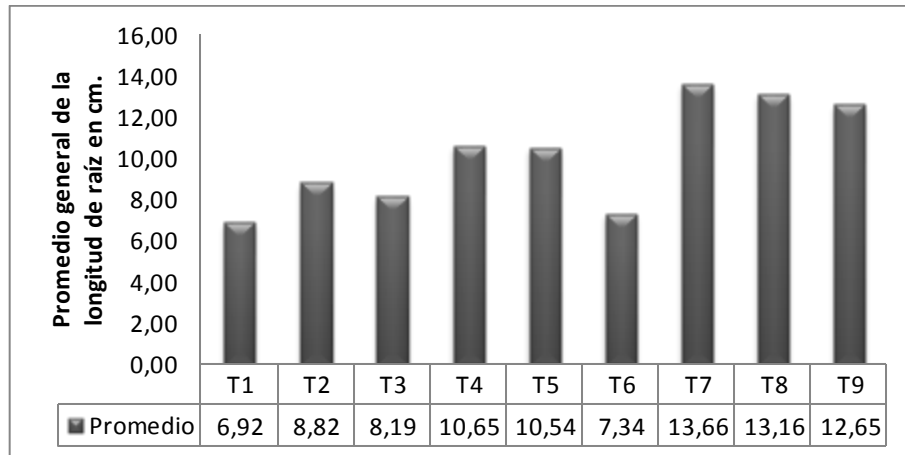


Figura 33. Longitud de raíz promedio.

En la figura 33 podemos observar la longitud promedio general de los diferentes tratamientos que obtuvieron durante los cuatro ciclos de siembra, en este caso el tratamiento T7 (cebada + solución nutritiva 1) fue el tratamiento con la mayor longitud promedio de raíz con 13,6 cm mientras que el tratamiento T1 (maíz + solución nutritiva 1) fue el tratamiento con la menor longitud de raíz con un 6,92 cm.

#### 4.8. LONGITUD DEL TALLO.

En la siguiente figura se presentan los datos promedios de la longitud del tallo obtenidas al 6<sup>to</sup>, 10<sup>mo</sup> y 15<sup>vo</sup> día durante los cuatro ciclos de siembra.

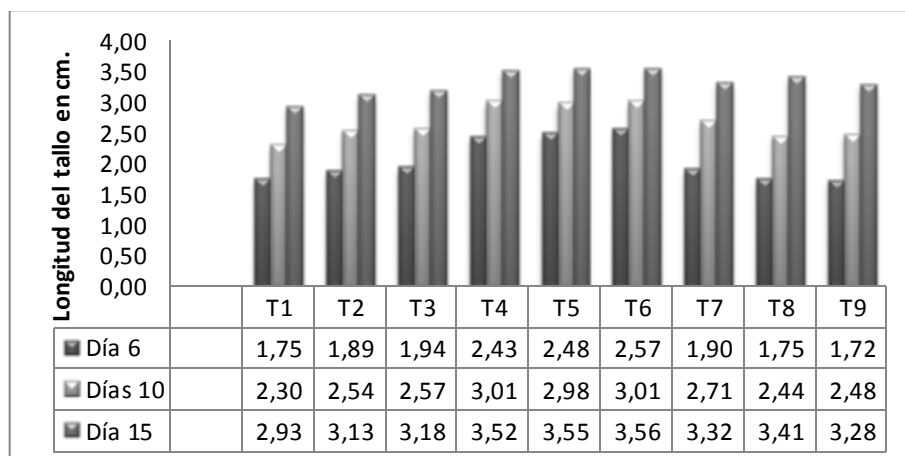


Figura 34. Longitud del tallo

En la figura 34 se observa la longitud promedio del tallo durante el 6<sup>to</sup>, 10<sup>mo</sup>, y 15<sup>avo</sup> día; en este caso el tratamiento T6 ( trigo + agua) es el que mayor longitud de tallo presento con un 3,56 cm, mientras que el tratamiento T1 (maíz + solución nutritiva 1) fue el que menor longitud de tallo presento con un 2,93 cm; cabe recalcar que en el día 6 tanto el tratamiento T1 (maíz + solución nutritiva 1) y T8(cebada + solución nutritiva 2) presentaron el mismo promedio de longitud del tallo para al finalizar el ciclo del cultivo al día 15 se observa claramente la diferencia que existe entre el tratamiento T1 y T8.

En la siguiente figura se presentan los datos promedios de la longitud del tallo obtenidas durante los cuatro ciclos de siembra

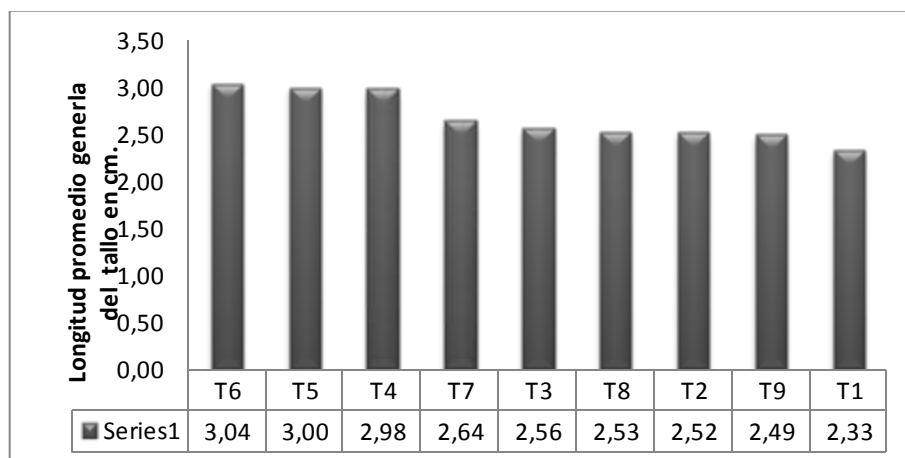


Figura 35. Longitud promedio del tallo

En la figura 35 se observa el promedio general de la longitud del tallo de todos los tratamientos, en este caso el tratamiento T6 (trigo + agua) fue el de mayor longitud de tallo obtuvo con 3,04 cm, mientras que el tratamiento T1 (maíz + solución nutritiva 1) fue la que menor longitud obtuvo con apenas 2,33 cm.

