UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

AREA AGROPECUARIA Y DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES

CARRERA DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA

"EVALUACIÓN DE TRES NIVELES DE MICROORGANISMOS EFICIENTES ACTIVADOS (*EM-A*) EN LA FERTILIZACIÓN DE CULTIVOS DE FORRAJE VERDE HIDROPÓNICO (*FVH*) EN LA QUINTA EXPERIMENTAL PUNZARA DE LA UNL"

Tesis de grado previa a la obtención del título de Médica Veterinaria Zootecnista

AUTORA:

Marisol Villalta Castillo

DIRECTOR:

Dr. Efrén Alcívar Sánchez Sánchez Mg.Sc.

LOJA – ECUADOR

2014

"EVALUACIÓN DE TRES NIVELES DE MICROORGANISMOS EFICIENTES ACTIVADOS (*EM-A*) EN LA FERTILIZACIÓN DE CULTIVOS DE FORRAJE VERDE HIDROPÓNICO (*FVH*) EN LA QUINTA EXPERIMENTAL PUNZARA DE LA UNL"

Trabajo de tesis presentada al Tribunal de Grado como requisito previo a la obtención del título de Médica Veterinaria Zootecnista.

Aprobado:

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

Dr. Dubal Antonio Jumbo Jimbo

VOCAL DEL TRIBUNAL

Dr. Alfonso Saraguro Martínez Mg. Sc.

VOCAL DEL TRIBUNAL

Dr. Héctor Castillo Castillo Mg. Sc.

CERTIFICACION

Dr. Efrén Alcívar Sánchez Sánchez Mg.Sc.
DIRECTOR DE TESIS

CERTIFICA:

Que el trabajo de investigación "**EVALUACIÓN DE TRES NIVELES DE MICROORGANISMOS EFICIENTES ACTIVADOS (*EM-A*) EN LA FERTILIZACIÓN DE CULTIVOS DE FORRAJE VERDE HIDROPÓNICO (*FVH*) EN LA QUINTA EXPERIMENTAL PUNZARA DE LA UNL"**, realizado por la egresada Marisol Villalta Castillo, previo a la obtención del título de **MÉDICA VETERINARIA ZOOTECNISTA,** se ha ejecutado de acuerdo con el cronograma establecido y ha sido prolijamente revisado, siendo viable y pertinente hasta la presente fecha, por lo tanto se autoriza continuar con los trámites correspondientes para la graduación.

Loja, 1 de Julio del 2014

.....

Dr. Efrén Alcívar Sánchez Sánchez Mg.Sc.
DIRECTOR DE TESIS

AUTORÍA

Yo, Marisol Villalta Castillo declaro ser autora del presente trabajo de tesis y eximo expresamente a la Universidad Nacional de Loja y a sus representantes jurídicos, de posibles reclamos o acciones legales, por el contenido de la misma.

Adicionalmente acepto y autorizo a la Universidad Nacional de Loja la publicación de mi tesis en el Repositorio Institucional- Biblioteca Virtual.

Autora: Marisol Villalta Castillo

Firma: .....

Cédula: 1104998636

Fecha: 15-07-2014

CARTA DE AUTORIZACIÓN DE TESIS POR PARTE DE LA AUTORA PARA LA CONSULTA, REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL Y PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA DEL TEXTO COMPLETO

Yo Marisol Villalta Castillo, declaro ser autora, de la tesis titulada **"EVALUACIÓN DE TRES NIVELES DE MICROORGANISMOS EFICIENTES ACTIVADOS (EM-A) EN LA FERTILIZACIÓN DE CULTIVOS DE FORRAJE VERDE HIDROPÓNICO (FVH) EN LA QUINTA EXPERIMENTAL PUNZARA DE LA UNL"**, como requisito para optar al grado de: Médica Veterinaria Zootecnista, autorizo al Sistema Bibliotecario de la Universidad Nacional de Loja para que con fines académicos, muestre al mundo la producción intelectual de la Universidad, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera en el Repositorio Digital Institucional:

Los usuarios puedan consultar el contenido de este trabajo en el Repositorio Digital Institucional, en las redes de información del país y del exterior, con las cuales tenga convenio la Universidad.

La Universidad Nacional de Loja, no se responsabiliza por el plagio o copia de la tesis que realice un tercero.

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Loja, a los 15 días del mes de julio del dos mil catorce, firma la autora.

