



**UNIVERSIDAD ESTATAL
PENÍNSULA DE SANTA ELENA
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA**

**“EFECTO DE SOLUCIONES NUTRITIVAS Y TIEMPOS DE
COSECHA EN EL RENDIMIENTO Y CALIDAD
NUTRICIONAL DEL FORRAJE VERDE HIDROPÓNICO DE
MAÍZ (*Zea mays*) EN SANTA ELENA”**

TRABAJO DE TITULACIÓN

Previo a la obtención del título de:

INGENIERO AGROPECUARIO

YUINSON GREGORIO SUÁREZ REYES

LA LIBERTAD – ECUADOR

2015

**UNIVERSIDAD ESTATAL
PENÍNSULA DE SANTA ELENA**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA**

**“EFECTO DE SOLUCIONES NUTRITIVAS Y TIEMPOS DE
COSECHA EN EL RENDIMIENTO Y CALIDAD
NUTRICIONAL DEL FORRAJE VERDE HIDROPÓNICO DE
MAÍZ (*Zea mays*) EN SANTA ELENA”**

TRABAJO DE TITULACIÓN

Previo a la obtención del título de:

INGENIERO AGROPECUARIO

YUINSON GREGORIO SUÁREZ REYES

LA LIBERTAD – ECUADOR

2015

TRIBUNAL DE GRADO

Ing. Antonio Mora Alcívar, M.Sc.
DECANO DE LA FACULTAD
PRESIDENTE

Ing. Lenni Ramírez Flores, Mg.
DIRECTORA DE CARRERA

Ing. Julio Villacres Matías, M.Sc.
DOCENTE DEL AREA

Ing. Néstor Acosta Lozano, M.Sc.
DOCENTE TUTOR

Abg. Joe Espinoza Ayala
SECRETARIO GENERAL-PROCURADOR

DEDICATORIA

Con gozo enorme dedico este trabajo a mis queridos padres Paulino Suárez y Lida Reyes, cuyo esfuerzo y palabras de aliento siempre he tenido presente, faltarían palabras para describir todo lo que han hecho por mí.

Para nuestros pequeños ganaderos de la parroquia Colonche, guardando un anhelo ferviente por ver mejoras en sus producciones agropecuarias y que estas generen ingresos sustentables para sus familias.

Yuinson Suárez Reyes

AGRADECIMIENTOS

A Dios, porque lo que tengo, lo que soy y lo que espero ser todo se lo debo a Él.

A los directivos y profesores de la Facultad de Ciencias Agrarias de la UPSE, gracias por permitirme ser parte de esta familia anhelante por ver mejores días en el sector agropecuario de Santa Elena.

Al Centro de Investigaciones Agropecuarias y de manera especial al Ing. Néstor Acosta Lozano M.Sc., por la oportunidad brindada para el desarrollo de este trabajo de titulación; por su confianza, paciencia y ayuda en todo momento.

A mis hermanos, por apoyarme en aquellos momentos de necesidad, a Rosalino Pozo por su enorme colaboración, a Carlos Miraba y a todos mis compañeros de clase. Muchas gracias a todos y que Dios los bendiga.

Yuinson Suárez Reyes

**“El contenido del presente Trabajo de Graduación es de mi
responsabilidad; el patrimonio intelectual del mismo pertenece a
la Universidad Estatal Península de Santa Elena”.**

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Justificación.....	2
1.2 Objetivos	3
1.2.1 Objetivo general	3
1.2.2 Objetivos específicos	3
1.3 Hipótesis.....	3
2. REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
2.1 Forraje verde hidropónico (FVH).....	4
2.1.2 Características del cultivo de maíz	5
2.1.3 Calidad nutricional del forraje verde hidropónico de maíz	5
2.2 Importancia del cultivo de maíz hidropónico.....	6
2.2.1 Rendimiento	6
2.2.2 Valor nutricional del fvh de maíz.....	6
2.2.3 Calidad de la semilla.	7
2.3 Instalaciones	8
2.4 Densidad de siembra	8
2.5 Desarrollo y crecimiento del FVH.	9
2.6 Factores ambientales que influyen en el FVH.....	9
2.6.1 Luz.....	9
2.6.2 Temperatura	9
2.6.3 Humedad ambiental.....	10
2.6.4 pH	10
2.6.5 Oxigenación	11
2.6.6 Calidad del agua	11
2.6.7 Riego.....	11
2.7 Solución nutritiva.....	12
2.7.1 Concentración de nutrientes en soluciones nutritivas.....	13
2.7.2. Solución nutritiva de Haogland.....	13
2.7.3 Solución nutritiva La Molina	14

2.7.4	Solución nutritiva de la FAO	14
2.8	Análisis bromatológicos	15
2.8.1	Mataría seca (MS).....	15
2.8.2	Proteína bruta (PB).....	15
2.8.3	Fibra bruta (FB).....	15
2.8.4	Energía bruta (EB).	16
2.8.5	Materia orgánica (MO).....	17
2.8.6	Extracto etéreo (EE).	17
2.8.7	Elemento libre de nitrógeno (ELN).....	18
2.8.8	Cenizas.....	18
2.8.9	Fibra detergente neutra (FDN)	18
2.8.10	Fibra detergente ácida (FDA).....	19
2.9	Investigaciones realizadas con FVH de maíz.....	19
3.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	22
3.1	Ubicación y descripción del lugar experimental	22
3.2	Materiales y equipos.....	22
3.3	Métodos.....	23
3.3.1	Tratamientos y diseño experimental.....	23
3.3.2	Factores en estudio.....	24
3.3.2.1	Soluciones nutritivas.....	24
3.3.2.2	Tiempos de cosecha.....	24
3.4	Análisis de la varianza.	24
3.5	Variables experimentales.....	25
3.5.1	Altura de plantas.	25
3.5.2	Producción de biomasa (kg/m ²).....	25
3.5.3	Análisis proximal y pared celular.	25
3.5.3.1	Determinación de la materia orgánica.....	26
3.5.3.2	Determinación de la energía bruta.....	26
3.5.4	Cálculos para la producción anual.....	27
3.6	Manejo del experimento	27
3.6.1	Preparación de las soluciones nutritivas	27

3.6.1.1	Disolución de los micro y macronutrientes	30
3.6.2	Construcción del invernadero y estantería.	31
3.6.2.1	Características de las bandejas.....	32
3.6.3	Sorteo de los tratamientos.	32
3.6.4	Selección de semillas de maíz.....	32
3.6.5	Lavado, desinfección y pre-germinación	33
3.6.6	Germinación.....	33
3.6.7	Crecimiento	34
3.6.8	Cosecha	34
3.7	Material biológico.....	34
4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.	34
4.1	Resultados	35
4.1.1	Altura de planta.	35
4.1.2	Producción de biomasa.....	36
4.1.3	Producción de materia seca (MS).....	38
4.1.4	Proteína cruda (PC).	40
4.1.5	Materia orgánica (MO).....	41
4.1.6	Energía bruta (EB).	43
4.1.7	Extracto etéreo (EE).	44
4.1.8	Fibra detergente neutra (FDN)	45
4.1.9	Fibra detergente ácida (FDA).....	46
4.1.10	Análisis económico.....	47
4.1.10.1	Costo del experimento	47
4.1.10.2	Costo de producción anual por tiempos de cosecha	47
4.1.10.3	Costo de producción de 1 kg de FVH en los tratamientos..	48
4.1.10.4	Relación beneficio/costo de los tratamientos	48
4.2	Discusión	50
	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	53
	BIBLIOGRAFÍA.	54
	ANEXOS	

ÍNDICE DE CUADROS

	Pág.
Cuadro 1. Calidad nutricional y bromatológica del FVH de maíz.....	5
Cuadro 2. Rendimiento del FVH de maíz producido con tres densidades de siembra y cosechados a los 14 días.....	6
Cuadro 3. Valor nutricional del FVH de maíz producido con tres densidades de siembra y cosechados a los 14 días.....	7
Cuadro 4. Composición bromatológica de especies forrajeras cosechadas bajo el sistema de forraje verde hidropónico. Cartago, Costa Rica.....	7
Cuadro 5. Rendimiento de FVH de maíz producido con tres densidades de siembra y cosechadas a los 14 días después del lavado y desinfección de las semillas.....	8
Cuadro 6. Soluciones nutritivas equilibradas internacionalmente usadas en cultivos hidropónicos de maíz.....	13
Cuadro 7. Efecto del genotipo, tipo de fertilización y días de cosecha de las interacciones, sobre el peso fresco (PF), materia seca (MS), proteína cruda (PC), fibra ácido detergente (FAD) y fibra neutro detergente (FND) de FVH de maíz.....	20
Cuadro 8. Comparación de medias para materia seca, cenizas, fibra, y proteína.....	20
Cuadro 9. Análisis de la varianza.....	24
Cuadro 10. Altura de plantas de FVH de maíz.....	35
Cuadro 11. Producción de biomasa de FVH de maíz en kg/m ² y kg/m ² /año	36
Cuadro 12. Producción de materia seca de FVH de maíz en kg/m ² y kg/m ² /año.....	38
Cuadro 13. Producción de proteína cruda de FVH de maíz en kg/m ² y kg/m ² /año.....	40
Cuadro 14. Producción de materia orgánica de FVH de maíz en kg/m ² y kg/m ² /año.....	42

Cuadro 15.	Producción de energía bruta de FVH de maíz Mcal/kgMS...	43
Cuadro 16.	Producción de extracto etéreo de FVH de maíz (%).....	44
Cuadro 17.	Producción de fibra detergente neutra de FVH de maíz (%).	45
Cuadro 18.	Producción de fibra detergente ácida de FVH de maíz (%)...	46
Cuadro 19.	Costo del experimento.....	47
Cuadro 20.	Costo de producción anual de FVH de maíz por tiempos de cosecha.....	47
Cuadro 21.	Costo de producción de 1 kg de FVH de maíz en los tratamientos.....	48
Cuadro 22.	Relación beneficio/costo de los tratamientos.....	49

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Sales utilizadas en la solución nutritiva Hoagland.....	28
Tabla 2. Sales utilizadas en la solución nutritiva La Molina.....	29
Tabla 3. Sales utilizadas para preparar la solución de la FAO.....	30
Tabla 4. Soluciones nutritivas, dosis y simbología utilizadas.....	31

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Curva de crecimiento de las plantas de los tratamientos.....	36
Figura 2. Proyecciones anual de biomasa de FVH de maíz en Santa Elena (kg/m ² /año).....	38
Figura 3. Proyecciones anual de materia seca de FVH de maíz en Santa Elena (kg/m ² /año).....	40

1. INTRODUCCIÓN

La producción de forraje verde hidropónico (FVH) es una tecnología que se presenta como una alternativa alimenticia para animales en explotaciones pecuarias monogástricas y poligástricas en ambientes desérticos o semidesérticos, con la finalidad de ayudar a los productores agropecuarios afectados por la variabilidad del clima y la falta de lluvias que impiden producir buenos forrajes para la alimentación del ganado.

Este método se practica sin suelo, permite producir a partir de la germinación temprana de semillas una masa forrajera de alto valor nutritivo, consumible hasta en un 100 % y con una buena digestibilidad, de este modo se consume la totalidad de la planta incluida las raíces que forman una capa gruesa en el fondo de la bandeja, además es un suministro constante de alimento durante todos los días del año, evitando alteraciones digestivas, menor incidencia de enfermedades, aumento en la fertilidad y en general todas las ventajas que los animales puedan obtener cuando estos se encuentran bien nutridos (GÓMEZ, 2007).

Actualmente es utilizado en muchos países de América tales como México, Colombia, Brasil, Argentina, estos países realizan investigaciones constantes para mejorar la técnica y presentarle como la mejor alternativas para la alimentación en producciones bovinas, ovinas, caprinas, equinas, porcinas, conejos y aves alcanzando excelentes niveles de producción a nivel mundial (FAO, 2001) .

En el Ecuador son pocas las investigaciones realizadas en FVH, esto se debe a que la mayor zona ganadera se encuentran en la Sierra y Oriente donde existe condiciones favorables para el cultivo de pastos y forrajes, en contraste con lo que sucede en la Costa, que por las variaciones climáticas se ve influenciada directamente la producción de forrajes y esto repercute en el desarrollo del ganado afectando especialmente los meses de agosto hasta diciembre.

En la provincia de Santa Elena no existen investigaciones sobre el FVH esto se debe a la falta de recursos de los pequeños productores pecuarios que deben soportar extensos periodos de sequías y el ganado queda a expensas de enfermedades por la mala nutrición que estos tienen durante este período.

1.1 JUSTIFICACIÓN

La provincia de Santa Elena se caracteriza por tener condiciones de lluvias esporádicas, en el año aproximadamente 100 mm (INAMHI, 2013), estas condiciones no permiten el crecimiento adecuado de pastizales para alimentación de ganado, este antecedente se repite cada año manteniendo estándares de producción muy bajos en comparación con otras zonas ecológicas de Ecuador.

Resultaría una buena opción la implementación de un sistema de producción de FVH de maíz (*Zea mays*) en la península de Santa Elena para la alimentación del ganado y una gran cantidad de animales domésticos, utilizándolo como un alimento no tradicional de alta calidad nutricional, buena digestibilidad y muy apto para su consumo.

La provincia de Santa Elena posee una gran producción de maíz que el gobierno nacional está estableciendo en territorios comunales a través de proyectos para el beneficio de pequeños agricultores de la zona, la iniciativa del estudio es tomar parte de esta producción y cultivar FVH de maíz con fines de alimentación animal.

La calidad nutricional del FVH depende de las fuentes nutritivas aplicadas durante su periodo de crecimiento, además los tiempos de cosecha interfieren para lograr una buena producción, por tales motivos se justifica la realización del experimento y de esta manera se pueda recomendar a los productores pecuarios de la zona como una alternativa válida para mejorar las condiciones nutricionales de los animales en explotaciones pecuarias de la provincia de Santa Elena.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 OBJETIVO GENERAL

Evaluar el efecto de soluciones nutritivas y tiempos de cosecha en el rendimiento y calidad nutricional del forraje verde hidropónico de maíz (*Zea mays*) en Santa Elena.

1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Seleccionar la solución nutritiva más eficiente en el rendimiento de biomasa del forraje verde hidropónico de maíz.
2. Determinar el tiempo óptimo de cosecha del forraje verde hidropónico de maíz bajo condiciones de hidroponía.
3. Evaluar la calidad nutricional del forraje verde hidropónico de maíz de los tratamientos.
4. Determinar la relación beneficio costo de los tratamientos.

1.3 HIPÓTESIS

Las soluciones nutritivas y los tiempos de cosecha diferenciarán la calidad nutricional de la biomasa de maíz cultivado bajo hidroponía.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 FORRAJE VERDE HIDROPÓNICO (FVH)

ESPINOZA *et al.* (2007) declararon que el forraje verde hidropónico es un alimento con el suficiente valor nutricional para considerarlo como un suplemento alimenticio ideal para aumentar las condiciones nutricionales del ganado, principalmente en zonas áridas y semiáridas donde es común que los animales pasen por periodos de subnutrición en diferentes etapas de su vida.

ELIZONDO (2001) manifestó que un factor que impide que se pueda alimentar adecuadamente a los animales, es la calidad, cantidad y disponibilidad de forraje con que se cuenta en la finca. Cuando se considera el valor nutricional, los forrajes (de clima tropical) son de calidad inferior con respecto a los de clima templado. Los de clima tropical poseen altos niveles de fibra neutra detergente (FND), lo cual provoca un llenado físico en los animales, que les impide satisfacer sus requerimientos de materia seca.

Los nutrimentos necesarios para mantener niveles aceptables de producción, no suplidos con los pastos, además los altos niveles de fibra detergente ácido (FAD) que presentan estos, disminuyen considerablemente la digestibilidad, lo que significa que gran parte de los nutrientes que el animal come, no son aprovechados y son excretados en las heces (ADUM sf).

FAO (2001) consideró que el FVH puede constituirse una alternativa a los métodos convencionales de producción de forraje que contribuya a una actividad agropecuaria sostenible en las zonas áridas y semiáridas, esta tecnología de desarrollo de biomasa vegetal obtenida a partir del crecimiento inicial de plántulas en los estados de germinación y crecimiento temprano a partir de semillas con una alta tasa de germinación para producir un forraje vivo de alta calidad.

2.1.2 CARACTERÍSTICAS DEL CULTIVO DE MAÍZ

CHAUDHARY *et al.* (2013) mencionaron que el maíz como forraje verde proporciona buena nutrición, además es un alimento barato para la cría de ganado especialmente en la producción de leche cuya economía depende principalmente de la disponibilidad de forraje verde nutritivos.

Los mismos autores describen al maíz como un forraje de rápido crecimiento y alta producción de biomasa, agradable al paladar, alta digestibilidad, rico en nutrientes y ayuda a aumentar el peso corporal y la calidad del ganado, por otra parte, el maíz se cultiva todo el año y contiene altas concentraciones de proteínas y minerales.

2.1.3 CALIDAD NUTRICIONAL Y BROMTOLOGÍA DEL FORRAJE VERDE HIDROPÓNICO (FVH) DE MAÍZ

TARRILLO (2009) publicó la calidad nutricional y bromatológica del FVH de maíz (Cuadro 1).

Cuadro 1. Calidad nutricional y bromatológica del FVH de maíz.

Parámetro	Valor	Unidad
Digestibilidad	80 – 92	%
Proteína Cruda	13 – 20	%
Fibra Cruda	12 – 25	%
Grasa	2.8 – 5.37	%
ELN	46 – 67	%
FDN	65 – 85	%
Vitamina A	25.1	ui/kg
Vitamina C	45.1 – 154	mg/kg
Vitamina E	26.3	ui/kg
Calcio	0.11	%
Fósforo	0.30	%
Ph	6.0 - 6.5	%
Palatabilidad	Excelente	
Materia seca	12 – 20	%

Fuente. Tarrillo (2009).

2.2 IMPORTANCIA DEL CULTIVO DE MAÍZ HIDROPÓNICO

Según VARGAS (2008), el maíz producido bajo condiciones hidropónicas presenta una mejor calidad de fibra resultando más succulento con un buen nivel de proteína cruda, no obstante su punto valioso podría ser la concentración de energía que puede aportar al ser cortada a la edad de veinte días.

CASTRO (s.f.) manifestó que es importante para el cultivo de maíz hidropónico utilizar semilla que se utilizan en fábricas de alimentos concentrados o las que venden en el mercado ya que estas no están tratadas con fungicidas o cualquier otro producto químico que resultaría tóxico al momento de alimentar el ganado, además el costo por kg es mucho menor.

2.2.1 RENDIMIENTO

LÓPEZ *et al.* (2009) presentaron datos de sus investigaciones en FVH de maíz utilizando tres densidades de siembra (DS). El rendimiento y la producción de materia seca aumentaron significativamente con el incremento de la densidad de siembra utilizando 2,5 kg de semilla/m² de bandeja sembrada. (Cuadro 2).

Cuadro 2. Rendimiento de FVH de maíz producido con tres densidades de siembra y cosechados a los 14 días.

Densidad de siembra (kg/m ²)	kg FVH/m ²	kg MS/m ²
1,5	12,95±0,75 ^a	2,68±0,32 ^a
2,0	18,75±1,05 ^b	3,92±0,44 ^b
2,5	21,20±0,95 ^c	4,62±0,37 ^c

Fuente: López *et al.* (2009).