#### 4.9. ALTURA DE LA PLÁNTULA.

En la siguiente figura se presentan los datos promedios de la altura de la plántula obtenidas durante el 10<sup>mo</sup>, 12<sup>vo</sup> y 15<sup>vo</sup> día en los cuatro ciclos de siembra.

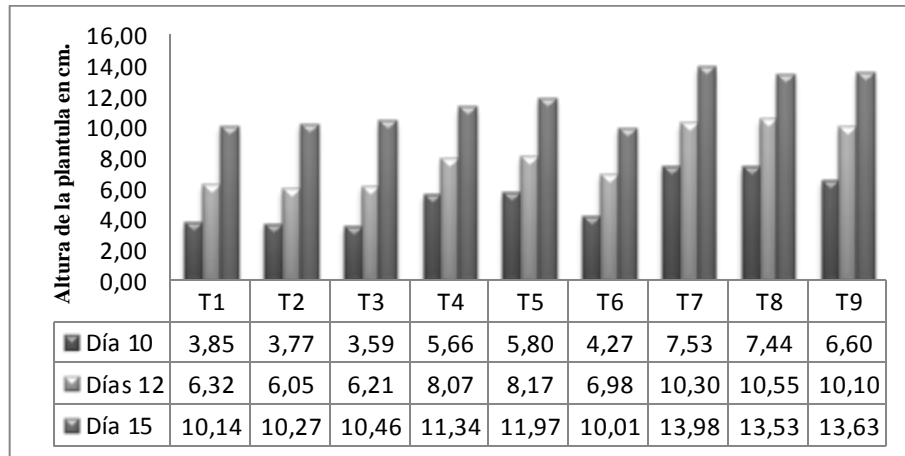


Figura 36. Altura de la plántula

En la figura 36 se puede observar la altura promedio de las plántulas durante el 10<sup>mo</sup>, 12<sup>vo</sup> y 15<sup>vo</sup> día, en este caso el tratamiento T7 (cebada + solución nutritiva 1) es la que mayor altura obtuvo a los 15 días con 13,98 cm mientras que el tratamiento T1 (maíz + solución nutritiva 1) es la que menor altura ganó con apenas 10,14 cm.

En la siguiente figura se presentan los datos promedios de la altura promedio de los cuatro ciclos de siembra.

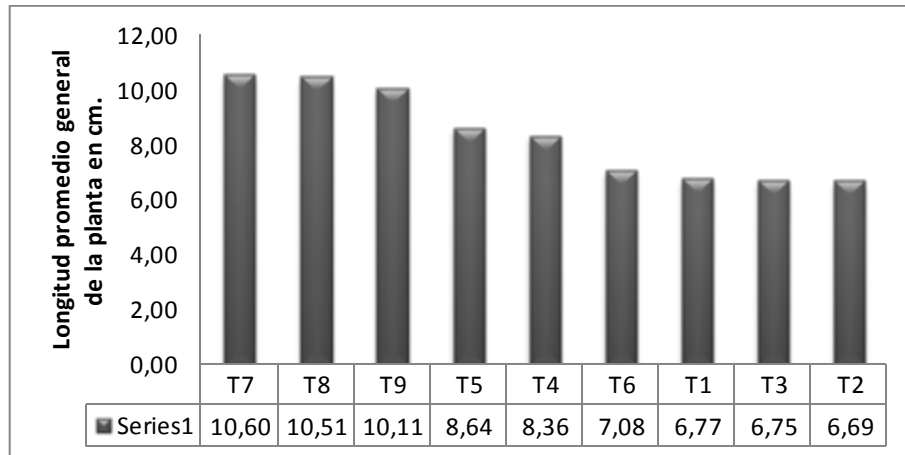


Figura 37. Altura promedio general de la plántula.

En la figura 37 se muestra la altura promedio de cada uno de los tratamientos obtenidos durante los cuatro ciclos de siembra, en este caso el tratamiento T6 (trigo + agua) es la que mayor altura obtuvo con 10,6 cm, y el tratamiento que obtuvo la menor altura fue el T2 (maíz + solución nutritiva 2) con 6,69 cm.

#### 4.10. DÍAS A LA COSECHA.

En los días a la cosecha de las diferentes especies, se observa que absolutamente todos los tratamientos se cosecharon al días 15 después de haberse sembrado, en este caso se realizó en este día para que todos los tratamientos estén en igualdad de condiciones.

#### 4.11. PESO DE LA BIOMASA VEGETAL.

En la siguiente figura se presentan los datos promedios del peso de la biomasa vegetal obtenidos durante el 10<sup>mo</sup>, 12<sup>vo</sup> y 15<sup>vo</sup> día en los cuatro ciclos de siembra

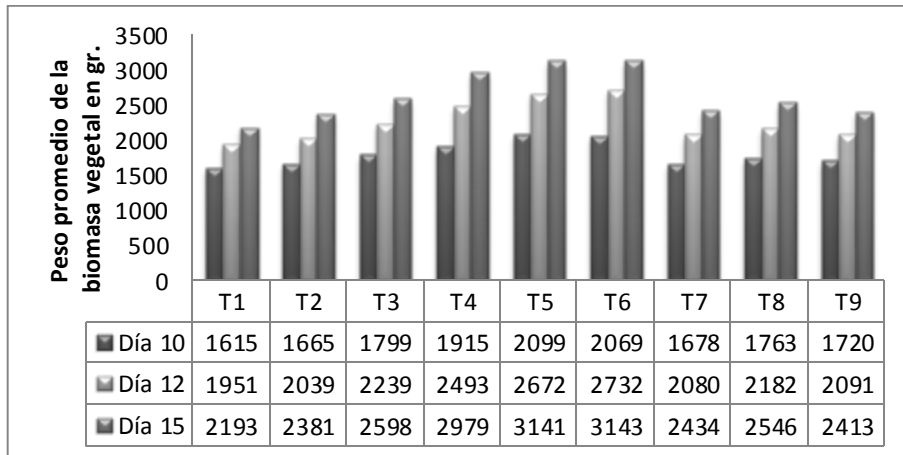


Figura 38. Peso de la biomasa vegetal

En la figura 38 se encuentran los pesos promedios por bandeja obtenidos al 10<sup>mo</sup>, 12<sup>vo</sup> y 15<sup>vo</sup> día de cada uno de los tratamientos, pudiéndose observar que el tratamiento T6 (Trigo + agua) es el F.V.H con 3,143 kg, mientras que el tratamiento T1 (maíz + solución nutritiva 1) es el que menor peso obtuvo con 2,193 kg. Lo que equivale a un rendimiento promedio por m<sup>2</sup> de 9,429 Kg. del tratamiento T6. Y de 8,77 kg por m<sup>2</sup> con el tratamiento T1.

En la siguiente figura se presentan los datos promedios de la altura de la plántula obtenidas durante los cuatro ciclos de siembra

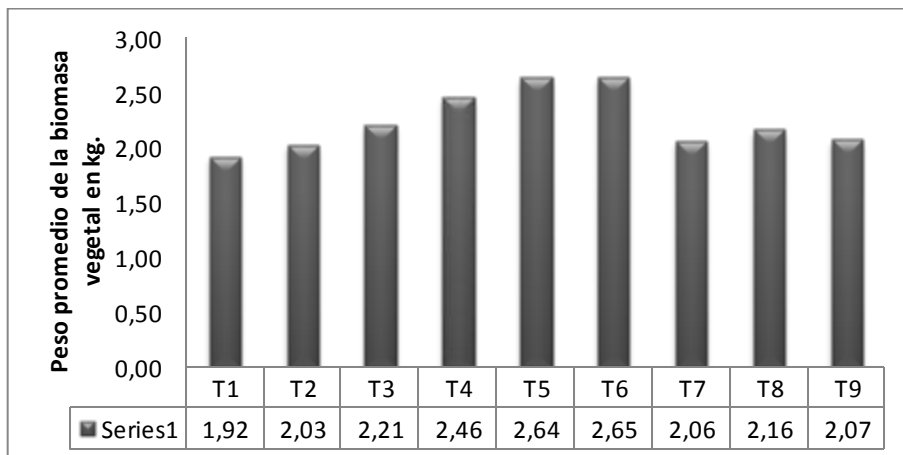


Figura 39. Peso promedio general de la biomasa vegetal.

En la figura 39 se observa el peso promedio general obtenido por los tratamientos en los cuatro ciclos de siembra, de esta manera podemos observar que el tratamiento con el mayor peso de biomasa vegetal es el T6 (trigo + agua) con un promedio de 2,65 kg, y el tratamiento con el menor peso es el T1 (maíz + solución nutritiva1) con 1,92 kg.

#### 4.12. ANÁLISIS ECONÓMICO

A continuación se presenta los costos variables, el beneficio y la tasa de retorno marginal de los tratamientos en estudio.

Cuadro 11. Tasa de Retorno Marginal del FVH de los Tratamientos en Estudio.

N <sup>a</sup>	Co d	Identificación	INGR ESO	COSTO VARIABLE	BENEF ICIO	DO MI	COSTO MARGI NAL	BENEFI CIO MARGI NAL	TASA DE RETOR NO MARGI NAL
T 8	A3 B2	Semillas de cebada + la solución nutritiva 2	2,16	0,70	1,47	ND	0,02	0,07	349,74
T 7	A3 B1	Semillas de cebada + la solución nutritiva 1	2,07	0,67	1,39	ND	0,01	0,00	20,39
T 9	A3 B3	Semillas de cebada + agua ( testigo)	2,05	0,66	1,39	ND			
T 3	A1 B3	Semilla de maíz + agua ( testigo)	2,08	0,88	1,20	D			
T 6	A2 B3	Semilla de Trigo + agua ( testigo)	1,89	0,70	1,19	D			
T 5	A2 B2	Semilla de Trigo + la solución nutritiva 2	1,88	0,74	1,15	D			
T 4	A2 B1	Semilla de Trigo + la solución nutritiva 1	1,79	0,71	1,07	D			
T 2	A1 B2	Semilla de maíz + la solución nutritiva 2	1,91	0,92	0,99	D			
T 1	A1 B1	Semilla de maíz + la solución nutritiva 1	1,75	0,89	0,86	D			

Fuente: Perrin *et al.* (1976).

El análisis del presupuesto parcial de Perrin *et al* en esta investigación determinó que el tratamiento T8 (cebada + solución nutritiva 2), presenta la mayor TRM con el 349,74%, a continuación le sigue el tratamiento T7 (cebada + solución nutritiva 1) con una TRM del 20,39 %.



## V. DISCUSIÓN.

### 5.1. GERMINACIÓN.

En el proyecto se utilizaron semillas de maíz trigo y cebada ya que se consideró que estas especies eran las más aptas para la producción de forraje verde hidropónico, lo que coincide con Valdivia (1996), Lomelí (2000), Ceballos y García, (1992), citados por Romero et al (2009) al indicar que la semilla más empleadas son las de maíz, cebada, trigo y sorgo.

Las dos especies que más rápido germinaron fueron el trigo y la cebada con un promedio de dos días, contrario a lo que pasó con el maíz que tuvo un promedio de cinco días; los resultados obtenidos en este experimento como en el caso de la cebada es inferior a los registrados por Calles D. (2005), quien en su estudio de producción de FVH de cebada, registró una media general de 2,97 días, como tiempo de inicio de germinación, en el caso del trigo y del maíz los resultados obtenidos concuerda con los obtenidos por Lomelí (2000), que decidió utilizar semilla de trigo sobre maíz, sorgo, avena y lenteja, debido a que el maíz tarda más en el proceso de germinación y de producción.