2.2.2 VALOR NUTRICIONAL DEL FVH DE MAÍZ

LÓPEZ *et al.* (2009) presentaron el valor nutricional del FVH de maíz utilizando tres densidades de siembra y cosechada a los 14 días. (Cuadro 3).

Cuadro 3. Valor nutricional del FVH de maíz producido con tres densidades de siembra y cosechados a los 14 días.

Variable	Unidad	Densidad de siembra (kg/m ²)		
		1.5	2.0	2.5
PC	(%)	14,5 ±0,5 ^a	15,2 ±0,6 ^b	15,8 ±0,9 ^b
EB	(Mcal/kgMS)	3,9 ±0,3 ^a	4,1 ±0,5 ^a	4,2 ±0,6 ^a
EM	(Mcal/kg MS)	2,4 ±0,3 ^a	2,5 ±0,5 ^a	2,5 ±0,6 ^a
FDA	(%)	31,6 ±2,1 ^b	28,7 ±1,9 ^a	28,5 ±1,5 ^a
Lignina	(%)	6,9 ±1,3 ^a	6,4 ±1,2 ^a	6,1 ±1,8 ^a
Celulosa	(%)	22,6 ±2,9 ^a	21,8 ±1,7 ^a	21,8 ±1,7 ^a
Materia seca	(%)	20,7 ±1,9 ^a	20,9 ±2,1 ^a	21,8 ±2,0 ^a
Ceniza	(%)	6,8 ±1,4 ^a	6,7 ±1,2 ^a	6,9 ±2,2 ^a
DMS	(%)	64,3 ±3,1 ^a	66,5 ±2,8 ^a	66,7 ±2,6 ^a

Fuente: López *et al.* (2009).

VARGAS C. (2008) presentó la composición bromatológica de tres especies forrajeras producidas en hidroponía, estos valores se detallan en el cuadro 4.

Cuadro 4. Composición bromatológica de especies forrajeras cosechadas bajo el sistema de forraje verde hidropónico. Cartago, Costa Rica.

Contenido porcentual			
	Arroz	Maíz	Sorgo
MS	15,82 ^a	11,54 ^b	11,48 ^b
PC	7,92 ^a	9,61 ^b	10,47 ^c
Cenizas	9,17 ^a	2,41 ^b	6,54 ^c
FDN	58,25 ^a	43,13 ^b	66,66 ^c
Celulosa	27,76 ^a	11,21 ^b	30,96 ^a
Hemicelulosa	19,82 ^a	24,25 ^a	21,42 ^a
Lignina	10,67 ^{ab}	7,67 ^b	14,28 ^a
FAD	38,54 ^a	18,89 ^b	45,17 ^c

Fuente: Vargas (2008).

2.2.3 CALIDAD DE LA SEMILLA

La elección de una buena semilla dará éxitos en la producción de FVH, esto se verá reflejado en los resultados finales en la calidad organoléptica y bromatológica. Para evitar pérdidas en la producción, las semillas deben presentar mínimo un porcentaje de germinación del 75 % (PALOMINO, 2008).

2.3 INSTALACIONES

Según CHANG (2006), la producción de FVH de maíz puede realizarse en cualquier lugar ya sea en algún cuarto o galpón en desuso, e incluso en un sótano, siempre manteniendo las condiciones de higiene y control al máximo nivel. El tamaño y las dimensiones varían de acuerdo al alimento requerido y al número de animales que se desea alimentar.

2.4 DENSIDAD DE SIEMBRA

RODRÍGUEZ (2001) manifestó que la densidad de la siembra aproximadamente estaría entre los 3 kg de grano seco por m², este autor realizó su experimento en bandeja plástica de 0,30 x 0,40 m colocando 0,5 kg en cada una de ellas.

El mismo autor hace la relación de siembra que está dado por el grano proveniente del proceso previo de remojado y que este adquiere durante el mismo un 30 % de agua, esta relación de siembra es de 3.9 kg/m² si se habla de grano remojado.

En la investigación de LÓPEZ *et al.* (2009) presentaron resultados utilizando tres densidades de siembra (1,5; 2 y 2,5 kg/m²) cosechados a los 14 días. Los rendimientos de biomasa, materia seca y producción anual en estas dos variables se detallan en el Cuadro 5.

Cuadro 5. Rendimiento de FVH de maíz producido con tres densidades de siembra y cosechados a los 14 días después del lavado y desinfección de semillas.

DS	Rendimiento		Conversión	Rendimiento anual (invernadero 6x15m)	
	(kg FVH/m ²)	(kg MS/m ²)		(ton FVH)	(ton MS)
1,5	12,95 ±0,75 ^a	2,68 ±0,32 ^a	8,63 ^a	69,93	14,47
2,0	18,75 ±1,05 ^b	3,92 ±0,44 ^b	9,37 ^b	101,24	21,16
2,5	21,20 ±0,95 ^c	4,62 ±0,37 ^c	8,48 ^a	114,48	24,95

Fuente: López *et al.* (2009).

2.5 DESARROLLO Y CRECIMIENTO DEL FVH

MALDONADO *et al.* (2013) declararon que para obtener un mayor crecimiento en las plantas de FVH se requiere una mayor concentración de N, K y Ca en la solución nutritiva suministrada. En su investigación la altura de plantas osciló entre 10,57 y 14,85 cm a los 15 días.

LEÓN *et al.* (2005) obtuvieron una altura de planta de 26,87 cm de FVH de maíz probando fotoperiodos diferentes y cosechados a los 18 días.

2.6 FACTORES AMBIENTALES QUE INFLUYEN EN EL FVH

2.6.1 LUZ

LEÓN (2005) indicó que la luz es un factor indispensable para el buen desarrollo del forraje, pues es la energía que necesitan para realizar la fotosíntesis, las plantas necesitan tener un promedio de nueve a doce horas de luz diariamente, pero también, al igual que los seres humanos requieren un periodo de descanso por las noches. La duración del fotoperiodo influye sobre el desarrollo vegetativo, la luz solar no debe ser excesiva, ya que estas causan quemazón en las plantas principalmente en las bandejas superiores.

2.6.2 TEMPERATURA

RODRÍGUEZ (2001) manifestó que este factor incide de forma definitiva en la vida del forraje, aunque estas según su clase y variedad, presentan diferentes requerimientos de calor, generalmente de 18 °C a 24 °C. Las temperaturas extremas afectan el rango de adaptación y la distribución de las especies, un exceso de temperatura puede causar hongos y una temperatura baja retarda el crecimiento.

HIDROORGAN (2014) indicó que la temperatura influye en el desarrollo del forraje verde hidropónico a mayor temperatura las plantas absorberán mayor cantidad de agua y si este parámetro es muy variable, se verá reflejado al momento de la cosecha. La temperatura debe mantenerse lo más constante posible durante el día y la noche, en un rango óptimo para un buen desarrollo de 15 °C a 20 °C durante todo el periodo de producción.

2.6.3 HUMEDAD AMBIENTAL

GILZANZ (2007) manifestó que es de gran importancia procurar condiciones de asimilación adecuadas para las plantas, ya que ejerce una influencia directa en el trabajo que desempeñan las hojas, debe haber una humedad entre el 65 a 80 % para asegurar un adecuado crecimiento del sistema radicular. Esta humedad se consigue con la frecuencia de los riegos y de la evapotranspiración de las plantas.

HIDROORGAN (2014) indicó que el agua es el factor más importante en todo cultivo y la humedad que necesita la planta se le proporcionó mediante el riego, en la producción de FVH el rango óptimo de la humedad relativa oscila entre 60 % y 80 % cuando esta es mayor al porcentaje mencionado, existe el riesgo que proliferen las enfermedades por hongos y si la humedad es menor las raíces pueden morir y esto repercute notablemente en su producción.

2.6.4 pH

Según el MANUAL DE FORRAJE VERDE HIDROPÓNICO (2007), el pH del agua de riego debe oscilar entre 5.2 y 7 y salvo raras excepciones como son las leguminosas, que pueden desarrollarse hasta con pH cercano a 7.5, el resto de las semillas utilizadas (cereales mayormente) usualmente en FVH, no se comportan eficientemente por encima de 7.

2.6.5 OXIGENACIÓN

LEÓN (2005) manifestó que la oxigenación es muy importante ya que a través de esta se realiza la función de transportar nutrientes y acumular elementos dentro de su sistema celular, el oxígeno al oxidar los minerales, se convierte en el catalizador para generar la energía metabólica mediante su sistema de respiración radicular, las raíces dependen fundamentalmente de una óptima oferta de oxígeno, pues de lo contrario, aunque se les aporte los nutrientes adecuados, se tendrá un cultivo precario y en algunos casos la muerte del tejido radicular.

En la hidroponía con forrajes, una forma natural de oxigenar es colocar el sistema en forma de cascada a la solución nutritiva, para que al caer provoque su oxigenación, otra opción sería utilizar una bomba de recirculación en el tanque mismo que además proporciona una excelente oxigenación.

2.6.6 CALIDAD DEL AGUA

GILZANZ (2007) mencionó que en los sistemas hidropónicos la calidad del agua es esencial desde el punto de vista microbiológico, el agua deberá estar libre de contaminantes microbianos. Respecto a la calidad química, deberán usarse aguas con bajos contenidos de sales. Los contenidos elevados de calcio, magnesio, sodio o cloro (mayores a 30 ppm en cada caso) podrían ser tóxicos para las plantas.

2.6.7 RIEGO

RODRÍGUEZ (2001) indicó que una vez dispuestas las semillas en las naves de producción donde las bandejas serán humedecidas constantemente con agua, a la que se añadirá una pequeña parte de nutrientes, es conveniente que la aplicación de esta solución se haga con un aparato humidificador; pero puede realizarse manualmente con un rociador dependiendo del tamaño de la instalación, por cada kilogramo de semilla se utilizará un promedio de dos litros de agua con nutrientes,

tres días antes de la cosecha hay que regar solamente con agua natural, pues esto hará que el forraje suelte más dulce.

2.7 SOLUCIÓN NUTRITIVA

JONES y BENTON (2014) indicaron que probablemente ningún aspecto acerca del crecimiento de las plantas en el cultivo hidropónico es tan incomprendido como la formulación y el uso de soluciones nutritivas, la mayoría de los textos comunes proporcionan una lista de sales minerales, sus pesos o medidas necesarias y sus elementos para preparar dicha solución nutritiva.

Los autores antes mencionados dijeron que aunque esta información es esencial para preparar una solución nutritiva correcta, se tendría que tener un conocimiento profundo de sus componentes y preparación de la misma para tener éxito en el desarrollo del cultivo. Los bajos rendimientos de las plantas están directamente relacionados por el agua y las soluciones nutritivas, de hecho las plantas están directamente relacionadas en su crecimiento con estos dos componentes y la mala gestión para escoger la solución nutritiva puede repercutir directamente en el fracaso del cultivo.

RODRÍGUEZ y CHANG (2006) manifestaron que la solución nutritiva es el agua con los nutrientes minerales esenciales disueltos en ella, los que se añaden a través de sales o fertilizantes comerciales, en cantidades y proporciones adecuadas, de manera que cubran las necesidades de las plantas y desarrollo.

Los mismos autores escribieron que existe un gran número de soluciones nutritivas y otras de manera específica para todo tipo de cultivos, aunque no existe una solución nutritiva óptima porque no todos los cultivos poseen las mismas exigencias nutricionales.

2.7.1 CONCENTRACIÓN DE NUTRIENTES EN SOLUCIONES NUTRITIVAS.

En el Cuadro 6 se recopila las concentraciones de nutrientes en las diferentes soluciones nutritivas equilibradas que se utilizan para cultivos de FVH de maíz.

Cuadro 6. Soluciones nutritivas equilibradas internacionalmente usadas en cultivos hidropónicos de maíz.

Nutriente	Concentración (ppm)		
	Hoagland ¹	La Molina ²	FAO ³
Nitrógeno	224	190	150-225
Potasio	235	210	300-500
Fósforo	62	35	30-45
Calcio	160	150	150-300
Azufre	32	70	
Magnesio	24	45	40-50
Hierro	1,12	1	
Manganeso	0,11	0,5	0,5- 1
Boro	0,27	0,5	0-0,4
Zinc	0,131	0,15	0,1
Cobre	0,032	0,1	0,1
Molibdeno	0,05	0,05	0,05
Cloro	1,77		

Fuentes: Llanos 2001 (1)

Universidad Nacional Agraria La Molina 2010 (2)

Marulanga 2003 (3).

2.7.2 SOLUCIÓN NUTRITIVA DE HAOGLAND

La solución nutritiva de Hoagland y Arnon (1950) citada por LLANOS (2001) comprende la formulación de dos soluciones nutritivas correspondiente a los micro y macro nutrientes los cuales fueron ampliamente utilizadas en estudios de diferentes cultivos además de los sistemas hidropónicos.

El término "Solución de Hoagland" proviene de los laboratorios caseros del mundo, dedicados a la nutrición de las plantas a nivel mundial y fue modificada por JHONSON *et al.* (1957) y en su composición se realizaron nuevos y pequeños cambios en la formulación de los micronutrientes, después acogiendo esta nueva

fórmula se realizaron investigaciones y los resultado obtenidos fueron plantas exitosamente desarrolladas con la solución de Hoagland modificada. Actualmente es una de la más utilizada en sistemas hidropónicos.

2.7.3 SOLUCIÓN NUTRITIVA LA MOLINA

La UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA (2010) desarrolló la solución hidropónica La Molina, esta fue formulada después de varios años de investigación en el Laboratorio de Fisiología Vegetal de la Universidad Nacional Agraria del mismo nombre de la república del Perú.

Esta institución, con el propósito de difundir la hidroponía con fines sociales, eligió para su preparación fertilizante que se pueden conseguir fácilmente en diferentes provincias y esta solución fue diseñada en dos soluciones concentradas, denominadas A y B.

2.7.4 SOLUCIÓN NUTRITIVA DE LA FAO

Según MARULANDA (2003), existen varias fórmulas para preparar soluciones nutritivas que han sido usadas en distintos países. Una forma de preparar una solución concentrada probada con éxito en varios países de América Latina y el Caribe en más de 30 especies de hortalizas, forrajes, y plantas medicinales.

Comprende la preparación de dos soluciones madres concentradas, las que llamaron Solución concentrada A, que aporta a las plantas los elementos nutritivos que ellas consumen en mayores proporciones y la solución concentrada B aporta los elementos que son requeridos en menores proporciones, pero esenciales para que la planta pueda desarrollar normalmente los procesos fisiológicos.

2.8 ANÁLISIS BROMATOLÓGICOS

2.8.1 MATERIA SECA (MS)

Según el INSTITUTO DE TECNOLOGÍA OBSHCHESTVO REMESLENNOGO ZEMLEDELCHESKOGO TRUDA ORT (2009), el análisis se basa en la evaporación total del agua mediante calor. Se considera que la pérdida de peso es agua, el secado de la muestra deberá hacerse en una estufa entre 55 y 60 °C durante 24 horas previamente haber anotado el peso exacto de la muestra para volverlo a pesar cuando se la saque de la estufa.

2.8.2 PROTEÍNA BRUTA (PB)

FAO (2008) manifestó que por su costo es este el nutriente más importante en la dieta en una operación comercial; su adecuada evaluación permite controlar la calidad de los insumos proteicos que están siendo adquiridos o del alimento que se está suministrando. Su análisis se efectúa mediante el método de Kjeldahl, que evalúa el contenido de nitrógeno total en la muestra, después de ser digerida con ácido sulfúrico en presencia de un catalizador de mercurio o selenio.

2.8.3 FIBRA BRUTA (FB)

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA (s.f.) consideró que la fibra bruta es la porción indigerible de los alimentos (excepto en los rumiantes en lo que es parcialmente digerible) y está constituida principalmente por celulosa, hemicelulosa y lignina.

La celulosa y hemicelulosa son carbohidratos estructurales que se encuentran en las paredes celulares de los vegetales. La lignina es un polímero natural que se forma a partir de la repetición de tres unidades monómeras que son los alcoholes aromáticos sinapil, coniferil y pumaril.

El método para obtenerlo consiste en someter la muestra seca y desengrasada a una primera digestión ácida y posteriormente a una segunda alcalina. La materia orgánica del residuo obtenido se considera la fibra bruta o cruda.

2.8.4 ENERGÍA BRUTA (EB)

GARNSWORTHY y WISEMAN (2009) mencionaron que la energía suministrada en la alimentación está directamente relacionada con su digestibilidad, uno de los objetivos importante para el fitomejoramiento es aumentar la digestibilidad de la materia seca. La eficiencia del uso de la energía de los alimentos es un enfoque importante para aumentar la digestibilidad a un punto que todavía permita la función normal del intestino.

Los mismos autores escribieron que los rumiantes son eficientes en la extracción de energía de las paredes celulares vegetales en comparación con los animales monogástricos, se ha conocido durante mucho tiempo que la producción de metano como un producto de la fermentación en el rumen provoca una ineficiencia en el aprovechamiento de la energía del forraje, se pierde hasta el 15 % del consumo bruto de energía en la producción de metano.

Según DE GRACIA (2011), la energía bruta se mide generalmente en una bomba calorimétrica. La cantidad de energía química en los forrajes, se determina convirtiéndola en energía calórica y midiendo el calor producido. La conversión se realiza oxidando el alimento, sometiéndolo a combustión; la cantidad de calor producido en la combustión completa de una unidad de peso de forraje se denomina energía bruta o calor de combustión de dicho forraje.

El autor antes citado mencionó que para obtener la EB se toma una cantidad conocida de muestra y es quemada en un ambiente con exceso de oxígeno. El calor producido se compara con el obtenido cuando se quema una muestra patrón de poder calorífico conocido y se determina el valor calorífico de la muestra

incógnita. El cálculo del calor producido se realiza a partir de la diferencia de temperaturas, teniendo en cuenta los pesos y valores específicos.

CERRILLO (2012) obtuvo en su investigación de producción de biomasa y valor nutricional del forraje verde hidropónico de trigo y avena 2,7 Mcal EM/kg en materia seca cosechada a los 12 días.

2.8.5 MATERIA ORGÁNICA (MO)

AGROBIT (2008) describió que la materia orgánica en los alimentos y forrajes son los compuestos que contienen carbón (C), hidrógeno (H), oxígeno (O) y nitrógeno (N), para obtenerlo se coloca la muestra del forraje en un horno a 550 °C por 24 horas, la materia orgánica se quema y la materia restante es la parte mineral o ceniza. En los forrajes usualmente contienen de 1 a 12 %.

2.8.6 EXTRACTO ETÉREO (EE)

La UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA (s.f.) manifestó que este método se basa en la extracción continua mediante calor de todas las sustancias solubles en éter de petróleo proveniente de una muestra seca. La razón por la que la muestra debe de estar seca es que el azeótropo éter-agua disuelve compuestos polares, principalmente carbohidratos solubles, los cuales al extraerse alteran el valor del extracto etéreo. (Un azeótropo es una mezcla de dos o más solventes en determinada proporción, en la que el solvente puro y la mezcla destilan a la misma temperatura).

El extracto etéreo está formado principalmente por aceites y grasas, aunque también incluye otro tipo de sustancias liposolubles como vitaminas, esteroides, pigmentos, ácidos orgánicos, etc. El extracto etéreo obtenido se calienta a 100 °C durante 15 minutos para eliminar los compuestos volátiles.