Por otro lado la especie con el mejor porcentaje de germinación fue el trigo y entre este el mejor tratamiento el T6 (trigo + agua) con el 94,58 %, a continuación se encontró la cebada con un porcentaje promedio del 86%, y por último se encontró la semilla de maíz con el 82%; estos resultados son similares a los registrados por Calles (2005), quien obtuvo porcentajes de germinación del 90,82 % al cultivar FVH de cebada, con la utilización de diferentes niveles de azufre, mientras que los resultados obtenidos en el maíz son similares a los obtenidos por León (2005), quien al cultivar FVH de maíz con diferentes periodos de luz y soluciones nutritivas , determino porcentajes de germinación que van desde los 60,68% hasta los 94,55%, mientras que

los resultados obtenidos en el trigo fueron superiores a los obtenidos por Navarrete (2008) 79,87% en su estudio de la productividad de dos gramíneas (*Hordeum vulgare* y *Triticum aestivum*) y una leguminosa (*Vicia sp*) para Forrajes verdes hidropónicos (FVH) con tres cortes sucesivos en la granja ECAA

Esto también permite determinar que las semillas utilizadas en experimento fueron de un alto poder germinativo y que se encuentran dentro de los parámetros normales de germinación, lo cual coincide con Izquierdo (2002) que manifiesta que las semilla que van a ser utilizadas en la producción de FVH deben tener un porcentaje mínimo de germinación en lo posible mayor o igual a 70 -75%; para evitar pérdidas en los rendimientos de FVH.

## **5.2. Producción de Biomasa Vegetal.**

### **5.2.1. Cebada.**

Luego de haber analizado los resultados obtenidos en los tratamientos T7 (cebada + solución nutritiva 1), T8 (cebada + solución nutritiva 2) y T9 (cebada + agua ) se puede considerar que el tratamiento T7 (cebada + solución nutritiva 1) fue el mejor en la producción de biomasa vegetal, puesto que los datos promedios obtenidos tanto en la longitud de la raíz con el 13,66 cm, como en la longitud del tallo con el 2,64 cm, y en la altura de la planta con 10,60 cm, fueron los valores más altos entre los tratamientos.

Estos resultados son similares con lo expuesto por Calles, D. (2005) citado por Gómez, M. (2007) al no determinar diferencias estadísticas entre los diferentes niveles de azufre aplicadas para el cultivo de FVH de cebada, donde determinó que la longitud promedio de la raíz era de 12,09 y 15,05 cm, a los 15 días. Con respecto a la longitud promedio del tallo, se registraron datos inferiores, con relación a los expuestos por Calles, (2005) donde la longitud más baja que obtuvo fue de 7,47 cm utilizando 20 ppm de azufre en el cultivo de FVH de cebada. Al comparar los resultados de la altura de la

plántula, con lo manifestado por Alpi, (1995) citado por Gómez, M. (2007) se puede considerar que se encuentran dentro de los parámetros normales ya que este autor dice que el ciclo de producción del FVH de cebada es de 10 a 15 días y que en ese periodo alcanza una altura promedio de 12,5cm.

### 5.2.2. Trigo

Luego de haber analizado los resultados obtenidos en los tratamientos T4 (Trigo+ solución nutritiva 1), T5 (Trigo + solución nutritiva 2) y T6 (Trigo + agua), se puede considerar que el tratamiento T5 (Trigo + solución nutritiva 1) fue el mejor en la producción de biomasa vegetal, con una altura promedio total de 22,18 cm, cabe recalcar que los resultados obtenidos en el trigo no guardan relación unos con otros si se los analiza individualmente.

En el caso de la longitud de raíz el tratamiento T4 (trigo +solución nutritiva 1 ) fue el que obtuvo el mejor resultado con 10,65 cm de longitud. Con relación a la longitud promedio del tallo el tratamiento T6 (trigo + Agua) fue el que supero a los otros tratamientos con una longitud promedio de 3,04 cm, y con respecto a la altura de la plántula el mejor resultado lo obtuvo el tratamiento T5 (trigo + solución nutritiva 2) con 8,65cm. este último resultado es menor al obtenido por Navarrete (2008) quien manifiesta que obtuvo una altura promedio de 10,59 cm.

Cabe señalar que la germinación del trigo fue la más homogénea, pero fue atacada por *Fusarium graminearum* que es un hongo que pudo influenciar en los resultados obtenidos en esta investigación, esto concuerda con lo manifestado por el Dr. Ochoa jefe del departamento de patologías del INIAP de Santa Catalina, quien dice que este hongo causa algunas patologías como pudriciones que tarde o temprano provocara el colapso de las plántulas.

### 5.2.3. Maíz

Luego de haber analizado los resultados obtenidos en los tratamientos T1 (maíz + solución nutritiva 1), T2 (maíz + solución nutritiva 2) y T3 (maíz + agua), se puede considerar que el tratamientos T2 (maíz + solución nutritiva 2) fue el mejor en la producción de biomasa vegetal, con una altura promedio total de 18,03 cm,

Con relación a la longitud de la raíz el tratamiento que, mejor resultado obtuvo fue el T2 (maíz + solución nutritiva 2) con 8,82 cm, en cuanto a la longitud promedio del tallo el tratamiento T3 (maíz + agua) fue el mejor con un promedio de 2,56 cm. y con relación a la altura de las plántulas el mejor tratamiento fue el T1 (maíz + solución nutritiva 1) con una altura promedio de 6,77cm.

Los resultados obtenidos en la longitud de raíz son inferiores a los registrados por Gómez, (2007) ya que al día 15 la longitud de la raíz del FVH fue de 13,26 cm en promedio y esto es corroborado con los datos registrados por León, (2005) ya que al día 18 la longitud de la raíz del FVH fue de 20,01 cm en promedio, con relación a la altura de plántula lo resultados obtenidos también son inferiores a los registrados por Gómez (2007) ya que el obtuvo a los 16 días de cultivo, un promedio de 11,61 cm respectivamente.

### 5.2.4. Análisis general.

Después de haber analizado por separado a cada una de las especies, se realizó un análisis conjunto, cuyo resultado dio que los tratamientos en los que se aplicó soluciones nutritivas fueron los mejores, y que la especie con mayor rendimiento de biomasa vegetal fue la cebada y entre estas el tratamiento el T7 (cebada + solución nutritiva 1) con una altura total de 26,90 cm, esto concuerda con lo reportado por Romero, (2009)

en su investigación en la cual concluye que la cebada rindió un 5% más que el trigo en el mismo lapso de tiempo pero su contenido en proteína era menor que éste.

Con respecto a la utilización de soluciones nutritivas, coincide con Hidalgo (1985), y Dosal (1987), que manifiestan que la fertilización en la producción de FVH resulta positiva como para recomendar su uso. De la misma manera León (2009) recomienda utilizar abonos foliares iniciales en la producción de FVH de maíz ya que garantiza un mejor valor nutricional del forraje.

### **5.3. Rendimiento Y Periodos De Producción.**

La especie con mayor rendimiento fue el trigo y el mejor tratamiento entre estas fue el T6 (trigo + agua) con 2,65 Kilogramos por kilogramos de semilla sembrada, a continuación le sigue la cebada y entre estas el mejor tratamiento fue el T8 (cebada + solución nutritiva 2) con 2,16 Kilogramos por kilogramos de semilla sembrada, y por último se encontró el maíz con el tratamiento T3 (maíz + agua) con un peso promedio de 2,21 Kilogramos por kilogramos de semilla sembrada, cabe recalcar que todos los especies tuvieron un periodo de producción de 15 días.

Estos resultados son mayores a los obtenidos por Sinchiguano M (2008) en su investigación ya que ella obtuvo rendimientos de 1,7 kilogramos en el caso de la cebada, en el maíz obtuvo un rendimiento de 1,0 Kilogramo y en el caso del trigo rendimientos de 1,2 Kilogramos por kilogramo de semilla sembrada, los datos tomados por Sinchiguano, fueron tomados en un periodo de producción de 15 días excepto el maíz que fue tomada a los 17 días. Por otra parte Calderón (1992) manifiesta que los rendimientos esperados por cada kilogramo de semilla sembrada serían entre 7,3 a 9 kg de FVH sin especificar ninguna especie.

Los rendimientos obtenidos en la investigación comparadas con otras fuera del país, son menores, como lo manifiesta la FAO (2001) quien afirma que en Uruguay se han obtenido rendimientos 12 a 18 Kilogramos de FVH de cebada por kilogramo de

semilla sembrada, posiblemente, esto se deba a las condiciones en las que se haya desarrolla el proyecto y a la experiencia en la técnica de producción de FVH, que tenga ese país.

#### **5.4. Valores Nutricionales De Los F.V.H.**

##### **5.4.1. Humedad.**

El contenido promedio de humedad de los forrajes evaluados fue del 79,51% los tratamientos con mayor porcentaje de humedad fueron los de trigo, a continuación fueron los de cebada y por último los de maíz. El porcentaje más alto de humedad lo obtuvo el tratamiento T6 (trigo + agua) con el 86,21% y el porcentaje más bajo fue el del tratamiento T1 (maíz + solución nutritiva 1) con 79,51%, estos datos están acordes con el análisis proximal realizados por Sinchiguano (2008).

##### **5.4.2. Ceniza.**

En cuanto a al contenido de ceniza de las especies forrajeras se determinó un promedio del 2,99 % sin embargo se estableció un mayor contenido de ceniza en el tratamiento T8 (cebada + solución nutritiva 2) con un 3,77% y el menor valor lo obtuvo el tratamiento T1 (maíz + solución nutritiva 1) con el 2,31% estos resultados están acordes a los resultados obtenidos por Sinchiguano M (2008). Excepto en el caso de la cebada ya que el porcentaje obtenido en este proyecto para esta especie fue del 3,5% superando de esta manera al 2,4% de Sinchiguano M. (2008).

##### **5.4.3. Extracto etéreo.**

Para el contenido de extracto etéreo se estableció un promedio general entre los tratamientos del 3,32%, determinándose que el mayor contenido lo obtuvo el maíz con un promedio del 4,08 % y el mejor tratamientos entre estos el T1 ( maíz + solución nutritiva 1) ; a continuación le siguió el FVH de trigo con un promedio del 2,7 % y el

mejor tratamiento fue el T6 (Trigo + agua) con 2,86% E.E. Por último se ubicó el FVH de cebada con un promedio del 2,6% y el mejor tratamiento entre estos fue el T7 (cebada + solución nutritiva 1) con 2,7%. Estos resultados no guardan diferencia por los obtenidos por Sinchiguano M. (2008).

#### **5.4.4. Proteína.**

El promedio general de la proteína fue del 14,88% superando al 12,02% obtenido por Sinchiguano M. (2008). La especie con mayor contenido de proteína cruda fue el trigo con 17,8% y el mejor tratamiento entre estos fue el T4 (Trigo + solución nutritiva 1) con un 19,4%. Luego le sigue la cebada con un porcentaje de proteína cruda del 14,8%, el mejor tratamiento entre estos fue el T7 (cebada + solución nutritiva 1) con el 15,28%, por último se ubicó el maíz con un promedio del 12% de proteína cruda, y el mejor resultado entre estos lo obtuvo el tratamiento T3 (maíz + agua) con el 12,78%.

Estos resultados son similares a los obtenidos por Sinchiguano (2008), excepto en el caso de la cebada ya que el porcentaje proteico general obtenido en este caso fue del 14,02% superando de esta manera al 10,01% que obtuvo Sinchiguano en su investigación.