2.8.7 ELEMENTO LIBRE DE NITRÓGENO (ELN)

SERNA y LÓPEZ (2010) manifestaron que el ELN está constituido principalmente por carbohidratos digeribles, así como también vitaminas y demás compuestos orgánicos solubles no nitrogenados; debido a que se obtiene como la resultante de restar a 100 los porcentajes calculados para cada nutriente, los errores cometidos en su respectiva evaluación repercutirán en el cómputo final.

2.8.8 CENIZA

Según la FAO (2008), las cenizas están consideradas, de forma general, como el residuo inorgánico de una muestra de forraje que se obtiene al incinerar la muestra seca a 550°C. Están constituidas por óxidos, carbonatos, fosfatos y sustancias minerales.

2.8.9 FIBRA DETERGENTE NEUTRA (FDN)

SERNA y LÓPEZ (2010) expusieron que el método para determinar la FDN está basado en la solubilidad de un agente tensioactivo, por medio de una disolución neutra de sulfato lauril sódico. Con este método se obtiene una porción soluble que consiste en:

- Carbohidratos solubles, pectinas incluidas
- Mayoría de proteínas
- Lípidos
- Sustancias minerales solubles.

El residuo está compuesto por los componentes fibrosos de las células de la planta, hemicelulosa, celulosa, lignina, de sustancias minerales insolubles y algunas proteínas de las paredes de la célula.

2.8.10 FIBRA DETERGENTE ÁCIDA (FDA)

SERNA y LÓPEZ (2010) manifestaron que el método para determinar la FDA está basado en la solubilidad de un agente tensioactivo, por medio de una solución ácida. Con este método se obtiene una porción soluble que consiste en:

- Hemicelulosa
- Proteínas
- Lípidos
- Sustancias minerales solubles.

El residuo fibroso está compuesto por celulosa, lignina y por las sustancias minerales insolubles en un ambiente ácido, esto se define como FDA. La diferencia en FDN (fibra detergente neutra) y FDA (fibra detergente ácida) generalmente está determinado por la hemicelulosa.

2.9 INVESTIGACIONES REALIZADAS CON FVH DE MAÍZ

LÓPEZ *et al.* (2009) publicó que los sistemas de producción pecuaria sustentan sus prácticas alimenticias en el componente forrajero, elemento que es considerado como el insumo de menor costo a través del cual es posible suplir gran parte de las demandas nutricionales de los animales en producción, utilizando el FVH de maíz como alimento para un lote de ciento cincuenta vacas lecheras durante 60 días, se obtuvieron resultados positivos, con un incremento promedio de 23.7 %; sin embargo, existieron ejemplares que tuvieron hasta 40 % de incremento en producción.

SALAS *et al.* (2010) en su investigación, utilizando dos tipos de semillas de maíz señaló que la producción de forraje fresco depende, en mayor medida, del día de cosecha y de la fertilización que del genotipo utilizado. La fertilización (inorgánica y orgánica) supera significativamente al testigo, lo anterior es debido

al bajo aporte nutrimental del agua potable. Los resultados de esta investigación se detallan en el Cuadro 7.

Cuadro 7. Efecto del genotipo, tipo de fertilización y días a cosecha de las interacciones, sobre el peso fresco (PF), materia seca (MS), proteína cruda (PC), fibra ácido detergente (FAD) y fibra neutro detergente (FND) de forraje verde hidropónico de maíz.

Factor	Tipo de fertilización (TF)			Días de cosecha (DC)		
	Té de compost	Solución nutritiva	Agua potable	12 días	14 días	16 días
PF (kg/m ²)	27.22 ^a	26.41 ^a	21.02 ^b	16.49 ^c	24.42 ^b	33.74 ^a
MS (%)	18.67 ^a	18.82 ^a	17.98 ^b	15.79 ^c	18.13 ^b	21.55 ^a
PC (%)	13.00 ^a	13.25 ^a	12.23 ^b	15.04 ^a	12.80 ^b	10.63 ^c
FAD (%)	13.18 ^a	11.88 ^b	11.45 ^b	10.08 ^c	12.03 ^b	14.40 ^a
FND (%)	41.92 ^a	42.13 ^a	39.07 ^b	38.26 ^c	41.34 ^b	43.52 ^a
Grasa	2.77 ^a	2.81 ^a	2.09 ^b	3.36 ^a	2.41 ^b	1.90 ^c

Fuente: Salas *et al.* (2010).

MALDONADO *et al.* (2013) en su investigación sobre la nutrición mineral de forraje verde hidropónico de trigo variedad Rebeca F200 aplicando la solución nutritiva de Steiner (1961) y cosechados después de 15 días de la siembra obtuvo los siguientes resultados (Cuadro 8).

Cuadro 8. Comparación de medias para materia seca, cenizas, fibra bruta, y Proteína.

Tratamiento	Materia seca %	Cenizas %	Fibra bruta %	Proteína %
T0	9.9250 ^{ab}	2.9500 ^b	66.150 ^a	15.300 ^{bc}
T1	9.3750 ^{ab}	4.0500 ^a	62.575 ^{ab}	18.575 ^a
T2	9.7250 ^{ab}	3.9250 ^a	64.625 ^{ab}	19.000 ^a
T3	9.1750 ^b	3.9000 ^a	57.950 ^{ab}	17.900 ^{ab}
T4	10.5500 ^{ab}	3.4750 ^{ab}	64.350 ^{ab}	16.750 ^{abc}
T5	12.2500 ^b	2.7500 ^b	54.925 ^b	14.325 ^c

Fuente: Maldonado *et al.* (2013).

HERRERA (2007) menciona la composición bromatológica empleada en la investigación de la degradabilidad y digestibilidad de la materia seca del forraje hidropónico de maíz cosechado a los 15 días, estos son: 15 % de PC; 16,28 % de FDA; 63,59 de FDN y 2,39 % de EE.

RIVERA *et al.* (2010) alcanzaron altura de plantas de 29,29 cm recubriendo las bandejas con malla de saco limonero, colocando dos capas de papel absorbente para cubrirla totalmente, en el mismo tratamiento obtuvieron 17,2 % de materia seca y el 18,13 % de proteína bruta usando papel absorbente y solución nutritiva Quimifol®. En el experimento se utilizaron semillas híbridas de maíz SEHIVECA de cultivar HIMECA 2001 y se cosechó a los 11 días.

ORDÓÑEZ (2011) evaluó el forraje hidropónico de avena y maíz en la alimentación de cobayos y el análisis bromatológico del maíz cosechado a los 15 días obtuvo los siguientes resultados: MS 27,76 %; EE 6,41 %; PC 10,63 % y FB 7,21 %. El rendimiento obtenido fue de 3,64 kg por cada kg de semilla sembrada.

MORALES *et al.* (2012) presentaron resultados de su investigación de forraje verde hidropónico de maíz, con diferentes niveles de nutrientes en el riego 0, 25; 50; 75 y 100 % utilizando la solución nutritiva propuesta por Lara (1999) y tres tiempos de cosechas 8, 10 y 12 días, sembró un kg de maíz amarillo Dekalb® híbrido DK 2020 y los resultados obtenidos en producción de biomasa fueron de 5.27 kg con solución nutritiva al 75 % en base húmeda y la mayor altura de la planta fue de 23.03 cm a los día 12 con solución nutritiva al 75 %.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 UBICACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL LUGAR EXPERIMENTAL

El experimento se desarrolló en la finca ganadera La Sevilla, situada en la comuna San Marcos, parroquia Colonche, cantón y provincia de Santa Elena con coordenadas geográficas 05° 41' 54'' de latitud Sur y 97° 77' 35'' de longitud Oeste, la zona cuenta con temperatura promedio anual de 28 °C, precipitación anual de 100 mm y una humedad relativa del 64 % (INAMHI, 2013).

La fecha inicial del experimento fue el 1 de octubre de 2014, se manifiesta además que anteriormente se realizó algunos ensayos en el centro de apoyo de la UPSE ubicado en la cabecera parroquial de Colonche para corregir aspectos importantes en la germinación, manejo y producción de FVH.

Durante este tiempo se pudo verificar detalles como la inclinación de las bandejas para evitar encharcamientos de agua en las unidades experimentales, se determinó el porcentaje de germinación del maíz a utilizar en el experimento y las perchas se redujeron a un solo nivel para que todos los tratamientos reciban la misma cantidad de luz. El experimento culminó en diciembre del mismo año.

3.2 MATERIALES Y EQUIPOS

- Bombas CP3 capacidad 20 litros
- Bandejas
- Perchas para bandejas
- Termo-higrómetro digital
- Medidor de humedad relativa
- Cinta medidor de pH

- Balanza analítica
- Balanza electrónica
- Baldes plásticos
- Jarra con medidas en litros
- Flexómetro
- Regla
- Plástico negro
- Fundas plásticas herméticas
- Fundas de papel
- Tijera
- Machete
- Reloj
- Frascos de vidrio oscuro
- Cámara fotográfica
- Libreta de apuntes
- Marcador permanente
- Hielera de espuma flex
- Soluciones nutritivas
- Agua de riego
- Hipoclorito de sodio (NaClO).

3.3 MÉTODOS

3.3.1 TRATAMIENTOS Y DISEÑO EXPERIMENTAL

En este experimento se utilizó un diseño completamente al azar (DCA) con arreglo factorial 4 x 3 (3 soluciones nutritivas + 1 testigo x 3 tiempos de cosecha) y 3 repeticiones por cada tratamiento, (Cuadro 1A) y los resultados fueron analizados en el paquete estadístico INFOSTAT para Windows 7 y las medias fueron comparadas mediante la prueba de Tukey $p \leq 0.05$ de probabilidad.

3.3.2 FACTORES EN ESTUDIO

3.3.2.1 Soluciones nutritivas

Para el experimento de FVH de maíz, se escogieron tres soluciones nutritivas:

- Solución nutritiva Hoagland (Llanos 2001)
- Solución nutritiva La Molina (Universidad Nacional Agraria La Molina 2010)
- Solución nutritiva de la FAO (Marulanda 2003)
- El testigo se consideró como factor de estudio y se representó dentro de los tratamientos como Solución 0 (S0).

3.3.2.2 Tiempos de cosecha

Uno de los objetivos planteados en el experimento fue determinar cuál es el mejor tiempo para la cosecha del FVH de maíz (*Zea mays*) y para el experimento se plantearon tres tiempos de cosechas que se describen a continuación:

- 12 días – Tiempo 1 (T1)
- 15 días – Tiempo 2 (T2)
- 18 días – Tiempo 3 (T3).

Los tiempos de cosecha están considerados desde el día en que se siembran las semillas en las bandejas hasta el día de su cosecha.

3.4 ANÁLISIS DE LA VARIANZA

El análisis de la varianza se detalla en el Cuadro 9.

Cuadro 9. Análisis de la varianza.

Fuente de variación	Grados de libertad
Total	35
Tratamientos	11
Factor A (Soluciones nutritivas)	3
Factor B (Tiempos de cosecha)	2
A x B	6
Error	24

3.5 VARIABLES EXPERIMENTALES

3.5.1 ALTURA DE PLANTAS

Se tomaron datos cada dos días después de la etapa de germinación, se midió con una regla desde la parte baja de la bandeja hasta la punta de la hoja bandera del maíz hidropónico su medida se expresó en centímetros, para el control de esta variable se señaló con hilo rojo diez plantas en cada unidad experimental. En el día de cosecha de los tratamientos a los 12, 15 y 18 días se midió esta variable para determinar su altura total alcanzada.

3.5.2 PRODUCCIÓN DE BIOMASA (kg/m^2) A LOS 12, 15 Y 18 DÍAS

Esta variable se la tomó en el momento de la cosecha a los 12, 15 y 18 días respectivamente, para evitar que el peso del agua aumente su peso final se dejó sin riego un día antes de la cosecha.

Para facilitar el proceso de cosecha, se enrolló el FVH de maíz producido en cada unidad experimental, luego se trasladó hasta la balanza electrónica donde se tomó su peso y este se determinó en kg.

3.5.3 ANÁLISIS PROXIMAL Y PARED CELULAR

Se evaluó esta variable a través de un análisis bromatológico de la biomasa del FVH de maíz producido en Santa Elena, estos análisis se realizaron en laboratorio de bromatología de la Escuela Superior Politécnica del Chimborazo ESPOCH.

Para la recolección de las muestras se tomó 1 kg del centro de cada una de las 36 unidades experimentales, luego de pesarlas se las colocó en fundas herméticas escribiendo en ella su respectivo código y se colocó las muestras en hieleras para mantenerlas frescas mientras son transportadas.

En el laboratorio se determinó los siguientes componentes del FVH de maíz:

- Materia seca MS (g/kg)
- Proteína cruda PC (% MS)
- Fibra bruta FB (% MS)
- Cenizas (% MS)
- Extracto etéreo EE (% MS)
- Fibra detergente neutra FDN (% MS)
- Fibra detergente acida FDA (% MS)
- Elementos libres de nitrógeno ELN (% MS).

Los resultados del análisis proximal y pared celular fueron devueltos en forma digital mediante de correo electrónico y se muestran en la Figura 1A.

3.5.3.1 Determinación de la materia orgánica (MO kg/m²)

La materia orgánica se determinó mediante el cálculo propuesto por WITTIAUX (2001) que se detalla a continuación y los resultados están en el Cuadro 2A.

$$MO = MS - \text{Cenizas}$$

MO.- Materia orgánica (kg/m²)

MS.- Materia seca (kg/m²)

3.5.3.2 Determinación de la energía bruta (EB Mcal/kg/MS)

WITTIAUX (2001) determinó la energía bruta mediante la siguiente fórmula y los resultados se encuentran en el Cuadro 2A.

$$EB = (5,6 \times PC) + (9,4 \times EE) + (4,2 \times FB) + (4,2 \times ELN)$$

EB.- Energía bruta (%)

PC.- Proteína cruda (%)

EE.- Extracto etéreo (%)

ELN.- Elemento libre de nitrógeno (%)

Los resultados y datos obtenidos en producción de biomasa, materia seca, proteína cruda y materia orgánica fueron transformados a kg/m^2 y $\text{kg/m}^2/\text{año}$ (Cuadro 2A).

3.5.3 CÁLCULOS PARA PRODUCCIÓN ANUAL

Se realizaron cálculos para la producción anual de la biomasa, MS, PC y MO de cada uno de los tratamientos y los tres tiempos de cosecha 12, 15 y 18 días, se multiplicó la producción por la cantidad de cosechas realizadas en un año (para 12 días, 30 cosechas; para 15 días, 24 cosechas y para 18 días 20 cosechas) y se mide en $\text{kg/m}^2/\text{año}$.

3.6 MANEJO DEL EXPERIMENTO

3.6.1 PREPARACIÓN DE LAS SOLUCIONES NUTRITIVAS

Las tres soluciones nutritivas fueron preparadas en el laboratorio de química de la UPSE de acuerdo a los estándares establecidos por sus autores y se encuentran disponibles de forma libre en internet, para elegir estas soluciones nutritivas se consideraron los elementos químicos disponibles en los distribuidores locales.

Las fórmulas de cada una de las tres soluciones nutritivas, se prepararon en dos soluciones concentradas: solución A (macronutrientes) y solución B (micronutrientes) para que estas conserven las propiedades químicas de sus elementos que las conforman.

La mezcla se la realizó en vasos de precipitación, se introdujo medio litro de agua destilada, luego se pesó cada elemento en una balanza analítica de acuerdo a las

formulas establecidas en cada solución concentrada A ó B, se las diluyó en el agua con un agitador manual y se removió hasta lograr su disolución completa, luego se añadió el faltante de agua hasta completar un litro de cada solución.

En la Tabla 1 se detalla la fórmula de la solución nutritiva de Hoagland.

Tabla 1. Sales utilizadas en la solución nutritiva Hoagland.

Solución concentrada A		
Nombre comercial	Fórmula	Peso g/litro
Nitrato de potasio	KNO_3	101,10
Nitrato de calcio	$Ca(NO_3)_2$	236,16
Ácido fosfórico	$NH_4H_2PO_4$	115,08
Sulfato de magnesio	$MgSO_4$	246,49
Solución concentrada B		
Cloruro de potasio	KCl	3,728
Ácido bórico	H_3BO_3	1,546
Sulfato de manganeso	$MnSO_4$	0,338
Sulfato de zinc	$ZnSO_4$	0,575
Sulfato de cobre	$CuSO_4$	0,125
Ácido tetraoxomolibdico	H_2MoO_4	0,081
Quelato de hierro	Fe-Quelato	6,922

Fuente: Llanos (2001).

En la solución La Molina fue necesario realizar algunas conversiones peso/volumen porque las establecidas por la Universidad La Molina de Perú (2010) estaban para cinco litros de agua en la solución concentra A y dos litros de agua en la solución concentrada B.

Las conversiones se realizaron para un litro de agua en las dos soluciones concentradas, excepto con los pesos para la solución de micronutrientes, que va

dentro de la solución concentrada B, estos valores si estaban establecidos para un litro de agua. Las sales empleadas en la solución nutritiva La Molina se detallan en la Tabla 2.

Tabla 2. Sales utilizadas en la solución nutritiva La Molina.

Solución concentrada A		
Nombre comercial	Fórmula	Peso g/litro
Nitrato de potasio	KNO_3	110,0
Nitrato de amonio	$(NH_4)(NO_3)$	70,0
Superfosfato triple	$Ca (H_2PO_4)2H_2O$	36,0
Solución concentrada B		
Sulfato de magnesio	$MgSO_4$	44,0
Quelato de hierro 6 %	Fe-Quelato	3,4
Solución de micronutrientes	*	80 ml
*Solución de micronutrientes		
Sulfato de manganeso	$MnSO_4$	5,0
Ácido bórico	H_3BO_3	3,0
Sulfato de zinc	$ZnSO_4$	1,7
Sulfato de cobre	$CuSO_4$	1,0
Molibdato de amonio	$(NH_4)_6Mo_7O_{24}$	0,2

Fuente: Universidad Nacional Agraria La Molina (2010).

*Mezcla de micronutrientes para la Solución concentrada B.

Para la preparación de la solución recomendada por la FAO para cultivos de forrajes verdes hidropónicos, al igual que las otras soluciones nutritivas se preparó en dos soluciones concentradas A y B, la fórmula y pesos requeridos para un litro se detallan en la Tabla 3.

Tabla 3. Sales utilizadas para preparar la solución FAO.

Solución concentrada A		
Nombre comercial	Fórmula	Peso g/litro
Fosfato de amonio	$\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$	49,2
Nitrato de calcio	$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$.	210,0
Nitrato de potasio	KNO_3	110,0
Solución concentrada B		
Sulfato de magnesio	MgSO_4	49,2
Sulfato de cobre	CuSO_4 .	0,48
Sulfato de manganeso	MnSO_4	2,5
Sulfato de zinc	ZnSO_4 .	1,2
Ácido bórico	H_3BO_3	6,2
Molibdato de amonio	$(\text{NH}_4)_6 \text{Mo}_7\text{O}_{24}$	0,02
Nitrato de magnesio	$\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$	92,0 cc
Quelato hierro	Fe. Quelato	8,5

Fuente: Marulanda (2003).

Luego de la preparación de las tres soluciones nutritivas se las colocó en seis frascos de vidrio oscuro con su identificación correspondiente, en estos frascos se conservaran su composición estructural y estarán mejor preservados al momento del traslado al lugar del experimento.

3.6.1.1 Disolución de los macro y micronutrientes en las soluciones nutritivas para regar con las bombas CP3

Para preparar cada una de las soluciones nutritivas se disolvió en un balde con agua la solución concentrada A y en otro balde la solución concentrada B, según indicaciones descritas por los autores (Tabla 4). Para las tres soluciones nutritivas; Hoagland, La Molina y FAO se tomó en una jeringa 25 ml de solución concentrada A y se colocó en un balde con agua, de igual manera se puso 10 ml

de solución concentrada B en el otro balde con agua esto se estableció de acuerdo a cálculos para los 20 litros de capacidad de las bombas CP3.

Posteriormente se mezclaron los contenidos de los dos baldes, se completaron los 20 litros de agua, se comprobó el pH que estuvo en el valor de 7 y se regó a los tratamientos experimentales de FVH de maíz.

Tabla 4. Soluciones nutritivas, dosis y simbología empleadas.

Solución nutritiva	Dosis		Simbología
	Solución A Macro nutrientes	Solución B Micro nutrientes	
Hoagland ¹	5 ml/4L	2 ml/4L	S1
La Molina ²	5 ml /4L	2 ml/4L	S2
FAO ³	1,25 ml/L	0,5 ml/L	S3
Testigo	0 ml/L	0 ml/L	S0

Fuentes: Llanos 2001 (1)

Universidad Nacional Agraria La Molina 2010 (2)

Marulanda 2003 (3)

3.6.2 CONSTRUCCIÓN DEL INVERNADERO Y ESTANTERÍA

Para el experimento se construyó un invernadero artesanal de caña guadua con medidas de 7 m de ancho por 9 m de largo y 3 m de alto forrado con plástico transparente en el cual se realizaron las primeras pruebas con el FVH de maíz.

Para el efecto se construyeron estanterías de tres pisos, sin embargo se llegó a la conclusión que los tratamientos del primer y segundo piso no recibían suficiente luz en la parte central de las bandejas y para el experimento final se redujo la estantería a un solo nivel de 40 cm del suelo con un 3 % de inclinación promedio.

Debido a que se requería un lugar con un área de 91 m² se movió la unidad experimental, se la instaló debajo de un árbol de algarrobo que proporcionaba sombra y una temperatura adecuada para realizar la investigación.

3.6.2.1 Características de las bandejas

Las bandejas utilizadas fueron construidas con plywood y forradas con plástico negro, sus dimensiones fueron de 1 x 1 x 0,04 m, quedando como parcela total de 36 m² los que fueron los utilizados en el experimento.

3.6.3 SORTEO DE LOS TRATAMIENTOS

Como se utilizó un diseño completamente al azar (DCA) las unidades experimentales se sometieron a un sorteo para determinar su ubicación dentro del experimento y su codificación (Figura 2A).

3.6.4 SELECCIÓN DE SEMILLAS DE MAÍZ

Se compró maíz en mazorcas variedad *Agri 104*, esta variedad está adaptada a las condiciones climáticas locales y fueron desgranadas a mano para no dañar su estructura y de esta manera obtener mejor porcentaje de germinación.

.Como prueba del porcentaje de germinación antes de iniciar el experimento, se tomaron 100 semillas del maíz *Agri 104* y se las puso a germinar, se hicieron dos repeticiones, luego de 48 horas se contaron las semillas germinadas cuyo promedio fue del 94 % de germinación de esta variedad de semilla.

Se colocaron 2,5 kg de semillas seleccionadas en cada unidad experimental sin tratamiento con productos químicos para evitar contaminación en el producto final que servirá en la alimentación del ganado y después se ubicó las semillas en baldes plásticos separados por unidad experimental.

3.6.5 LAVADO, DESINFECCIÓN Y PRE-GERMINACIÓN

El lavado se realizó después del pesado de las semillas de maíz, se colocó abundante agua en los baldes con las semillas, estas se las volteaba con las manos para que floten todas la impurezas y semillas infértiles las cuales fueron retiradas, se repitió el proceso tres veces o hasta lograr una limpieza total de las semillas.

Después se las colocó en una solución de hipoclorito de sodio al 1 % (diez ml de cloro por cada litro de agua), durante tres minutos y de esta manera se realizó la desinfección de las semillas.

Posteriormente se retiró el agua con cloro de los baldes y se enjuagó las semillas con abundante agua limpia para eliminar restos del cloro, se puso agua en los baldes con las semillas y se las dejó remojando durante doce horas más, en esta etapa las semillas empezaron a absorber agua e hidratarse.

Luego de las doce primeras horas de remojo se les hizo recambio de agua dejándoles orear por una hora, posteriormente se les introdujo una vez más en agua por doce horas más. Importante señalar que en este proceso los baldes se tapaban con plástico negro para evitar los rayos del sol.

3.6.6 GERMINACIÓN

Después de la pre-germinación se sacó el restante del agua en los baldes y se colocaron las semillas remojadas en cada una de las bandejas, además se comprobó que estas semillas aumentaron su peso de 2,5 kg a 3,5 kg (promedio general) por el agua absorbida durante el proceso de pre-germinación.

Las semillas se distribuyeron por todo el área de las bandejas sin dejar espacios vacíos, esto se realizó con todos los tratamientos y se cubrió con plástico negro para darle total oscuridad. Se regó tres veces al día para mantener la humedad.

3.6.7 CRECIMIENTO

Pasado los cuatro días de germinación se procedió a destapar las bandejas y se observó que las semillas estaban germinadas y de color amarillo claro e inmediatamente se empezó el riego con las soluciones nutritivas en bombas CP3 durante un minuto por unidad experimental.

Se aplicó riego a todos los tratamientos seis veces al día (8, 10, 12, 14, 16 y 18 horas) durante cuatro días (T1), cinco días (T2) y seis días (T3), el resto de días se regó únicamente con agua y se dejó sin riego un día antes de la cosecha para evitar sesgos en los pesos finales.

3.6.8 COSECHA

Finalmente en el día de cosecha (12, 15 y 18) se tomaron las variables altura de plantas y producción de biomasa, se procedió a enrollar el FVH en cada uno de las unidades experimentales y se las colocó en la balanza electrónica para determinar su peso final, esto se realizó en cada periodo de cosecha.

Posteriormente se tomaron muestras de 1 kg por cada unidad experimental, se las colocó en fundas herméticas, se registraron con sus respectivos códigos y se las envió al laboratorio de la ESPOCH.

3.7 MATERIAL BIOLÓGICO

Se utilizaron semillas de maíz (*Zea mays*) variedad *Agri 104*, adquiridas de los agricultores de la comuna Cerezal Bellavista de la parroquia Colonche. Esta variedad de semillas ha sido mejorada para las condiciones climáticas de la zona del litoral, su grano es de color amarillo, uniforme y sus hileras aparecen perfectamente alineadas, posee una textura cristalina con una leve capa harinosa, la mazorca mide entre 16,5 y 19,5 cm de largo y los 1000 granos pesan 424 gr.

4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 RESULTADOS

4.1.1 ALTURA DE PLANTAS

En el Cuadro 10 se detalla la altura de plantas del experimento.

Cuadro 10. Altura de plantas de FVH de maíz.

Tratamientos	Altura de plantas (cm)		
	Días		
	12	15	18
Testigo	21,66 ^a	20,25 ^a	23,32 ^a
Hoagland	25,42 ^b	24,75 ^b	26,72 ^b
La Molina	26,56 ^c	25,42 ^b	27,51 ^b
FAO	28,79 ^d	25,90 ^b	26,96 ^b
CV (%)	1,42	3,18	2,08

Letras diferentes en columnas indican diferencias significativas. Tuckey $p \leq 0.05$.

A los 12 días de cosecha la mayor altura de plantas se obtuvo con el tratamiento FAO con un promedio de 28,79 cm seguido de La Molina con 26,56 cm y Hoagland con 25,42 cm siendo el Testigo el de menor altura con 21,66 cm, con un coeficiente de variación de 1,42 % demostrando que existieron cuatro grupos estadísticos diferentes.

A los 15 días de cosecha se presentaron dos grupos estadísticos siendo FAO, La Molina y Hoagland iguales estadísticamente con 25,90; 25,42 y 24,75 cm, respectivamente ($p \leq 0.05$), y el Testigo se encuentra en el otro grupo estadístico con menor altura (20,25 cm) con un coeficiente de variación de 3,18 %.

A los 18 días de cosecha formaron un grupo estadístico los tratamientos La Molina, FAO y Hoagland con 27,51; 26,96 y 26,72 cm, respectivamente ($p \leq 0.05$),

diferenciándose del Testigo que obtuvo la menor altura con 23,32 cm, el coeficiente de variación fue de 2,08 %.

El crecimiento de plantas en los tratamientos (Figura 1), muestra a la solución FAO con un mejor desarrollo, luego Hoagland y La Molina con un crecimiento similar y el testigo menor crecimiento.

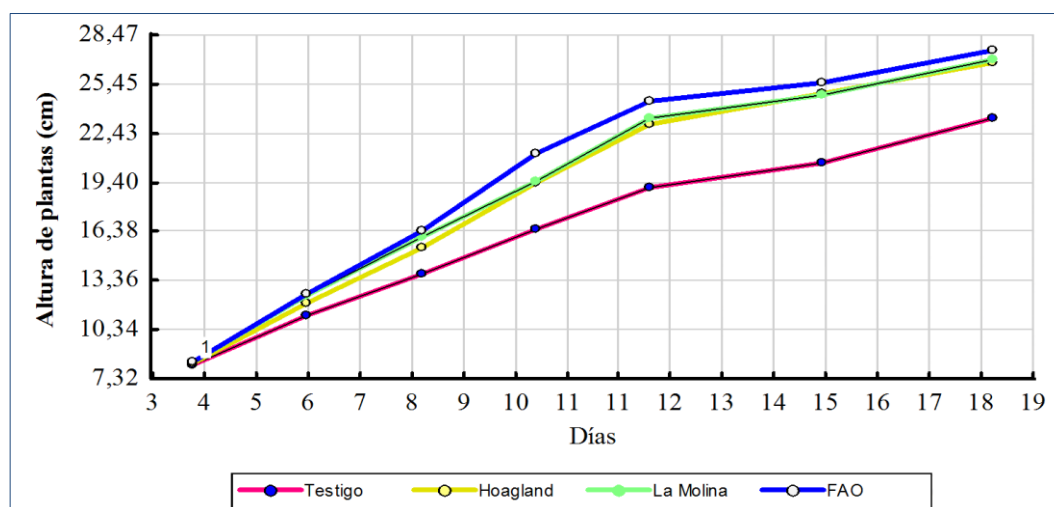


Figura 1. Curva de crecimiento de plantas en los tratamientos.

4.1.2 PRODUCCIÓN DE BIOMASA (kg/m^2 y $\text{kg/m}^2/\text{año}$)

En el Cuadro 11 se detallan las producciones de biomasa obtenida en el experimento.

Cuadro 11. Producción de biomasa de FVH de maíz.

Tratamientos	Biomasa (kg/m^2)			Biomasa ($\text{kg/m}^2/\text{año}$)		
	Días			Días		
	12	15	18	12	15	18
Testigo	15,63 ^a	16,10 ^a	15,87 ^a	468,90 ^a	386,40 ^a	317,40 ^a
Hoagland	18,17 ^b	19,17 ^b	18,80 ^b	545,10 ^b	460,08 ^b	376,00 ^b
La Molina	18,18 ^b	19,23 ^b	18,92 ^b	545,40 ^b	461,52 ^b	378,40 ^b
FAO	18,27 ^b	19,64 ^b	19,95 ^b	548,10 ^b	471,36 ^b	399,00 ^b
CV (%)	3,64	3,51	4,05	3,64	3,51	4,05

Letras diferentes en columnas indican diferencias significativas. Tuckey $p \leq 0.05$.

A los 12 días de cosecha se presentaron dos grupos estadísticos; FAO, La Molina y Hoagland con 18,27; 18,18 y 18,17 kg/m², respectivamente, compartieron el mismo grupo estadístico ($p \leq 0.05$) y el Testigo obtuvo la más baja producción con 15,63 kg/m², el coeficiente de variación fue de 3,64 %.

A los 15 días de cosecha las medias muestran a FAO, La Molina y Hoagland en un grupo estadísticamente igual con 19,64; 19,23 y 19,17 kg/m², respectivamente ($p \leq 0.05$), resultando el Testigo en un grupo diferente con solo 16,10 kg/m², con un coeficiente de variación de 3,51%.

A los 18 días de cosecha existieron diferencias estadísticas significativas entre las soluciones FAO, La Molina y Hoagland con 19,95; 18,92 y 18,80 kg/m², respectivamente ($p \leq 0.05$), con respecto al grupo Testigo con 15,87 kg/m². El coeficiente de variación fue de 4,05 %.

La proyección anual de biomasa cosechada a los 12 días mostró dos grupos estadísticos siendo FAO, La Molina y Hoagland con 548,10; 545,40 y 545,10 kg/m²/año iguales ($p \leq 0.05$) y el Testigo con 468,90 kg/m²/año con un coeficiente de variación de 3,64 %.

Proyectando anualmente los resultados de los 15 días de cosecha se formaron dos grupos estadísticos con FAO, La Molina y Hoagland en el mismo grupo por ser estadísticamente igual con 471,36; 461,52 y 460,08 kg/m²/año y el Testigo con rendimiento inferior se halló en otro grupo con 386,40 kg/m²/año. El coeficiente de variación fue de 3,51 %.

Así mismo la producción anual a los 18 días de cosecha mostró como resultado dos grupos estadísticos en donde las soluciones nutritivas FAO, La Molina y Hoagland son estadísticamente iguales con 399,00; 378,40 y 376,00 kg/m²/año y el Testigo con menor rendimiento alcanzó únicamente 317,40 kg/m²/año con un coeficiente de variación de 4,05 %.

En la Figura 2 se muestra la proyección anual de la producción de biomasa del FVH de maíz de los tratamientos.

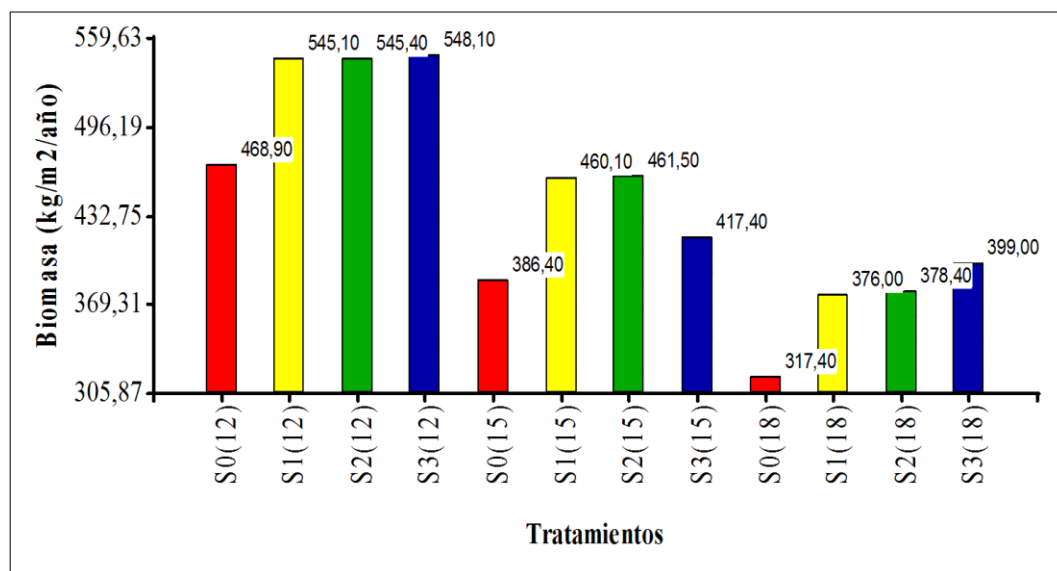


Figura 2. Proyección anual de la producción de biomasa del FVH de maíz (kg/m²/año).

4.1.3 PRODUCCIÓN DE MATERIA SECA (kg/m² y kg/m²/año)

El Cuadro 12 especifica la producción de materia seca obtenida en el experimento.

Cuadro 12. Producción de materia seca de FVH de maíz.

Tratamientos	Materia seca (kg/m²)			Materia seca (kg/m²/año)		
	Días			Días		
	12	15	18	12	15	18
Testigo	3,43 ^a	2,68 ^a	2,90 ^a	102,90 ^a	64,32 ^a	58,00 ^a
Hoagland	4,58 ^b	3,22 ^b	4,25 ^c	137,40 ^b	77,28 ^b	85,00 ^c
La Molina	3,11 ^a	4,09 ^c	3,71 ^b	93,30 ^a	98,16 ^c	74,20 ^b
FAO	3,79 ^b	4,59 ^c	3,66 ^b	113,70 ^b	110,16 ^c	73,20 ^b
CV (%)	8,21	6,70	5,32	8,21	6,70	5,32

Letras diferentes en columnas indican diferencias significativas. Tuckey $p \leq 0.05$.

A los 12 días de cosecha se presentaron dos grupos estadísticos; en el primero alcanzaron los mejores rendimientos las soluciones Hoagland y FAO con

4,58 kg/m² y 3,79 kg/m², respectivamente ($p \leq 0.05$), y en el segundo las soluciones Testigo y La Molina con 3,43 y 3,11 kg/m², respectivamente. El coeficiente de variación fue de 8,21 %.

A los 15 días de cosecha se presentaron tres grupos estadísticos, el primero lo conformaron los tratamientos FAO y La Molina con 4,59 y 4,09 kg/m², respectivamente ($p \leq 0.05$); el segundo la solución Hoagland con 3,22 kg/m² y el tercero el Testigo quien obtuvo la menor producción con 2,68 kg/m², con un coeficiente de variación de 6,70 %.

A los 18 días se presentaron tres grupos estadísticos. El primero con la solución Hoagland con 4,25 kg/m², el segundo conformado por las soluciones La Molina y FAO con 3,71 y 3,66 kg/m² y como tercero el Testigo con 2,90 kg/m², respectivamente ($p \leq 0.05$). El coeficiente de variación fue de 5,32 %.

En la proyección anual a los 12 días de cosecha existieron dos grupos estadísticos, el primero conformado por los tratamientos Hoagland y FAO con 137,40 y 113,70 kg/m²/año, respectivamente, el segundo formado por los tratamientos Testigo y La Molina con 102,90 y 93,30 kg/m²/año, respectivamente ($p \leq 0.05$). El coeficiente de variación fue de 8,21 %.

La proyección anual a los 15 días de cosecha presentó tres grupos estadísticos, siendo los tratamiento FAO y La Molina con 110,16 y 98,18 kg/m²/año estadísticamente iguales ($p \leq 0.05$) le siguió la solución Hoagland con 77,28 kg/m²/año y el Testigo con menor producción (64,32 kg/m²/año). El coeficiente de variación fue de 6,70 %.

Proyectando anualmente los resultados a los 18 días de cosecha formaron tres grupos estadísticos; en el primero estuvo Hoagland con 85 kg/m²/año, en el segundo La Molina y FAO con 74,20 y 73,20 kg/m²/año y con menor producción el Testigo con 58 kg/m²/año. El coeficiente de variación fue de 5,32 %.