Por otro lado los tratamientos en los que se utilizó las soluciones nutritivas tuvieron un mayor contenido proteico que el testigo excepto en el caso del maíz; en experimentos similares realizados por Dosal (1987), indican que riegos con soluciones nutritivas, presentan al término de la primera semana, un mayor contenido proteico que el testigo.

#### **5.4.5. Fibra cruda.**

El porcentaje de Fibra cruda obtenida en los diferentes tratamientos dio un porcentaje general del 17,76%, este resultado fue menor al obtenido por Sinchiguano (2008), quien obtuvo el 20,46%.

La especie con el mayor porcentaje de fibra cruda fue la cebada con el 22,09% y el mejor entre los tratamientos fue el T7 (cebada + solución nutritiva 1) con el 23,54%, a continuación le siguió el trigo con un porcentaje del 20,8%, y el mejor tratamiento entre estos fue el T4 (trigo + solución nutritiva 1) con el 21,01%, por último se ubicó el maíz con un porcentaje del 9,6%, y el mejor tratamiento entre estos fue el T3 (maíz + agua) con el 11,14%.

Estos resultados no concuerdan con los obtenidos por Sinchiguano M. (2008), ya que los porcentajes de fibra cruda, como en el caso del maíz con el 24,2% son superiores. Por lo contrario en el caso de la cebada el 22,9%, supera a los 12,5% de fibra cruda obtenida por Sinchiguano.

#### **5.5.6. Extracto libre de nitrógeno E.L.N.**

En cuanto al E.L.N se estableció un promedio del 61,50%, la especie con el mejor porcentaje de E.L.N fue el maíz con un 72,6%, el mejor tratamiento entre estos fue el T2 (maíz + solución nutritiva 2) con el 76,68%, a continuación le sigue la cebada con un porcentaje del 56,2%, el mejor tratamiento entre estos fue el T8 (cebada + solución nutritiva 2) con un porcentaje del 57,10% y por último se ubica el trigo con un porcentaje del 55,8%, y el mejor tratamiento entre estos fue el T6 (trigo + agua) con el 57,3%.

Los resultados como en el caso de la cebada tiene un 17% menos de los obtenidos por Sinchiguano M. (2008), en el caso del maíz se tiene un 13,55% más, y con respecto al trigo los resultados son similares.



### **5.6.0. Análisis Económico.**

Según el análisis de presupuestos parciales de Perrin *et al.* (1976), realizado a los tratamientos investigados se registra que los tratamientos T7 (cebada + solución nutritiva 1), y T9 (cebada + agua) son los tratamientos más económicos sin embargo el tratamiento T8 (cebada + solución nutritiva 2) es la que presentó la mayor tasa marginal de retorno acumulada correspondiente al 349,74%, esto quiere decir que se recuperaría el 349,74%, de la inversión inicial, o también que por cada 0,02 dólares invertidos se obtendrá una ganancia de 0,07dólares.

Los mejores resultados tanto en la ámbito de calidad, producción, y productividad son en los que se utilizan las soluciones nutritivas como en el caso del tratamiento T7 (cebada + solución nutritiva 1), esto es ratificado por León K y Capelo W (2008) que manifiestan que los tratamientos con la mejor productividad, y el mejor beneficio costo lo obtuvieron con los tratamientos en los que aplicaron SNH (soluciones nutritivas iniciales).

## VI. CONCLUSIONES.

Los resultados obtenidos en la presente investigación permiten llegar a las siguientes conclusiones.

- Al aplicar soluciones nutritivas en la producción de FVH los resultados reflejan una incidencia en las características forrajeras de los cultivos obtenidos, sin embargo para cada combinación de especie y solución nutritiva aplicada, se obtienen resultados distintos, motivo por el cual no se puede determinar una solución nutritiva óptima genérica y por el contrario la solución a utilizarse debe ser escogida de acuerdo a la especie y a las necesidades nutricionales que se desee obtener de esta.
- Para las condiciones donde se desarrollo el proyecto de investigación, es decir en el Cantón Mocha provincia de Tungurahua, los mejores resultados se obtuvieron en el cultivo de cebada aplicando una solución nutritiva compuesta en su mayoría de fosfato mono amónico (6,39%), nitrato de calcio (39,13%), nitrato de potasio (20,69%), nitrato de magnesio (23,37%), sulfato de magnesio (9,25%), quelato de hierro (0,94), y el (0,23%) restante se encuentran en, sulfato de manganeso , sulfato de cobre , sulfato de zinc, sulfato de cobalto, ácido bórico y molibdato de amonio, con lo cual se obtuvo un incremento del 4,12% del peso de la biomasa vegetal en comparación a un cultivo producido estrictamente con agua.
- Según el análisis económico se determinó que la elaboración y el uso de las soluciones nutritivas son factibles y que generan ganancias al incrementar las características comerciales del FVH, lo cual permite demostrar la viabilidad financiera positiva para esta investigación.

- Con respecto a la producción del forraje verde hidropónico de trigo, esta se vio comprometida a lo largo de toda la investigación por el hongo *Fusarium graminearum* el cual provocó el colapso de todas las plántulas. Como conclusión se puede decir que las condiciones micro ambientales que necesita y el manejo de esta especie son diferente a las otras.
- En cuanto a la calidad nutricional del FVH, los mejores resultados se obtuvieron en el cultivo de cavada al aplicar las soluciones nutritivas, con el cual se obtuvo un incremento del 1,12% de proteína y del 0,07% en lo que es fibra en comparación a un cultivo producido solamente con agua.
- Con los resultados obtenidos se determina que la creación de nuevas soluciones nutritivas para los F.V.H es viable, debido a las ventajas que estas brindaron tanto en producción y calidad en cada una de las especies utilizada en esta investigación.
- La producción de FVH constituye una técnica alternativa al uso de suplementos alimenticios en la producción pecuaria, que además de ser sana y nutritiva resulta ser económicamente rentable.
- Finalmente, los resultados y los procesos de esta investigación, fueron transmitidas a los pequeños, medianos y grandes productores de la zona, con la finalidad de obtener un beneficio social, que en este caso se lo vería reflejado en el cambio de la actitud de las familias y de las comunidades, que dejarían de ser miembros pasivos para convertirse en miembros activos en el proceso de su propio desarrollo.