En la Figura 3 se muestra la proyección anual de la producción de materia seca de FVH de maíz de los tratamientos.

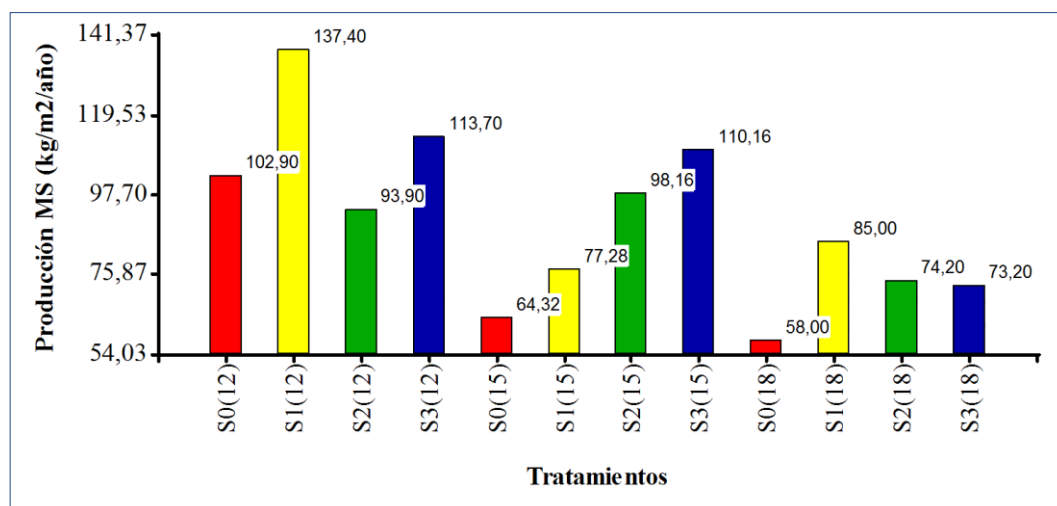


Figura 3. Proyección anual de la producción de MS (kg/m²/año)

4.1.5 PROTEINA CRUDA (kg/m² y kg/m²/año)

El Cuadro 13 muestra la producción de proteína cruda obtenida en el experimento.

Cuadro 13. Producción de proteína cruda de FVH de maíz

Tratamientos	Proteína cruda (kg/m²)			Proteína cruda (kg/m²/año)		
	Días			Días		
	12	15	18	12	15	18
Testigo	0,47 ^a	0,42 ^a	0,50 ^a	14,04 ^a	10,06 ^a	10,08 ^a
Hoagland	0,71 ^b	0,53 ^b	0,74 ^c	21,30 ^b	12,67 ^b	14,96 ^c
La Molina	0,46 ^a	0,59 ^b	0,68 ^b	13,80 ^a	14,06 ^b	13,60 ^b
FAO	0,52 ^a	0,59 ^b	0,64 ^b	15,51 ^a	14,26 ^b	12,86 ^b
CV (%)	15,5	3,64	7,07	15,5	3,64	7,07

Letras diferentes en columnas indican diferencias significativas. Tuckey $p \leq 0.05$.

A los 12 días de cosecha se presentaron dos grupos estadísticos, en el primero estuvo el tratamiento Hoagland con 0,71 kg/m² y en el segundo FAO, el Testigo y La Molina con 0,52; 0,47 y 0,46 kg/m², respectivamente ($p \leq 0.05$). El coeficiente de variación fue de 15,5 %.

A los 15 días de cosecha se mostraron dos grupos estadísticos, en el primer grupo encontramos a FAO y La Molina estadística y numéricamente igual con 0,59 kg/m² y Hoagland con 0,53 kg/m²; en el otro grupo el Testigo únicamente con 0,42 kg/m², el coeficiente de variación fue de 3,64 %.

A los 18 días de la mayor producción se obtuvo en el tratamiento Hoagland con 0,74 kg/m² seguido de La Molina y FAO con 0,68 y 0,64 kg/m², respectivamente ($p \leq 0.05$), siendo el Testigo el de menor producción con 0,50 kg/m², el coeficiente de variación de 7,07 % demostró tres grupos estadísticos.

La proyección anual mostró dos grupos estadísticos a los 12 días de cosecha, en el primero encontramos al tratamiento Hoagland con 21,30 kg/m²/año; agrupados en el segundo están los tratamientos FAO, Testigo y La Molina estadísticamente igual ($p \leq 0.05$) con 15,51; 14,04 y 13,80 kg/m²/año, respectivamente. El coeficiente de variación fue de 15,5 %.

La proyección anual a los 15 días de cosecha mostró dos grupos estadísticos. Compartiendo el primero están los tratamientos FAO, La Molina y Hoagland con 14,26; 14,06 y 12,67 kg/m²/año, respectivamente ($p \leq 0.05$), en el otro grupo estuvo el Testigo con menor producción (10,06 kg/m² /año). El coeficiente de variación fue de 3,64 %.

La proyección anual a los 18 días de cosecha mostró como mejor tratamiento a Hoagland con 14,96 kg/m²/año seguido de La Molina y FAO con 13,60 y 12,86 kg/m²/año siendo el Testigo el de menor producción con 10,08 kg/m²/año con un coeficiente de variación de 7,07 % se muestran tres grupos estadísticos.

4.1.6 MATERIA ORGÁNICA (kg/m² y kg/m²/año)

En el Cuadro 14 se representa la producción de materia orgánica obtenida en el experimento.

Cuadro 14. Producción de materia orgánica del FVH de maíz.

Tratamientos	Materia orgánica (kg/m ²)			Materia orgánica (kg/m ² /año)		
	Días			Días		
	12	15	18	12	15	18
Testigo	3,34 ^a	2,61 ^a	2,80	100,20 ^a	62,64 ^a	56,02
Hoagland	4,48 ^b	3,10 ^a	3,11	134,40 ^b	74,40 ^a	62,20
La Molina	3,02 ^a	3,98 ^b	3,57	90,60 ^a	95,52 ^b	71,40
FAO	3,69 ^{ab}	4,46 ^b	3,52	110,70 ^{ab}	107,04 ^b	70,40
CV (%)	8,57	6,76	9,33	8,57	6,76	9,33

Letras diferentes en columnas indican diferencias significativas a $p \leq 0.05$.

A los 12 días de cosecha se presentaron dos grupos estadísticos, el primero lo conformaron los tratamientos Hoagland y FAO con 4,48 y 3,69 kg/m²; el segundo, conformado por las soluciones FAO, Testigo y La Molina con 3,69; 3,34 y 3,02 kg/m², respectivamente ($p \leq 0.05$). El coeficiente de variación fue de 8,57 %.

A los 15 días de cosecha se observan dos grupos estadísticos mostrando mayor rendimiento los tratamientos FAO y La Molina con 4,46 y 3,98 kg/m² respectivamente; Hoagland y el Testigo obtuvieron menor producción con 3,10 y 2,80 kg/m², respectivamente ($p \leq 0.05$). El coeficiente de variación fue de 6,76 %.

A los 18 días de cosecha los tratamientos no presentaron diferencia estadística ($p \leq 0.05$), mostrando mayor producción La Molina con 3,57 kg/m², y el Testigo con menor producción (2,80 kg/m²). El coeficiente de variación fue de 9,33 %

La proyección anual a los 12 días mostró dos grupos estadísticos. El primero lo comparten los tratamientos Hoagland y FAO con 134,40 y 110,70 kg/m²/año, comparativamente; en el segundo encontramos también al tratamiento FAO conllevando al Testigo y La Molina con 110,70 100,20 y 90,60 kg/m²/año, respectivamente ($p \leq 0.05$). El coeficiente de variación fue de 8,57 %.

La producción anual a los 15 días de cosecha presentó dos grupos estadísticos, los mejores resultados se observó en los tratamiento FAO y La Molina con 107,04 y 92,52 kg/m²/año seguido de Hoagland y el Testigo con 74,40 y 62,64 kg/m²/año, respectivamente ($p \leq 0.05$). El coeficiente de variación fue de 6,76 %.

Para la proyección anual a los 18 días de cosecha no mostró diferencia estadística significativa entre los tratamientos ($p \leq 0.05$); siendo La Molina el de mejor producción con 71,40 kg/m²/año quedando el Testigo como el de más baja rendimiento con 56,02 kg/m²/año. El coeficiente de variación fue de 9,33 %.

4.1.7 ENERGÍA BRUTA (Mcal/kgMS)

En el Cuadro 15 se especifica la energía bruta obtenida en los tratamientos.

Cuadro 15. Producción de energía bruta de FVH de maíz.

Tratamientos	Energía bruta (Mcal/kgMS)		
	Días		
	12	15	18
Testigo	2,69	2,51 ^a	2,30
Hoagland	2,65	2,49 ^a	2,39
La Molina	2,58	2,70 ^b	2,28
FAO	2,78	2,75 ^b	2,33
CV (%)	4,19	2,18	3,61

Letras diferentes en columnas indican diferencias significativas. Tuckey $p \leq 0.05$.

A los 12 días de cosecha no existió diferencia estadística significativa entre los tratamientos ($p \leq 0.05$), la solución con mejor rendimiento fue FAO con 2,78 Mcal/kgMS y el de menor rendimiento La Molina con 2,58 Mcal/kgMS. El coeficiente de variación fue de 4,19 %.

A los 15 días de cosecha se obtuvo dos grupos estadísticos, en el primer grupo están los tratamientos FAO y La Molina con 2,75 y 2,70 Mcal/kgMS; y en el segundo el Testigo y Hoagland con 2,51 y 2,49 Mcal/kgMS, respectivamente ($p \leq 0.05$). El coeficiente de variación fue de 2,18 %.

A los 18 días de cosecha no se halló diferencia significativa entre los tratamientos mostrando mejor rendimiento Hoagland con 2,39 Mcal/kgMS y la más baja producción con la solución La Molina (2,28 Mcal/kgMS), el coeficiente de variación fue de 3,61 %.

4.1.8 EXTRACTO ETÉREO (%)

En el Cuadro 16 se detalla el extracto etéreo de los tratamientos.

Cuadro 16. Producción de extracto etéreo de FVH de maíz.

Tratamientos	Extracto etéreo (%)		
	Días		
	12	15	18
Testigo	3,82 ^b	4,28 ^a	4,66 ^a
Hoagland	2,68 ^a	5,59 ^b	4,33 ^a
La Molina	4,75 ^c	4,24 ^a	5,64 ^b
FAO	3,59 ^b	4,22 ^a	5,84 ^b
CV (%)	5,58	4,69	5,74

Letras diferentes en columnas indican diferencias significativas. Tuckey $p \leq 0.05$.

A los 12 días de cosecha la mayor producción se obtuvo con el tratamiento La Molina con 4,75 % siendo el Testigo y FAO estadísticamente igual ($p \leq 0.05$) con 3,82 y 3,59 %; Hoagland con menor rendimiento (2,68 %), con un coeficiente de variación de 5,58 % señaló que existieron tres grupos estadísticos.

A los 15 días de cosecha se forman dos grupos estadísticos en el primero se encontró al tratamiento Hoagland con 5,59 % y en el segundo están el Testigo, La Molina y FAO con 4,28; 4,24 y 4,22 %, respectivamente ($p \leq 0.05$), el coeficiente de variación fue de 4,69 %.

A los 18 días de cosecha se formaron dos grupos estadísticos, en el primero están FAO y La Molina con 5,84 y 5,64 %, y en el segundo encontramos el Testigo y Hoagland con 4,66 y 4,33 %, respectivamente ($p \leq 0.05$), el coeficiente de variación fue de 5,74 %.

4.1.9 FIBRA DETERGENTE NEUTRA (%)

En el Cuadro 17 se detalla la fibra detergente neutra obtenida en los tratamientos.

Cuadro 17. Producción de fibra detergente neutra de FVH de maíz.

Tratamientos	FDN (%)		
	Días		
	12	15	18
Testigo	56,72 ^b	54,82 ^b	51,20 ^a
Hoagland	53,38 ^{ab}	54,84 ^b	49,39 ^a
La Molina	52,89 ^{ab}	55,71 ^c	56,71 ^b
FAO	49,30 ^a	51,31 ^a	57,55 ^b
CV (%)	4,37	4,11	7,50

Letras diferentes en columnas indican diferencias significativas. Tuckey $p \leq 0.05$.

A los 12 días de cosecha se encontró dos grupos estadísticos, en el primero están los tratamientos Testigo, Hoagland y La Molina con 56,72; 53,38 y 52,89 % y el segundo lo comparten Hoagland y La Molina y FAO con 53,38; 52,89 y 49,30 %, respectivamente ($p \leq 0.05$), el coeficiente de variación fue de 4,37 %.

A los 15 días de cosecha se mostró tres grupos estadísticos, en el primero se ubicó el tratamiento La Molina con 55,71 %; el segundo conllevan los tratamientos Hoagland y Testigo con 54,84 y 54,82 %, respectivamente ($p \leq 0.05$), el tercero con menor producción fue FAO con 51,31 %, el coeficiente de variación fue de 4,11 %.

A los 18 días de cosecha se mostró dos grupos estadísticos, en el primero están los tratamientos FAO y La Molina con 57,55 y 56,71 %; en el segundo el Testigo y Hoagland con 51,20 y 49,39 %, respectivamente ($p \leq 0.05$), el coeficiente de variación fue de 7,50 %.

4.1.10 FIBRA DETERGENTE ÁCIDA (%)

En el Cuadro 18 se detalla la fibra detergente ácida obtenida en los tratamientos.

Cuadro 18. Producción de fibra detergente ácida de FVH de maíz.

Tratamientos	FDA (%)		
	Días		
	12	15	18
Testigo	28,39 ^a	26,41 ^a	26,65 ^a
Hoagland	22,01 ^b	24,89 ^{ab}	23,18 ^b
La Molina	22,37 ^b	23,74 ^{ab}	28,61 ^a
FAO	21,18 ^b	23,37 ^b	27,92 ^b
CV (%)	7,31	4,53	12,27

Letras diferentes en columnas indican diferencias significativas. Tuckey $p \leq 0.05$.

A los 12 días de cosecha se presentan dos grupos estadísticos, compartiendo el primero encontramos a los tratamientos FAO, Hoagland y La Molina con 21,18; 22,01 y 22,37 %, respectivamente ($p \leq 0.05$), en el segundo grupo estuvo el Testigo con 28,39 %, el coeficiente de variación se fue de 7,31 %.

A los 15 días de cosecha se forman dos grupos estadísticos, en el primero estuvieron los tratamientos FAO, La Molina y Hoagland con 23,37; 23,74 y 24,89 % y el segundo lo comparten La Molina, Hoagland y el Testigo con 23,74; 24,89 y 26,41 %, respectivamente. El coeficiente de variación fue de 4,53 %.

A los 18 días de cosecha se muestran dos grupos estadísticos. El primero formado por el tratamiento Hoagland con 23,18 %; el segundo conformado por el Testigo, FAO y La Molina con 26,64; 27,92 y 28,61 %, respectivamente ($p \leq 0.05$), el coeficiente de variación fue de 12,27 %.

4.1.10 ANÁLISIS ECONÓMICO

4.1.10.1 Costo de experimento y depreciación diaria

El costo total del experimento fue de 3584,91 USD con una depreciación diaria de 0,85 USD (Cuadro 19).

Cuadro 19. Costo y depreciación diaria del experimento de FVH de maíz producido en Santa Elena (USD).

Cantidad	Construcción, materiales e insumos	Valor (USD)	Años de depreciación	Depreciación diaria
36	Bandejas	489,60	3	0,45
36	Estantería	151,20	5	0,08
4	Bombas CP3 cap. 20 L	240,00	5	0,13
1	Termo-higrómetro	85,00	5	0,05
6	Botellas de vidrio	30,00	5	0,02
36	Baldes plásticos	54,00	3	0,05
30	Plástico negro (m)	62,00	3	0,06
6	Jeringas para dosificar	6,00	1	0,02
3	Soluciones nutritivas	50,40		
90	Semillas de maíz (kg)	60,00		
2,5	Agua para riego (m ³)	25,00		
1	Cloro	1,00		
	Análisis bromatológicos	1800,00		
2	Mano de obra	360,00		
	Imprevistos (5%)	170,71		
	Total amortización (USD)			0,85
Costo total del experimento (USD)		3584,91		

4.1.10.2 Costo de producción anual de FVH de maíz por tiempos de cosecha

Se calculó el costo de producción anual para los tiempos de cosechas, de acuerdo a los costos de insumos y la depreciación del experimento (Cuadro 20).

Cuadro 20. Costo de producción anual de por tiempos de cosecha.

Insumos	Valor (USD) 12 días	Valor (USD) 15 días	Valor (USD) 18 días
semillas de maíz (kg)	26,67	22,30	17,76
agua para riego (m ³)	0,54	0,65	0,72
Cloro	0,10	0,10	0,10
Solución nutritiva	0,05	0,06	0,07
Mano de obra	8,33	10,41	13,02
Depreciación	10,20	12,75	15,94
Costo de producción	45,89	46,30	47,60

4.1.10.3 Costo de producción de 1 kg de FVH de maíz en los tratamientos

Tratamientos	Costo de producción de 1 kg FVH de maíz		
	Días		
	12	15	18
Testigo	0,10	0,12	0,15
Hoagland	0,08	0,10	0,13
La Molina	0,08	0,10	0,13
FAO	0,08	0,10	0,12

El costo de producción para 1 kg de FVH de maíz se realizó mediante la relación costo de producción anual por tiempos de cosecha dividido para la producción anual de biomasa (Cuadro12) y los resultados se muestran en el Cuadro 21.

Cuadro 21. Costo de producción de 1 kg de FVH de maíz en los tratamientos.

Los tratamientos FAO, La Molina y Hoagland a los 12 días mostraron mejor costo de producción de 1 kg de FVH de maíz con 0,08 USD obteniendo una diferencia de 0,02 USD a los 15 días y 0,04 y 0,05 USD respectivamente a los 18 días.

4.1.10.4 Relación beneficio/costo de los tratamientos

La relación beneficio/costo de los tratamientos se lo realizó a través del Costo de producción y el beneficio bruto que se obtendría al vender el kg de FVH de maíz a 0,12 USD (Cuadro 22).

Cuadro 22. Relación beneficio/costo de los tratamientos.

Relación beneficio/costo															
Labores/actividades	Cant.	Costo unitario	Depreciación diaria	Testigo			Hoagland			La Molina			FAO		
				12 días	15 días	18 días	12 días	15 días	18 días	12 días	15 días	18 días	12 días	15 días	18 días
Semillas (kg)	2,5	0,24		18,20	14,56	12,14	18,20	14,56	12,14	18,20	14,56	12,14	18,20	14,56	12,14
Bandejas	36	489,6	0,45	5,37	6,71	8,05	5,37	6,71	8,05	5,37	6,71	8,05	5,37	6,71	8,05
Estantería	36	151,2	0,08	0,99	1,24	1,49	0,99	1,24	1,49	0,99	1,24	1,49	0,99	1,24	1,49
Bombas CP3	6	240,0	0,13	1,58	1,97	2,37	1,58	1,97	2,37	1,58	1,97	2,37	1,58	1,97	2,37
Botellas de vidrio	6	30,0	0,02	0,20	0,25	0,30	0,20	0,25	0,30	0,20	0,25	0,30	0,20	0,25	0,30
Baldes plásticos	36	54,0	0,05	0,59	0,74	0,89	0,59	0,74	0,89	0,59	0,74	0,89	0,59	0,74	0,89
Plástico negro (m)	30	62,0	0,06	0,68	0,85	1,02	0,68	0,85	1,02	0,68	0,85	1,02	0,68	0,85	1,02
Jeringas para dosificar	6	6,0	0,02	0,20	0,25	0,50	0,20	0,25	0,50	0,20	0,25	0,50	0,20	0,25	0,50
Solución nutritiva	3	50,4	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Agua para riego (m ³)				0,54	0,65	0,72	0,54	0,65	0,72	0,54	0,65	0,72	0,54	0,65	0,72
Cloro	1	1,0		0,08	0,07	0,06	0,08	0,07	0,06	0,08	0,07	0,06	0,08	0,07	0,06
Mano de obra	1	20,0		8,32	17,19	24,98	8,32	17,19	24,98	8,32	17,19	24,98	8,32	17,19	24,98
Costo por tratamiento kg/m ² /año				36,80	44,52	52,55	36,80	44,52	52,55	36,80	44,52	52,55	36,80	44,52	52,55
Beneficio bruto kg/m ² /año a 0,12 USD				56,27	46,36	38,09	65,41	55,21	45,12	65,45	55,38	45,41	65,77	56,56	47,88
Relación beneficio/costo				1,53	1,04	0,72	1,78	1,24	0,86	1,78	1,24	0,86	1,79	1,27	0,91

4.2 DISCUSIÓN

En la provincia de Santa Elena no existen antecedentes de investigaciones realizadas en forrajes verdes hidropónicos por tal razón se consideraron las evidencias obtenidas en otras provincias y países para comparar y discutir los resultados alcanzados en ésta investigación.

Los tratamientos que alcanzaron la mayor altura de plantas fueron FAO 12 días con 28,79 cm y La Molina 18 días con 27,51 cm, estas medias superaron a los reportados por MALDONADO *et al.* (2013) con 14,85 cm a los 15 días y MORALES *et al.* (2012) con 23,03 cm a los 12 días; fueron similares a los obtenidos por LEÓN *et al.* (2005) con 26,87 cm a los 18 días de cosecha e inferiores a los conseguidos por RIVERA *et al.* (2010) con 29,29 cm cosechado a los 11 días.

Los tratamientos FAO, La Molina y Hoagland cosechados a los 12 días obtuvieron mejores rendimiento en la producción de biomasa con 548,10; 545,40 y 545,10 kg/m²/año, respectivamente, siendo el mejor FAO a los 12 días. Estos resultados son altamente superiores a los reportados por MORALES *et al.* (2012) con 158,10 kg/m²/año a los 12 días y SALAS *et al.* (2010) con 497,70 kg/m²/año a los 14 días. LÓPEZ *et al.* (2009) supera estos resultados con 551,20 kg/m²/año cosechado a los 14 días.

El tratamiento Hoagland a los 12 días de cosecha obtuvo la mejor producción de materia seca con 137,40 kg/m²/año superando a LÓPEZ *et al.* (2009) quienes obtuvieron 120,12 kg/m²/año a los 14 días y SALAS *et al.* (2010) con 78,11 kg/m²/año a los 12 días; ORDÓÑEZ (2011) mostró mejor producción con 273 kg/m²/año a los 15 días.

El tratamiento Hoagland a los 12 días obtuvo la mejor producción de proteína cruda con 21,30 kg/m²/año superando a LÓPEZ *et al.* (2009) con

18,98 kg/m²/año a los 14 días; SALAS *et al.* (2010) con 16,94 kg/m²/año a los 16 días y ORDOÑEZ (2011) con 11,6 kg/m²/año a los 15 días de cosecha.

Los tratamientos FAO 12 y 15 días mostraron mejor producción de energía bruta con 2,78 y 2,75 Mcal/kgMS. Este rendimiento fue mayor a lo citado por MALDONADO (2013) con 2,5 Mcal/kgMS cosechado a los 15 días; igual que CERRILLO (2012) con 2,7 Mcal/kgMS a los 12 días y menor a lo reportado por LÓPEZ *et al.* (2009) con 4,2 Mcal/kgMS a los 14 días y MARULANDA (2003) con 3,30 Mcal/kgMS a los 16 días.

Los tratamientos FAO y La Molina a los 18 días de cosecha presentaron mejor producción de extracto etéreo con 5,84 y 5,64 % superior a los obtenidos por SALAS *et al.* (2010) con 1,90 % a los 16 días y HERRERA (2007) con 2,39 % a los 15 días, e inferior a lo obtenido por ORDÓÑEZ (2011) con valor de 6,41 % cosechado a los 15 días.

Los tratamientos FAO a los 18 días, Testigo a los 12 días y La Molina cosechado a los 18 días obtuvieron los mejores resultados en producción de FDN con 57,55; 56,72 y 56,71 % respectivamente, valores superiores a los reportados por SALAS *et al.* (2010) con 43,52 % y VARGAS (2008) con 43,13 % ambos cosechados a los 16 días y valor inferior de acuerdo a las publicadas por TARRILLO (2009) con el 65 % y HERRERA (2007) con 63,59 % a los 15 días de cosecha.

Los tratamientos FAO, Hoagland y La Molina a los 12 días obtuvieron los mejores rendimientos en producción de FDA con 21,18; 22,01 y 22,37 % respectivamente. Estos resultados fueron mejores que los obtenidos por LÓPEZ *et al.* (2009) con el 28,5 % a los 14 días; y con una mejor producción están VARGAS (2008) con el 18,89 % a los 16 días; HERRERA (2007) con 16,28 % a los 15 días y SALAS *et al.* (2010) con 14,40 % a los 14 días.

El costo de producción de 1 kg de FVH de maíz producido en Santa Elena obtuvo un valor de 0,08 USD en los tratamientos FAO, La Molina y Hoagland cosechado a los 12 días, valor inferior a los descrito por TORRES (2013) quien obtuvo un costo de producción de 0,24 USD a los 21 días y ADUM (sf) con 0,11 USD por kg de FVH de maíz cosechado a los 12 días.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

El efecto de las soluciones nutritivas Hoagland, La Molina y FAO influenciaron positivamente en el desarrollo del FVH de maíz *Agri 104* producido en Santa Elena, mostrando una mayor eficiencia y calidad nutricional, estos niveles de producción superaron a los Testigos en cada uno de los tratamientos experimentales.

La solución nutritiva FAO mostró más eficiencia en los resultados agronómicos y bromatológicos, aunque no fue en todas las variables experimentales pero se la considera como más eficiente por alcanzar mejores resultados en la producción de la biomasa, materia seca, proteína cruda y materia orgánica en kg/m^2 y $\text{kg/m}^2/\text{año}$.

El tiempo óptimo para la cosecha del FVH de maíz fue los 12 días después de la siembra, las razones están en las proyecciones anuales ya que cuando menor sea el tiempo de producción se tendrá más periodos de cosechas al año; en otras palabras se tendría más alimento para el ganado en el año. Además, la calidad nutricional del FVH de maíz no tiene una variación considerable con el tiempo de cosecha.

Los resultados bromatológicos obtenidos estuvieron acordes con otras investigaciones realizadas en FVH de maíz tanto nacional como internacional, sobresaliendo los tratamientos FAO y La Molina con mejores resultados en EB, EE, FDN y FDA mostrando su eficiencia para este tipo de cultivo.

La relación beneficio/costo indica que los tratamientos cosechados a los 12 días generan utilidades a partir de 0,12 USD como base del precio de cada kg de FVH de maíz; si se cosechara a los 15 y 18 días se tendría que aumentar el precio a 0,20 y 0,25 USD, respectivamente, para obtener utilidades.

Los resultados del FVH de maíz *Agri 104* producido en Santa Elena sometidos al análisis de varianza y la prueba de Tukey $p \leq 0.05$, mostraron diferencia estadística significativa entre efecto de las soluciones nutritivas y los tiempos de cosecha en los tratamientos, por esta razón se acepta la hipótesis planteada.

RECOMENDACIONES

Partiendo de estos resultados, realizar investigaciones del FVH de maíz en alimentación en todo tipo de explotación ganadera en la provincia de Santa Elena.

Realizar transferencia de esta tecnología a los pequeños productores como una solución viable para la alimentación del ganado, alternativa factible para la ganadería por las facilidades de producción, el uso eficiente del agua y por su alto contenido proteico.

BIBLIOGRAFÍA

ADUM LIPARI MIGUEL. s.f. Opciones Agropecuarias 3. Hidroponía para Estabulación de Cabras. Guayaquil, Ecuador.

AGROBIT. 2008. Consultado el 2 de mayo de 2015. Disponible en: [http://www.agrobit.com/Documentos/E_3_Producci%5C477_ga000012pr\[1\].htm](http://www.agrobit.com/Documentos/E_3_Producci%5C477_ga000012pr[1].htm)

CASTRO RAMÍREZ A. s.f. Gerente Programa Nacional de Especies Menores. Ministerio de Agricultura y Ganadería de Costa Rica.

CERRILLO SOTO MARÍA ANDREA. 2012. Producción de biomasa y valor nutricional del forraje verde hidropónico de trigo y avena. Durango, Mexico.

CHAUDHARY, DHARAM PAUL; KUMAR, SANDEEP; SINGH, SAPNA. 2013. Maize: Nutrition Dynamics and Novel Uses. Retrieved from <http://www.ebib.com>.

CHANG LA ROSA M. 2006. Producción de forraje hidropónico y germinado. Universidad Agraria La Molina. Perú.

DE GRACIA M. 2011. Guía para el análisis bromatológico de muestras de forrajes. Laboratorio de Nutrición Animal Facultad de Ciencias Agropecuarias Universidad de Panamá. Panamá.

ELIZONDO J. 2001. Forraje verde hidropónico: Una alternativa para la alimentación animal. Revista ECAG. Santiago, Chile.

ESPINOZA VILLAVICENCIO J., PALACIOS ESPINOZA A., ÁVILA SSERRANO N., GUILLÉN TRUJILLO A., DE LUNA R., ORTEGA PÉREZ R. y MURILLO A. 2007. La ganadería orgánica, una alternativa de desarrollo pecuario para algunas regiones de México. 385-390 p.

FAO. 2001. Manual Técnico “Producciones de Forraje Verde Hidropónico”. Santiago, Chile.

FAO. 2008. Manual de técnicas para laboratorio de nutrición animal. Consultado el 21 de febrero de 2014. Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/field/003/AB489S/AB489S02.htm>

GARNSWORTHY, P. C.; WISEMAN, J. 2009. Recent Advances in Animal Nutrition 2008. Retrieved from <http://www.ebib.com>. 43 p.

GILSANZ JC., 2007. Hidropónia. Programa Nacional de Producción Hortícola Est. Expt. Las Brujas. Editado por la Unidad de Comunicación y Transferencia de Tecnología Andes. Montevideo, Uruguay.

GÓMEZ HIDALGO MI., 2007. Evaluación del forraje verde hidropónico de maíz y cebada, con diferentes dosis de siembra para las etapas de crecimiento y engorde de cuyes. 75 p.

GOYOAGA JORBA C. 2005. Estudio de factores no nutritivos en “vicia faba i.”: influencia de la germinación sobre su valor nutritivo. Madrid, España.

HERRERA ANGULO ANA. 2007. Degradabilidad y digestibilidad de la materia seca del forraje Hidropónico de Maíz (*Zea mays*). Respuesta animal en términos de consumo y ganancia de peso. Maracaibo, Venezuela.

HIDROORGAN. 2014. Consultado el 29 de enero de 2014. Disponible en http://www.hydroenv.com.mx/catalogo/index.php?main_page=page&id=128

INAMHI. 2013. Consultado el 4 de septiembre de 2014. Disponible en: <http://www.serviciometeorologico.gob.ec/>

INSTITUTO DE TECNOLOGÍA OBSHCHESTVO REMESLENNOGO ZEMLEDELCHESKOGO TRUDA ORT. 2009. Análisis Bromatológicos. Buenos Aires, Argentina.

JONES, JR., J. BENTON. 2014. Complete Guide for Growing Plants Hydroponically. Retrieved from <http://www.eplib.com>. 49 p.

LEÓN S. 2005. Efecto del fotoperiodo en la producción de FVH de maíz con diferentes soluciones nutritivas para la alimentación de conejos en el período de engorde. Escuela Superior de Chimborazo. Riobamba, Ecuador.

LLANOS P. 2001. La Solución Nutritiva, Nutrientes Comerciales, Fórmulas Completas WALCO S.A. Bogotá, Colombia.

LÓPEZ AGUILAR R., MURILLO AMADOR B. Y RODRÍGUEZ QUEZADA G. 2009. El forraje verde hidropónico (FVH): Una alternativa de producción de alimento para el ganado en zonas áridas Interciencia. Caracas, Venezuela.

MANUAL DE FORRAJE VERDE HIDROPÓNICO. 2007. En línea. Consultado el 26 de noviembre de 2013. Disponible en: http://www.elmejorguia.com/hidroponia/Forraje_verde_hidroponico_produccion.htm.

MALDONADO TORRES R., ÁLVAREZ SÁNCHEZ M., CRISTÓBAL ACEVEDO D. y RÍOS SÁNCHEZ E. 2013. Nutrición mineral de forraje verde hidropónico. Revista Chapingo serie horticultura. Universidad Autónoma Chapingo, México.

MARULANDA CÉSAR. 2003. Manual Técnico. La Huerta Hidropónica Popular. Santiago, Chile.

MORALES RODRÍGUEZ H., GÓMEZ DANÉS A., JUÁREZ LÓPEZ P. y LOYA OLGUÍN L. 2012. Forraje verde hidropónico de maíz amarillo (*Zea maíz*) con diferente concentración de solución nutritiva. Universidad Autónoma de Nayarit. Argentina.

NAVA JR. 2005. Alimento balanceado forraje verde hidropónico en la alimentación de conejos. Revista Electrónica de Veterinaria. España.

ORDÓÑEZ ORDÓÑEZ MARÍA. 2011. “Evaluación de forraje hidropónico de avena y maíz en la alimentación de cobayos en la parroquia Vilcabamba del cantón de Loja”. Loja, Ecuador.

PALOMINO K. 2008. Producción de forraje hidropónico. Primera Edición. Editorial MACRO. Perú. 95 p.

RIVERA ALVIS., MORONTA MARÍA. y GONZÁLEZ MARIO. 2010. Producción de forraje verde hidropónico de maíz (*Zea mays L.*) en condiciones de iluminación deficiente. Trujillo, Venezuela.

RODRÍGUEZ A. 2001. Manual Práctico de Hidroponía. Centro de Investigación de Hidroponía y Nutrición Mineral. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú.

RODRÍGUEZ D. y CHANG LA ROSA M. 2006 .Nutrición Mineral y Soluciones Nutritivas. Lima. Perú.

SALAS PÉREZ L., PRECIADO RANGEL P. y ESPARZA RIVERA J. 2010. Rendimiento y calidad de forraje hidropónico producido bajo fertilización orgánica. Terra Latinoamericana. Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, A.C. Chapingo, México.

SERNA RIVERA L. y LÓPEZ GARCIA S. 2010. Actualización del manual del laboratorio de análisis de alimentos del programa de tecnología química de la universidad tecnológica de Pereira. Colombia.

TARRILLO OLIVAS H. 2009. Producción de Forraje Verde Hidropónico en Arequipa – Perú. Consultado el 3 de marzo. 2014. Disponible en: <http://www.forrajehidroponico.com/art001.htm>

TORRES YANES D. 2013. Establecimiento de un invernadero para forraje verde hidropónico y siembra de dos gramíneas, maíz y avena, en la quinta experimental Punzara. Loja. Ecuador

UNIVERSIDAD AGRARIA LA MOLINA. 2010. Solución nutritiva La Molina. Consultado el 10 de junio de 2014. Perú. Disponible en: <http://www.lamolina.edu.pe/FACULTAD/ciencias/hidroponia/publicaciones3.htm>

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA s.f. Unidad Xochimilco tronco comunal división de las ciencias biológicas y de la salud. México.

VARGAS RODRÍGUEZ C. 2008. Comparación productiva de forraje verde hidropónico de maíz, arroz y sorgo negro forrajero. Agronomía mesoamericana 19(2): Costa Rica. 233-240 p.

WATTIAUX M.2001. Composición y análisis de alimentos. Instituto Babcock para la investigación y desarrollo internacional de la industria lechera. Consultado el 22 de marzo de 2015. Disponible en http://babcock.wisc.edu/sites/default/files/de/es/de_02.es.pdf.

ANEXOS

Cuadro 1A. Tratamientos, repeticiones y unidades experimentales.

Descripción de tratamientos	Repetición	Unidades experimentales (Simbología)
Solución Hoagland / Tiempo 12 días (S1T1)	R1	S1T1R1
Solución Hoagland / Tiempo 12 días (S1T1)	R2	S1T1R2
Solución Hoagland / Tiempo 12 días (S1T1)	R3	S1T1R3
Solución Hoagland / Tiempo 15 días (S1T2)	R1	S1T2R1
Solución Hoagland / Tiempo 15 días (S1T2)	R2	S1T2R2
Solución Hoagland / Tiempo 15 días (S1T2)	R3	S1T2R3
Solución Hoagland / Tiempo 18 días (S1T1)	R1	S1T3R1
Solución Hoagland / Tiempo 18 días (S1T1)	R2	S1T3R2
Solución Hoagland / Tiempo 18 días (S1T1)	R3	S1T3R3
Solución La Molina / Tiempo 12 días (S2T1)	R1	S2T1R1
Solución La Molina / Tiempo 12 días (S2T1)	R2	S2T1R2
Solución La Molina / Tiempo 12 días (S2T1)	R3	S2T1R3
Solución La Molina / Tiempo 15 días (S2T2)	R1	S2T2R1
Solución La Molina / Tiempo 15 días (S2T2)	R2	S2T2R2
Solución La Molina / Tiempo 15 días (S2T2)	R3	S2T2R3
Solución La Molina / Tiempo 18 días (S2T2)	R1	S2T3R1
Solución La Molina / Tiempo 18 días (S2T2)	R2	S2T3R2
Solución La Molina / Tiempo 18 días (S2T2)	R3	S2T3R3
Solución FAO / Tiempo 12 días (S3T1)	R1	S3T1R1
Solución FAO / Tiempo 12 días (S3T1)	R2	S3T1R2
Solución FAO / Tiempo 12 días (S3T1)	R3	S3T1R3
Solución FAO / Tiempo 15 días (S3T2)	R1	S3T2R1
Solución FAO / Tiempo 15 días (S3T2)	R2	S3T2R2
Solución FAO / Tiempo 15 días (S3T2)	R3	S3T2R3
Solución FAO / Tiempo 18 días (S3T3)	R1	S3T3R1
Solución FAO / Tiempo 18 días (S3T3)	R2	S3T3R2
Solución FAO / Tiempo 18 días (S3T3)	R3	S3T3R3
Testigo / Tiempo 12 días (S0T1)	R1	S0T1R1
Testigo / Tiempo 12 días (S0T1)	R2	S0T1R2
Testigo / Tiempo 12 días (S0T1)	R3	S0T1R3
Testigo / Tiempo 15 días (S0T2)	R1	S0T2R1
Testigo / Tiempo 15 días (S0T2)	R2	S0T2R2
Testigo / Tiempo 15 días (S0T2)	R3	S0T2R3
Testigo / Tiempo 18 días (S0T3)	R1	S0T3R1
Testigo / Tiempo 18 días (S0T3)	R2	S0T3R2
Testigo / Tiempo 18 días (S0T3)	R3	S0T3R3

Cuadro 2A. Transformaciones de porcentaje a kg/m² de materia seca, proteína cruda, Ceniza y cálculos de materia orgánica y energía bruta.