## VII. RECOMENDACIONES.

- De acuerdo a los resultados obtenidos en esta investigación, es recomendable determinar las necesidades nutricionales de cada especie, para de esta manera aplicar la solución nutritiva más adecuada.
- De acuerdo a los resultados obtenidos y a las observaciones realizadas en esta investigación sería recomendable conducir, al menos, otro experimento para probar nuevas densidades de siembra, períodos pos-germinación, temperaturas óptimas para la producción, y la cantidad, tiempos y lapsos de riegos que necesita cada especie por día.
- Por los resultados obtenidos en la producción del forraje verde hidropónico del trigo se recomienda realizar nuevos estudios alternativos para la desinfección y control de patógenos en esta especie.
- De la misma manera por la presencia del hongo *Fusarium graminearum* en el trigo se recomienda realizar estudio sobre las intoxicaciones causada por los hongos y mico toxinas en animales para poder responder de esta manera la necesidad de advertir a los criadores sobre los riesgos sanitarios y económicos que implica la contaminación de cultivos forrajeros cuando se producen en condiciones inadecuadas, sobre todo en periodos de alta temperatura y humedad que constituye dos factores determinantes para la aparición y propagación de los patógenos lo cual afecta la inocuidad de los forrajes y por consiguiente la salud de los animales.

## VIII. RESUMEN.

Este proyecto fue llevado a cabo en el caserío Acapulco del cantón Mocha provincia de Tungurahua con el objetivo de evaluar el efecto de dos soluciones nutritivas en la producción y calidad del forraje verde hidropónico de maíz, trigo y cebada. Se empleó un diseño de bloques al azar (DBCA) con tres repeticiones y cuatro siembras, se analizaron nueve tratamientos. Las variables a medir fueron ocho, fecha de inicio de la germinación dada en días; el porcentaje de germinación; la longitud promedio de raíz dada en cm; la longitud promedio de tallo (cm); la altura de la planta (cm); el tiempo a la cosecha del FVH.; el peso promedio de la biomasa vegetal del FVH y el análisis nutricional de los forrajes verdes hidropónicos. A todas estas variables se les realizó el análisis de varianza y prueba de Tukey al 5%. En la investigación, los mejores resultados, al obtener una mayor biomasa vegetal fueron los tratamientos T7 (cebada + solución nutritiva 1) y T8 (cebada + solución nutritiva 2). Desde el punto de vista económico el tratamiento T8 (cebada + solución nutritiva 2) fue el mejor con una tasa marginal de retorno del 349,74%.

## **IX. SUMARY.**

This project was carried out in the village of Canton Mocha Acapulco Tungurahua province in order to evaluate the effect of two nutritional solutions in production and hydroponic forage quality of maize, wheat and barley. We used a randomized block design (RCBD) with three replications and four crops, nine treatments were analyzed. The variables measured were eight, start date given in days germination, the germination percentage, the average length of root given em cm, the mean length (cm), plant height (cm), the harvest time FVH., the average weight of FVH plant biomass and nutrient analysis of hydroponic green fodder. All these variables underwent analysis of variance and Tukey test at 5%. In the research, the best results, to achieve greater plant biomass were the treatments T7 (barley + nutrient solution 1) and T8 (barley + nutrient solution 2). From the economic viewpoint treatment T8 (barley + nutrient solution 2) was the best with a marginal return rate of 349.74%.

## **X. BIBLIOGRAFÍA.**

ARELLANO, L. 2008. Solución para forrajes Disponible online: hidroponia@mx.msnusers.com Fecha consulta: 12/11/09.

BRAVO R. 1988. Niveles de Avena Hidropónica en la alimentación de conejos angora. Facultad de Ciencias Agropecuarias y Forestales de la Universidad de Concepción, Sede Chillán. Chile. 75 pp.

BROOKE L. 1998. Manual técnico del manejo avanzado para cultivadores hidropónicos 20 pp.

CALDERÓN F. 1989. El cultivo Hidropónico manual práctico primera edición ColjapBogota –Colombia 82 pp.

CALDERÓN, F. 1992. Aprende fácil. Cultivos hidropónicos. Forraje verde hidropónico. Fascículo No. 9. Ediciones Culturales VER Ltda. p 137-152. Bogotá, Colombia.

CALLES, D. y CAPELO, W. 2005. Tesis de grado SPOCH “Evaluación de la producción y la calidad de forraje verde hidropónico de cebada, con la utilización de diferentes niveles de azufre y su respuesta en el ganado lechero”. Riobamba – Ecuador 97-110 pp.

CARRIÓN M. 2003. Manual de organopónicos y huertos intensivos. Disponible online:www.ciara.gov.ve; Fecha consulta: 16/08/08.

CARBALLIDO, C. 2008. FORRAJE VERDE HIDROPÓNICO Disponible online: <http://www.cadenacuy.pe> info Web Master Fecha consultada 16/05/09.

CASAS A. y CASTELLANO C. 1999 Cartilla complementaria al seminario-taller sobre Cultivos Hidropónicos organizado por UNISUR. Editorial Universidad Estatal Abierta y a Distancia UNISUR.: 49 pp.

CASTAÑEDA F. 1997. Manual Técnico de hidroponía popular en Guatemala INCAP ,67 pp.

DOSAL ALADRO, J.J.M.1987. Efecto de la Dosis de Siembra, Epoca de Cosecha y Fertilización sobre la Calidad y Cantidad de Forraje de Avena Producido Bajo Condiciones de Hidroponía. Facultad de Ciencias Agropecuarias y Forestales de la Universidad de Concepción, Sede Chillán.