Código	Materia seca (%)	Humedad (%)	Cenizas (%)	EE (%)	FB (%)	PC (%)	Bio-masa kg/m ²	MS kg/m ²	PC kg/m ²	Ceniza kg/m ²	MO kg/m ²	ELN %	EM Mcal/kg
S ₀ T ₁ R ₁	21,65	78,35	2,3	3,56	18,86	13,02	15,30	3,31	0,43	0,08	3,24	62,26	2,76
S ₀ T ₁ R ₂	21,80	78,20	3,04	4,08	20,63	14,26	16,00	3,49	0,50	0,11	3,38	57,99	2,61
S ₀ T ₁ R ₃	22,46	77,54	2,67	3,82	19,74	13,64	15,60	3,50	0,48	0,09	3,41	60,13	2,69
S ₀ T ₂ R ₁	17,60	82,40	2,53	4,14	19,65	15,62	16,20	2,85	0,45	0,07	2,78	58,06	2,61
S ₀ T ₂ R ₂	16,30	83,70	2,52	4,28	22,79	15,64	15,80	2,58	0,40	0,06	2,51	54,77	2,51
S ₀ T ₂ R ₃	15,95	84,05	2,51	4,43	25,94	15,66	16,30	2,60	0,41	0,07	2,53	51,46	2,41
S ₀ T ₃ R ₁	17,70	82,30	2,93	4,21	26,93	15,58	16,00	2,83	0,44	0,08	2,75	50,35	2,37
S ₀ T ₃ R ₂	17,95	82,05	3,92	5,11	24,62	19,18	15,40	2,76	0,53	0,11	2,66	47,17	2,22
S ₀ T ₃ R ₃	19,10	80,90	3,42	4,66	25,77	17,38	16,20	3,09	0,54	0,11	2,99	48,77	2,30
S ₁ T ₁ R ₁	26,24	73,76	2,31	2,74	20,73	19,76	18,60	4,88	0,96	0,11	4,77	54,46	2,46
S ₁ T ₁ R ₂	24,94	75,06	2,24	2,63	19,41	11,26	17,20	4,29	0,48	0,10	4,19	64,46	2,85
S ₁ T ₁ R ₃	24,44	75,56	2,27	2,68	20,07	15,51	18,70	4,57	0,71	0,10	4,47	59,47	2,65
S ₁ T ₂ R ₁	16,72	83,28	3,35	5,67	20,14	17,34	18,90	3,16	0,55	0,11	3,05	53,5	2,44
S ₁ T ₂ R ₂	17,77	82,23	3,37	5,59	19,91	16,39	18,80	3,34	0,55	0,11	3,23	54,74	2,49
S ₁ T ₂ R ₃	15,86	84,14	3,4	5,52	19,68	15,45	19,80	3,14	0,49	0,11	3,03	55,95	2,53
S ₁ T ₃ R ₁	18,97	81,03	4,58	4,26	23,61	19,32	19,45	3,69	0,71	0,17	3,52	48,23	2,25
S ₁ T ₃ R ₂	15,16	84,84	3,43	4,31	20,3	15,89	18,40	2,79	0,44	0,10	2,69	56,07	2,53
S ₁ T ₃ R ₃	17,25	82,75	4,01	4,43	21,96	17,61	18,90	3,26	0,57	0,13	3,13	51,99	2,39
S ₂ T ₁ R ₁	14,66	85,34	2,86	5,04	22,56	14,78	17,60	2,58	0,38	0,07	2,51	54,76	2,51
S ₂ T ₁ R ₂	19,01	80,99	2,71	4,47	18,64	14,79	19,20	3,65	0,54	0,10	3,55	59,39	2,65
S ₂ T ₁ R ₃	17,17	82,83	2,78	4,75	20,59	14,79	18,00	3,09	0,46	0,09	3,00	57,09	2,58
S ₂ T ₂ R ₁	19,45	80,55	2,66	4,24	17,85	14,52	19,43	3,78	0,55	0,10	3,68	60,73	2,69
S ₂ T ₂ R ₂	20,15	79,85	2,61	4,2	18,09	15	20,40	4,11	0,62	0,11	4,00	60,1	2,67
S ₂ T ₂ R ₃	23,30	76,70	2,72	4,29	17,62	14,04	18,80	4,38	0,61	0,12	4,26	61,33	2,72
S ₂ T ₃ R ₁	17,95	82,05	3,63	5,87	24,95	18,52	19,50	3,50	0,65	0,13	3,37	47,03	2,23
S ₂ T ₃ R ₂	17,63	82,37	3,87	5,64	23,35	18,34	21,10	3,72	0,68	0,14	3,58	48,8	2,28
S ₂ T ₃ R ₃	20,31	79,69	4,12	5,42	21,76	18,16	19,25	3,91	0,71	0,16	3,75	50,54	2,33
S ₃ T ₁ R ₁	21,74	78,26	2,57	3,73	17,54	14,21	17,80	3,87	0,55	0,10	3,77	61,95	2,74
S ₃ T ₁ R ₂	21,08	78,92	2,54	3,45	16,68	13,07	18,45	3,89	0,51	0,10	3,79	64,26	2,82
S ₃ T ₁ R ₃	19,67	80,33	2,55	3,59	17,11	13,64	18,30	3,60	0,49	0,09	3,51	63,11	2,78
S ₃ T ₂ R ₁	25,74	74,26	2,73	3,83	18,59	12,72	18,30	4,71	0,60	0,13	4,58	62,13	2,76
S ₃ T ₂ R ₂	24,80	75,20	2,79	4,62	17,83	13,16	19,60	4,86	0,64	0,14	4,72	61,6	2,73
S ₃ T ₂ R ₃	21,26	78,74	2,76	4,22	18,21	12,94	19,80	4,21	0,54	0,12	4,09	61,87	2,74
S ₃ T ₃ R ₁	18,38	81,62	3,91	5,84	22,58	17,56	19,80	3,64	0,64	0,14	3,50	50,11	2,33
S ₃ T ₃ R ₂	22,25	77,75	3,83	5,55	22,42	17,3	18,20	4,05	0,70	0,16	3,89	50,9	2,36
S ₃ T ₃ R ₃	17,93	82,07	3,98	6,13	22,27	17,81	18,40	3,30	0,59	0,13	3,17	49,81	2,32

Tabla 1A. Análisis de la varianza para la altura de planta a los 12 días. (T1).

<u>Variable</u>	<u>N</u>	<u>R²</u>	<u>R² Aj</u>	<u>CV</u>		
REPETICIONES	12	0,99	0,98	1,42		
<u>F.V.</u>	<u>SC</u>	<u>gl</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>p-valor</u>	
Modelo.	79,86	3	26,62	201,49	<0,0001	
ALTURA 12	79,86	3	26,62	201,49	<0,0001	
Error	1,06	8	0,13			
<u>Total</u>	<u>80,92</u>	<u>11</u>				

Tabla 2A. Análisis de la varianza para la altura de planta a los 15 días. (T2).

<u>Variable</u>	<u>N</u>	<u>R²</u>	<u>R² Aj</u>	<u>CV</u>		
REPETICIONES	12	0,93	0,90	3,18		
<u>F.V.</u>	<u>SC</u>	<u>gl</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>p-valor</u>	
Modelo.	60,75	3	20,25	34,49	0,0001	
ALTURA 15	60,75	3	20,25	34,49	0,0001	
Error	4,70	8	0,59			
<u>Total</u>	<u>65,45</u>	<u>11</u>				

Tabla 3A. Análisis de la varianza para la altura de planta a los 18 días (T3).

<u>Variable</u>	<u>N</u>	<u>R²</u>	<u>R² Aj</u>	<u>CV</u>		
REPETICIONES	12	0,93	0,91	2,08		
<u>F.V.</u>	<u>SC</u>	<u>gl</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>p-valor</u>	
Modelo.	32,58	3	10,86	36,60	0,0001	
ALTURA 18	32,58	3	10,86	36,60	0,0001	
Error	2,37	8	0,30			
<u>Total</u>	<u>34,95</u>	<u>11</u>				

Tabla 4A. Análisis de la varianza para el desarrollo de plantas del Testigo (S0).

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
REPETICIONES	21	0,95	0,93	8,69

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	519,35	6	86,56	44,24	<0,0001
DESARR. S0	519,35	6	86,56	44,24	<0,0001
Error	27,39	14	1,96		
Total	546,74	20			

S0/días	Medias	n	E.E.						
S0 (4)	8,20	3	0,81	a					
S0 (6)	11,20	3	0,81	a	b				
S0 (8)	13,75	3	0,81		b	c			
S0 (10)	16,55	3	0,81			c	d		
S0 (12)	19,11	3	0,81				d	e	
S0 (15)	20,55	3	0,81					e	f
S0 (18)	23,32	3	0,81						f

Letras diferentes en columnas indican diferencias significativas a $p \leq 0.05$.

Tabla 5A. Análisis de la varianza para el desarrollo de plantas aplicadas solución nutritiva Hoagland (S1).

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
REPETICIONES	21	0,98	0,97	6,57

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	857,18	6	142,86	96,93	<0,0001
DESARR. S1	857,18	6	142,86	96,93	<0,0001
Error	20,64	14	1,47		
Total	877,81	20			

S1/días	Medias	n	E.E.						
S1 (4)	8,24	3	0,70	a					
S1 (6)	11,96	3	0,70		b				
S1 (8)	15,39	3	0,70			c			
S1 (10)	19,36	3	0,70				d		
S1 (12)	22,93	3	0,70					e	
S1 (15)	24,83	3	0,70					e	f
S1 (18)	26,72	3	0,70						f

Letras diferentes en columnas indican diferencias significativas a $p \leq 0.05$.

Tabla 6A. Análisis de la varianza para el desarrollo de plantas aplicadas solución nutritiva La Molina (S2).

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
REPETICIONES	21	0,94	0,92	10,24

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	931,36	6	155,23	39,27	<0,0001
DESARR. S2	931,36	6	155,23	39,27	<0,0001
Error	55,34	14	3,95		
Total	986,70	20			

S2/días	Medias	n	E.E.
S2 (4)	8,39	3	0,88 a
S2 (6)	12,42	3	0,88 a b
S2 (8)	16,08	3	0,88 b c
S2 (10)	19,46	3	0,88 c d
S2 (12)	23,31	3	0,88 d e
S2 (15)	24,76	3	0,88 e
S2 (18)	26,96	3	0,88 e

Letras diferentes en columnas indican diferencias significativas a $p \leq 0.05$.

Tabla 7A. Análisis de la varianza para el desarrollo de plantas aplicadas solución nutritiva FAO (S3).

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
REPETICIONES	21	0,96	0,95	8,09

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	837,94	6	139,66	60,55	<0,0001
DESARR. S3	837,94	6	139,66	60,55	<0,0001
Error	32,29	14	2,31		
Total	870,24	20			

FAO/día	Medias	n	E.E.
S3 (4)	8,34	3	1,15 a
S3 (6)	12,51	3	1,15 a b
S3 (8)	16,43	3	1,15 b c
S3 (10)	21,21	3	1,15 c d
S3 (12)	24,42	3	1,15 d e
S3 (15)	25,53	3	1,15 d e
S3 (18)	27,51	3	1,15 e

Letras diferentes en columnas indican diferencias significativas a $p \leq 0.05$.

Tabla 8A. Análisis de la varianza para la producción de biomasa a los 12 días.

<u>Variable</u>	<u>N</u>	<u>R²</u>	<u>R² Aj</u>	<u>CV</u>
REPETICIONES	12	0,82	0,75	3,64

<u>F.V.</u>	<u>SC</u>	<u>gl</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>p-valor</u>
Modelo.	14,90	3	4,97	12,15	0,0024
BIOMASA 12	14,90	3	4,97	12,15	0,0024
Error	3,27	8	0,41		
Total	18,18	11			

Tabla 9A. Análisis de la varianza para la producción de biomasa a los 15 días.

<u>Variable</u>	<u>N</u>	<u>R²</u>	<u>R² Aj</u>	<u>CV</u>
REPETICIONES	12	0,87	0,83	3,51

<u>F.V.</u>	<u>SC</u>	<u>gl</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>p-valor</u>
Modelo.	23,49	3	7,83	18,57	0,0006
BIOMASA 15	23,49	3	7,83	18,57	0,0006
Error	3,37	8	0,42		
Total	26,86	11			

Tabla 10A. Análisis de la varianza para la producción de biomasa a los 18 días.

<u>Variable</u>	<u>N</u>	<u>R²</u>	<u>R² Aj</u>	<u>CV</u>
REPETICIONES	12	0,86	0,81	4,05

<u>F.V.</u>	<u>SC</u>	<u>gl</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>p-valor</u>
Modelo.	27,74	3	9,25	16,68	0,0008
BIOMASA 18	27,74	3	9,25	16,68	0,0008
Error	4,43	8	0,55		
Total	32,17	11			

Tabla 11A. Análisis de la varianza para la materia seca (MS) a los 12 días.

<u>Variable</u>	<u>N</u>	<u>R²</u>	<u>R² Aj</u>	<u>CV</u>
REPETICIONES	12	0,04	0,00	5,53

<u>F.V.</u>	<u>SC</u>	<u>gl</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>p-valor</u>
Modelo.	0,41	3	0,14	0,10	0,9574
MS 12	0,41	3	0,14	0,10	0,9574
Error	10,93	8	1,37		
Total	11,35	11			

Tabla 12A. Análisis de la varianza para la materia seca (MS) a los 15 días.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
REPETICIONES	12	0,33	0,08	8,46

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	11,13	3	3,71	1,33	0,3298
MS 15	11,13	3	3,71	1,33	0,3298
Error	22,25	8	2,78		
Total	33,38	11			

Tabla 13A. Análisis de la varianza para la materia seca (MS) a los 18 días.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
REPETICIONES	12	0,34	0,09	11,01

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	18,75	3	6,25	1,38	0,3185
MS 18	18,75	3	6,25	1,38	0,3185
Error	36,36	8	4,54		
Total	55,10	11			

Tabla 14A. Análisis de la varianza para la proteína cruda (PC) a los 12 días.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
REPETICIONES	12	0,17	0,00	15,05

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	7,61	3	2,54	0,54	0,6678
PC 12	7,61	3	2,54	0,54	0,6678
Error	37,54	8	4,69		
Total	45,15	11			

Tabla 15A. Análisis de la varianza para la proteína cruda (PC) a los 15 días.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
REPETICIONES	12	0,90	0,86	3,64

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	20,28	3	6,76	23,07	0,0003
PC 15	20,28	3	6,76	23,07	0,0003
Error	2,34	8	0,29		
Total	22,63	11			

Tabla 16A. Análisis de la varianza para la proteína cruda (PC) a los 18 días.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
REPETICIONES	12	0,11	0,00	7,07

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	1,62	3	0,54	0,34	0,7947
PC 18	1,62	3	0,54	0,34	0,7947
Error	12,56	8	1,57		
Total	14,18	11			

Tabla 17A. Análisis de la varianza de la Materia Orgánica (MO) a los 12 días.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
REPETICIONES	12	0,82	0,75	8,57

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	3,52	3	1,17	12,13	0,0024
MO 12	3,52	3	1,17	12,13	0,0024
Error	0,77	8	0,10		
Total	4,30	11			

Tabla 18A. Análisis de la varianza de la Materia Orgánica (MO) a los 15 días.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
REPETICIONES	12	0,93	0,91	6,76

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	6,32	3	2,11	36,88	<0,0001
MO 15	6,32	3	2,11	36,88	<0,0001
Error	0,46	8	0,06		
Total	6,78	11			

Tabla 19A. Análisis de la varianza de la Materia Orgánica (MO) a los 18 días.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
REPETICIONES	12	0,62	0,47	9,33

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	1,18	3	0,39	4,29	0,0442
MO 18	1,18	3	0,39	4,29	0,0442
Error	0,74	8	0,09		
Total	1,92	11			

Tabla 20A. Análisis de la varianza para la Energía bruta (EB) a los 12 días.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
REPETICIONES	12	0,38	0,15	4,19

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0,06	3	0,02	1,64	0,2555
EB 12	0,06	3	0,02	1,64	0,2555
Error	0,10	8	0,01		
Total	0,16	11			

Tabla 21A. Análisis de la varianza para la Energía bruta (EB) a los 15 días.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
REPETICIONES	12	0,85	0,80	2,18

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0,15	3	0,05	15,66	0,0010
EB 15	0,15	3	0,05	15,66	0,0010
Error	0,03	8	3,2E-03		
Total	0,18	11			

Tabla 22A. Análisis de la varianza para la Energía bruta (EB) a los 18 días.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
REPETICIONES	12	0,27	0,00	3,61

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0,02	3	0,01	0,98	0,4502
EB 18	0,02	3	0,01	0,98	0,4502
Error	0,06	8	0,01		
Total	0,08	11			

Tabla 23A. Análisis de la varianza para el Extracto etéreo (EE) a los 12 días.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
REPETICIONES	12	0,95	0,93	5,58

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	6,51	3	2,17	50,60	<0,0001
EE 12	6,51	3	2,17	50,60	<0,0001
Error	0,34	8	0,04		
Total	6,85	11			

Tabla 24A. Análisis de la varianza para el Extracto etéreo (EE) a los 15 días.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV	
REPETICIONES	12	0,92	0,89	4,69	
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	4,07	3	1,36	29,35	0,0001
EE 15	4,07	3	1,36	29,35	0,0001
Error	0,37	8	0,05		
Total	4,44	11			

Tabla 25A. Análisis de la varianza para el Extracto etéreo (EE) a los 18 días.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV	
REPETICIONES	12	0,88	0,83	5,74	
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	4,87	3	1,62	18,82	0,0006
EE 18	4,87	3	1,62	18,82	0,0006
Error	0,69	8	0,09		
Total	5,56	11			

Tabla 26A. Análisis de la varianza para la FDN a los 12 días.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV	
REPETICIONES	12	0,66	0,53	4,37	
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	82,92	3	27,64	5,13	0,0286
FDN 12	82,92	3	27,64	5,13	0,0286
Error	43,07	8	5,38		
Total	125,98	11			

Tabla 27A. Análisis de la varianza para la FDN a los 15 días.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV	
REPETICIONES	12	0,46	0,26	4,11	
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	34,23	3	11,41	2,30	0,1543
FDN 15	34,23	3	11,41	2,30	0,1543
Error	39,73	8	4,97		
Total	73,95	11			

Tabla 28A. Análisis de la varianza para la FDN a los 18 días.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
REPETICIONES	12	0,53	0,35	7,50

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	146,80	3	48,93	3,01	0,0942
FDN 18	146,80	3	48,93	3,01	0,0942
Error	129,85	8	16,23		
Total	276,66	11			

Tabla 29A. Análisis de la varianza para la FDA a los 12 días.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
REPETICIONES	12	0,81	0,73	7,31