EL MUNDO DE LAS PLANTAS 1999-2009. Disponible online: [www.bpotanical-online.com](http://www.bpotanical-online.com) Fecha consultada : 24/04/09.

ESTRADA F. Y ROMERO E. 2003. Hidroponía. Disponible online: <http://www.geocities.com/CollegePark/Dorm/7635//Hidroponia/main.html> Fecha consulta: 12/11/09.

GALLEGOS, L. 2004 Hydroponic green forage. Gobierno del Estado de Chihuahua.México. Disponible online: [http://www.unm.edu/~opst/Reports/H2O%20Session%202/2-2\\_Gallegos.pdf](http://www.unm.edu/~opst/Reports/H2O%20Session%202/2-2_Gallegos.pdf) Fecha consultada 26/05/2012.

GÓMEZ, M. (2007); Evaluación del FVH de maíz y cebada con diferentes dosis de siembra para las etapas de crecimiento u engorde de cuyes. Riobamba –Ecuador Pp 75

GUARIN AGUDELO J. R. 2008 Asesorías Agroindustriales Disponible: <http://www.geocities.com/CollegePark/Dorm/7635//Hidroponia/main.html> Fecha consulta: 12/11/09.



GIL SANTOS V. 2009. "Producción de forraje verde hidropónico" 1<sup>ra</sup> edición, Lima Perú . 60 pp.

HIDALGO, L. 1985 ,Producción de forrajes en condiciones de hidroponía, evaluaciones preliminares en avena y Triticale. Chillan. Chile. pp 35-43

HOWARD R. 1982. De cultivos hidropónicos. Nuevas técnicas de producción. Ediciones Mundo Prensa, Madrid, 120 pp.

IZQUIERDO J. 2000. FAO. Manual técnico de la hidroponía Escolar; oficina regional de producción vegetal; oficina regional del la FAO para América latina y el Caribe; Santiago, Chile.50 pp.

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

LEÓN S. 2005, Efecto del fotoperiodo de maíz con diferentes soluciones nutritivas para la alimentación de conejos en el periodo de engorde. Tesis de grado Escuela superior del Chimborazo.

LEÓN, K. CAPELO, W. BENITO, M. y Usca, J. 2007. Tesis de grado SPOCH "Efecto del foto periodo en la producción de forraje verde hidropónico de maíz para la alimentación de conejos en el periodo de engorde" Riobamba – Ecuador; 17- 26 pp.

LOMELÍ Z. 2000. Forraje verde hidropónico. El forraje del futuro; editado por Agrocultura. 15-18. pp.

MARULANDA, C Y IZQUIERDO, J. 1993. Manual Técnico "La Huerta Hidropónica Popular". Oficial Regional de Producción Vegetal, FAO Tercera Edición Santiago - Chile . 79 pp.

NAVARRETE R. 2008. Estudio de la productividad de dos gramíneas (*Hordeum vulgare* y *Triticum aestivum*) y una leguminosa *Vicia sp* para Forrajes verdes hidropónicos (FVH) con tres cortes sucesivos en la granja ECAA; Ibarra- Ecuador

ÑÍGUEZ CONCHA, M. E. 1988. Producción de Forraje en Condiciones de Hidroponía II. Selección de Especies y Evaluación de Cebada y Trigo. Facultad de Ciencias Agropecuarias y Forestales de la Universidad de Concepción, Sede Chillán. Chile.

PERRÍN, R. K. D. L. WINKELMAN, E. R. MOSCARDI, J. R. ANDERSON. 1976. Formulación de Recomendaciones a partir de Datos Agronómicos: Un manual metodológico de evaluación económica. Folleto de Información No. 27. México, CIMMYT.

RODRÍGUEZ A. Y TARRILLO H. 2008. Producción de Forraje Verde Hidropónico como alternativa de alimento para animales de las zonas afectadas por la ola de frío en el Sur del Perú. Publicado por la revista Agro enfoque. N°133 paginas53 a 56.

ROMERO, M. 2009. Producción de Forraje Verde Hidropónico y su aceptación en ganado lechero; Universidad de Guanajuato, Mexico; pp 19

ROMERO, V. 2009. Producción de forraje verde en Hidroponía. TecnoAgro. Avances Tecnológicos y Agrícolas.. Disponible online en [www.tecnoagro.com.mx](http://www.tecnoagro.com.mx).

SAETTONE ODRÍA M. 2008. FVH VENTAJAS Y DESVENTAJAS Disponible online: <http://www.glosam.com/ventajas.htm>. Fecha consulta: 12/11/09.

SÁNCHEZ, A. 2000 . Una experiencia de forraje verde hidropónico en el Uruguay. En Boletín Informativo No. 7 Disponible online <http://www.lamolina.edu.pe/FACULTAD/ciencias/hidroponia/boletin7.htm> Fecha Consultada 11/11/09.

SÁNCHEZ, A. 2001. Manual técnico de forraje verde hidropónico FVH disponible online: [http://www.sira-manuales/art\\_forraje.doc](http://www.sira-manuales/art_forraje.doc) Fecha Consultada 10/12/08.

SINCHIGUANO, M. 2008 Producción de Forraje Verde Hidropónico de Diferentes Cereales ( Avena, Cebada, Maíz, Trigo y Vicia) y su Efecto en la Alimentación de Cuyes “tesis de grado” Escuela superior politécnica del Chimborazo; Riobamba-Ecuador, 108pp

TARRILLO H. 1999. “Utilización del Forraje Verde Hidropónico de Cebada, alfalfa en pellets y en heno, como forrajes en la alimentación de terneros Holstein en Lactación”. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima Perú.

TRIGRERO J. 2000. Boletín divulgativo “El cultivo de hortalizas en sustratos y bajo cubierta.” Quito – Ecuador.: 12 pp.