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	98,30	3	32,77	11,12	0,003
FDA 12	98,30	3	32,77	11,12	0,0032
Error	23,58	8	2,95		
Total	121,88	11			

Tabla 30A. Análisis de la varianza para la FDA a los 15 días.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
REPETICIONES	12	0,63	0,49	4,53

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	16,86	3	5,62	4,51	0,0392
FDA 15	16,86	3	5,62	4,51	0,0392
Error	9,96	8	1,24		
Total	26,81	11			

Tabla 31A. Análisis de la varianza para la FDA a los 18 días.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
REPETICIONES	12	0,38	0,15	12,27

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	52,51	3	17,50	1,65	0,2546
FDA 18	52,51	3	17,50	1,65	0,2546
Error	85,09	8	10,64		
Total	137,60	11			



REPORTE DE RESULTADOS

Fecha/Lugar	Riobamba, 2015/02/25	Comprobante de ingreso	*
Tipo de muestra	Cultivos hidropónicos	Código de muestra	Rm-13-011
Propietario	Yugo Suarez Reyes	Análisis solicitado	Proximal, Paredes celulares

CODIGO	MATERIA SECA TOTAL (%)	HUMEDAD TOTAL (%)	CENIZAS (%)	*EXTRACTO ETereo (%)	*FIBRA BRUTA (%)	*PROTEINA CRUDA (%)
S ₀ T ₁ R ₁	21,65	78,35	2,3	3,56	18,86	13,02
S ₀ T ₁ R ₂	21,80	78,20	3,04	4,08	20,63	14,26
S ₀ T ₁ R ₃	22,46	77,54	2,67	3,82	19,74	13,64
S ₀ T ₂ R ₁	17,60	82,40	2,53	4,14	19,65	15,62
S ₀ T ₂ R ₂	16,30	83,70	2,52	4,28	22,79	15,64
S ₀ T ₂ R ₃	15,95	84,05	2,51	4,43	25,94	15,66
S ₀ T ₃ R ₁	17,70	82,30	2,93	4,21	26,93	15,58
S ₀ T ₃ R ₂	17,95	82,05	3,92	5,11	24,62	19,18
S ₀ T ₃ R ₃	19,10	80,90	3,42	4,66	25,77	17,38
S ₁ T ₁ R ₁	26,24	73,76	2,31	2,74	20,73	19,76
S ₁ T ₁ R ₂	24,94	75,06	2,24	2,63	19,41	11,26
S ₁ T ₁ R ₃	24,44	75,56	2,27	2,68	20,07	15,51
S ₁ T ₂ R ₁	16,72	83,28	3,35	5,67	20,14	17,34
S ₁ T ₂ R ₂	17,77	82,23	3,37	5,59	19,91	16,39
S ₁ T ₂ R ₃	15,86	84,14	3,4	5,32	19,68	15,43
S ₁ T ₃ R ₁	18,97	81,03	4,58	4,26	23,61	19,32
S ₁ T ₃ R ₂	15,16	84,84	3,43	4,31	20,3	15,89
S ₁ T ₃ R ₃	17,25	82,75	4,01	4,43	21,96	17,61
S ₂ T ₁ R ₁	14,66	85,34	2,86	5,04	22,26	14,78
S ₂ T ₁ R ₂	19,01	80,99	2,71	4,47	18,64	14,79
S ₂ T ₁ R ₃	17,17	82,83	2,78	4,75	20,59	14,79
S ₂ T ₂ R ₁	19,45	80,55	2,66	4,24	17,85	14,52
S ₂ T ₂ R ₂	20,15	79,85	2,61	4,2	18,09	15
S ₂ T ₂ R ₃	23,30	76,70	2,72	4,29	17,62	14,04
S ₂ T ₃ R ₁	17,95	82,05	3,63	5,87	24,95	18,52
S ₂ T ₃ R ₂	17,63	82,37	3,87	5,64	23,35	18,34
S ₂ T ₃ R ₃	20,31	79,69	4,12	5,42	21,76	18,16
S ₃ T ₁ R ₁	21,74	78,26	2,57	3,73	17,34	14,21
S ₃ T ₁ R ₂	21,08	78,92	2,54	3,45	16,68	13,07
S ₃ T ₁ R ₃	19,67	80,33	2,55	3,59	17,11	13,64
S ₃ T ₂ R ₁	25,74	74,26	2,73	3,83	18,59	12,72
S ₃ T ₂ R ₂	24,80	75,20	2,79	4,62	17,83	13,16
S ₃ T ₂ R ₃	21,26	78,74	2,76	4,22	18,21	12,94
S ₃ T ₃ R ₁	18,38	81,62	3,91	5,84	22,58	17,56
S ₃ T ₃ R ₂	22,25	77,75	3,83	5,55	22,42	17,3
S ₃ T ₃ R ₃	17,93	82,07	3,98	6,13	22,27	17,81

CONTRIBUYENDO EN LA ALIMENTACION ANIMAL



PAREDES CELULARES

CODIGO	*FDN (%)	*FDA (%)	*LDA (%)
S ₀ T ₁ R ₁	54,22	29,55	7,22
S ₀ T ₁ R ₂	59,22	27,23	9,33
S ₀ T ₁ R ₃	56,72	28,39	8,27
S ₀ T ₂ R ₁	51,51	28,32	7,48
S ₀ T ₂ R ₂	54,82	26,41	7,89
S ₀ T ₂ R ₃	58,12	24,51	8,31
S ₀ T ₃ R ₁	50,09	22,39	6,5
S ₀ T ₃ R ₂	50,55	30,91	8,38
S ₀ T ₃ R ₃	52,82	26,65	7,44
S ₁ T ₁ R ₁	49,55	22,6	7,63
S ₁ T ₁ R ₂	57,22	21,43	6,27
S ₁ T ₁ R ₃	53,38	22,01	6,95
S ₁ T ₂ R ₁	53,73	25,09	8,13
S ₁ T ₂ R ₂	53,17	24,89	7,82
S ₁ T ₂ R ₃	53,62	24,7	7,52
S ₁ T ₃ R ₁	57,23	27,7	8,01
S ₁ T ₃ R ₂	49,36	25,77	4,08
S ₁ T ₃ R ₃	41,5	23,84	6,05
S ₂ T ₁ R ₁	53,53	19,28	4,35
S ₂ T ₁ R ₂	52,26	25,46	7,83
S ₂ T ₁ R ₃	52,89	22,37	6,09
S ₂ T ₂ R ₁	55,71	23,74	7,61
S ₂ T ₂ R ₂	56,71	24,27	8,88
S ₂ T ₂ R ₃	54,72	23,21	6,34
S ₂ T ₃ R ₁	56,45	28,75	8,62
S ₂ T ₃ R ₂	56,67	28,61	8,74
S ₂ T ₃ R ₃	56,89	28,47	8,86
S ₃ T ₁ R ₁	48,89	21,93	6,39
S ₃ T ₁ R ₂	49,72	20,44	7,33
S ₃ T ₁ R ₃	49,3	21,18	6,86
S ₃ T ₂ R ₁	52,67	22,36	6,93
S ₃ T ₂ R ₂	50,13	24,39	6,56
S ₃ T ₂ R ₃	51,14	23,37	6,74
S ₃ T ₃ R ₁	57,55	27,92	8,03
S ₃ T ₃ R ₂	58,49	27,23	7,46
S ₃ T ₃ R ₃	56,61	28,61	8,61

Ing. Msc. Patricio Guevara
JEFE DE LABORATORIO

BQF. Sandra López S.
TÉCNICA DE LABORATORIO

CONTRIBUYENDO EN LA ALIMENTACION ANIMAL

Figura 1A. Resultados de análisis bromatológicos del FVH de maíz producido en Santa Elena.

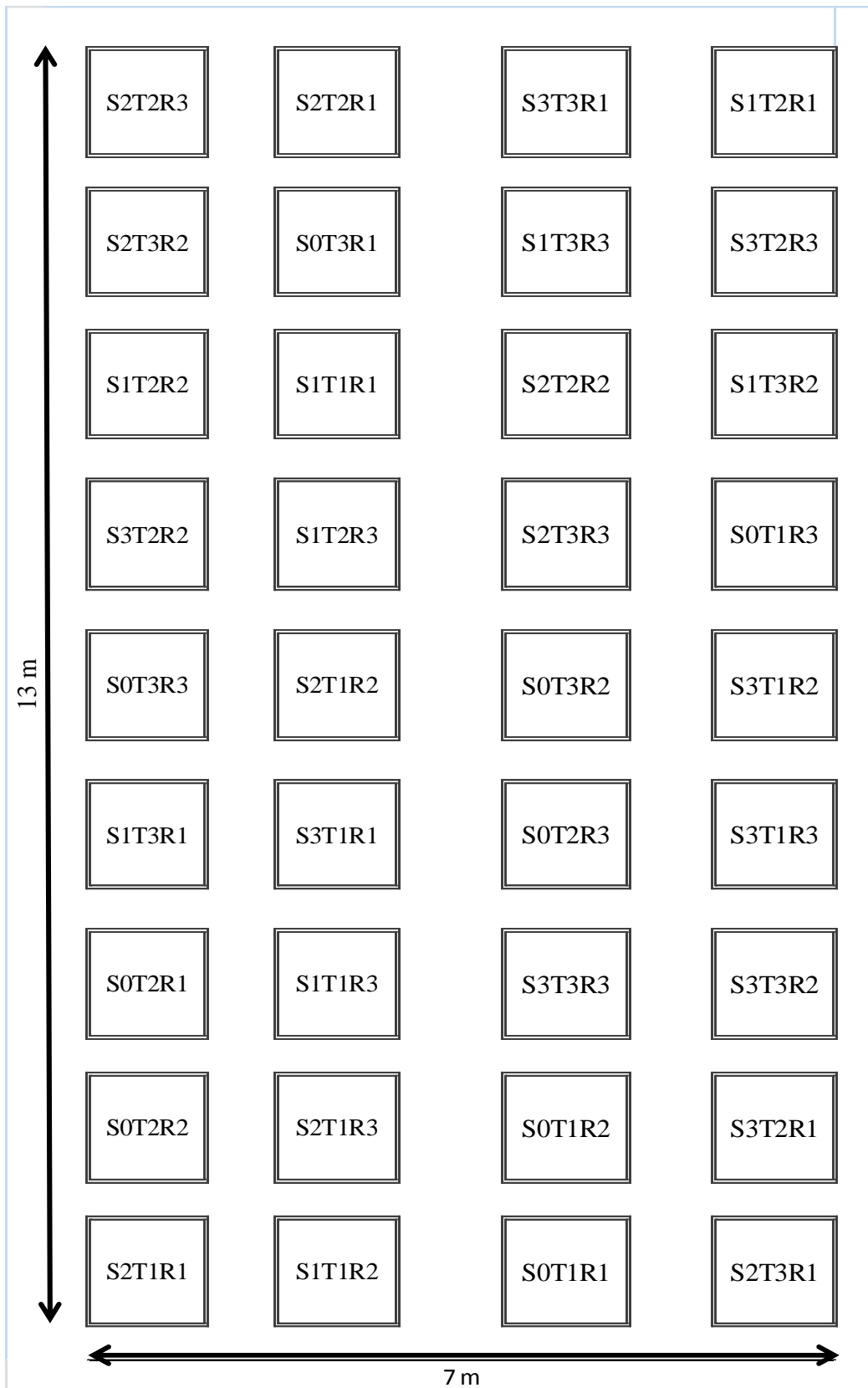


Figura 2A. Esquema de distribución de los tratamientos.



Figura 3A. Sales utilizadas en las soluciones nutritivas.



Figura 4A. Soluciones nutritivas.

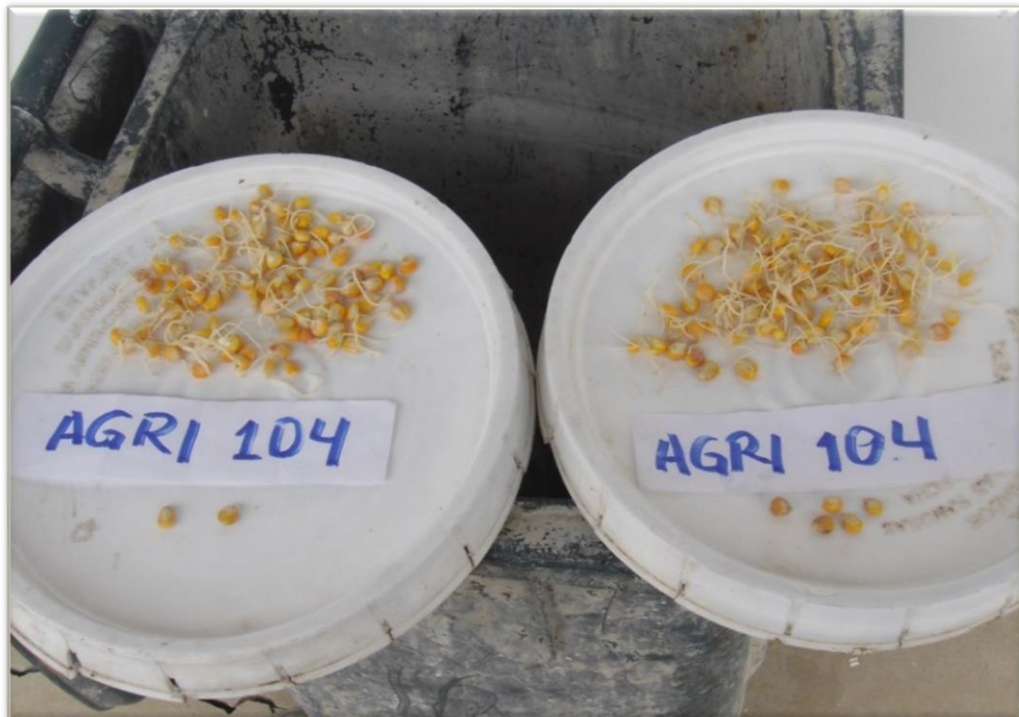


Figura 5A. Prueba del porcentaje de germinación del maíz *Agri 104*.



Figura 6A. Pruebas preliminares de germinación y desarrollo del FVH de maíz.



Figura 7A. Lugar del experimento.



Figura 8A. Pesado y lavado de semillas.

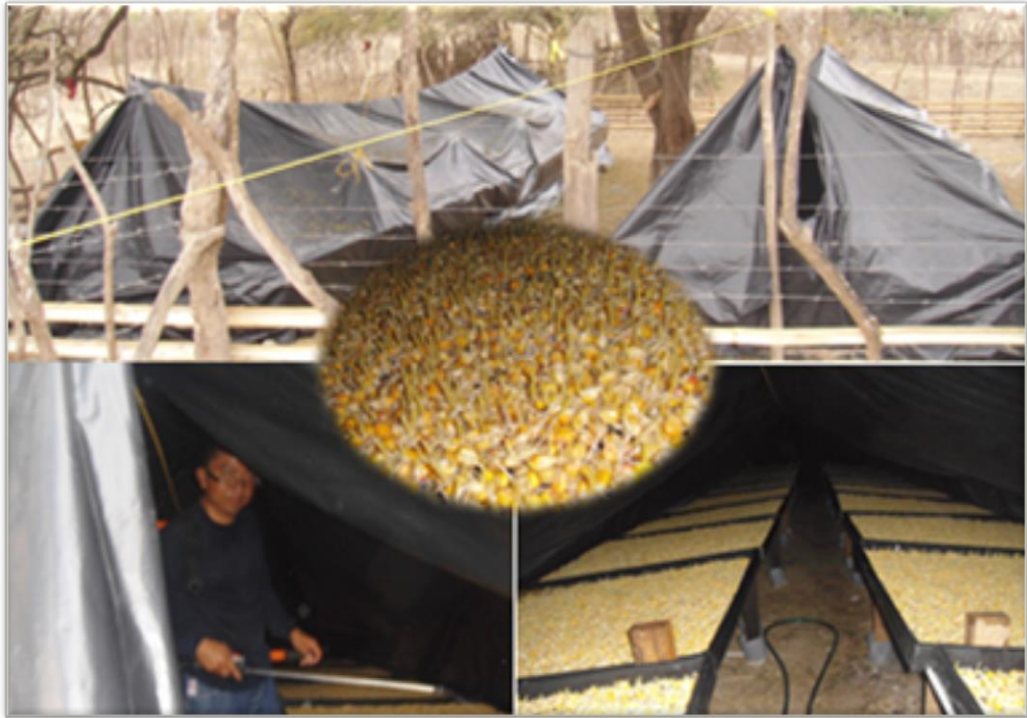


Figura 9A. Etapa de germinación.



Figura 10A. Semillas germinadas.



Figura 11A. Comprobación de pH del agua con soluciones nutritivas.



Figura 12A. Riego con soluciones nutritivas.



Figura 13A. Crecimiento del FVH de maíz.

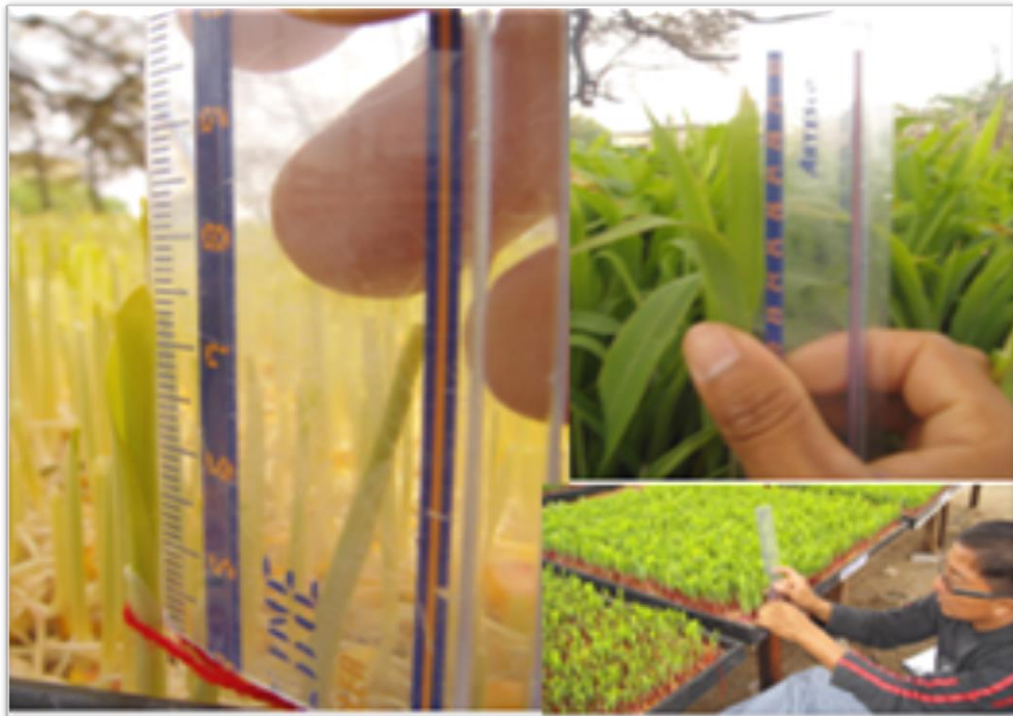


Figura 14A. Altura de planta del FVH de maíz.



Figura 15A. Cosecha del FVH de maíz.



Figura 16A. Peso del FVH de maíz.



Figura 17A. Toma de muestras para análisis bromatológicos.



Figura 18A. Análisis de materia seca.