Marisol Villalta Castillo

CI: 1104998636

Dirección: Tebaida baja, Loja, Ecuador.

Correo electrónico: msvillaltacastillo@hotmail.com

Teléfono: 0989310908

Director de Tesis: Dr. Efrén Alcívar Sánchez Sánchez Mg. Sc.

Tribunal de Grado: Dr. Dubal Antonio Jumbo Jimbo

Dr. Alfonso Saraguro Martínez Mg. Sc.

Dr. Héctor Francisco Castillo Castillo Mg. Sc.

AGRADECIMIENTO

Agradezco infinitamente a Dios, por la vida, por el amor que nos manifiesta día a día y por permitirme cumplir una importante meta que es ser profesional.

A la Universidad Nacional de Loja, al Área Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables, en especial a la Carrera de Medicina Veterinaria y Zootecnia, a su personal docente y administrativo, por formarme como persona y como profesional.

Mi agradecimiento especial a los doctores, Efrén Alcívar Sánchez Sánchez y Dubal Jumbo Jimbo, quienes con su capacidad profesional y calidad humana, brindaron sus conocimientos y experiencias guiándome durante la ejecución del presente trabajo de investigación.

A mis Padres, Cesar Hernande Villalta Tinizaray y Dolores Fredesvinda Castillo Guarnizo por darme el regalo de la vida y por sus años de esfuerzo durante mis estudios para lograr que me formase profesional. A mis hermanos y familiares por su apoyo incondicional en todas las etapas de mi vida.

Agradezco en general a todos mis compañeros y amigos que de una u otra manera supieron demostrarme su apoyo para salir adelante.

Marisol Villalta Castillo

DEDICATORIA

Quiero dedicar este logro a las personas que me apoyaron en cada momento, que me dedicaron su esfuerzo de cada día, que me ensañaron a valorar la vida y me impulsaron a esforzarme por conseguir mis metas, mis queridos padres Cesar Hernande Villalta Tinizaray y Dolores Fredesvinda Castillo Guarnizo, a ellos va dedicado mi trabajo. A mis hermanos Alexander, Azucena y Ronal Villalta Castillo, y a mis familiares, que confiaron en mí y colaboraron para que yo lograra cumplir este objetivo en mi vida.

Al Dr. Efrén Sánchez y al Dr. Dubal Jumbo, quienes contribuyeron con su tiempo y conocimientos, para que el presente trabajo sea de calidad, cumpliendo así con el requisito final para la obtención del título de Médica Veterinaria Zootecnista.

Marisol

INDICE

CONTENIDO: PAG.

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO..... ii
CERTIFICACION DEL DIRECTOR DE TESIS..... iii
AUTORÍA..... iv
CARTA DE UTORIZACIÓN DEL AUTOR..... v
AGRADECIMIENTO..... vi
DEDICATORIA.....vii
INDICE viii
RESUMEN.....xiv
ABSTRACT.....xvi
1. INTRODUCCION..... 1
2. REVISIÓN DE LITERATURA..... 3
2.1 CULTIVOS HIDROPÓNICOS 3
2.1.1 Definición..... 3
2.1.2 Fundamentos..... 3
2.1.3 Historia..... 4
2.2 FORRAJE VERDE HIDROPONICO..... 6
2.2.1 Definición..... 6
2.2.2 Ventajas y Desventajas del Sistema FVH..... 7
2.2.2.1 Ventajas..... 7
2.2.2.2 Desventajas 11
2.2.3 Características Nutricionales del FVH 12
2.2.4 Instalaciones Para Producción de FVH.....12
2.2.4.1 Tipos de instalaciones 13
a) Populares.....13
b) Estructuras o recintos en desuso.....14
c) Modernas o de alta tecnología.....14
2.2.5 Construcción y Diseño de Invernaderos 15
a) Ubicación.....16
b) Orientación.....16
c) Estructura.....17
d) Cubierta.....17
e) Forma y Tamaño.....18
f) Ventilación.....18
g) Módulos.....19
h) Las bandejas.....19

i) Sistema de riego 19
2.2.6 Condiciones Medio Ambientales en el Invernadero para FVH 20
2.2.6.1 Luz 20
2.2.6.2 Temperatura 20
2.2.6.3 Humedad 20
2.2.6.4 pH 21
2.2.6.5 CO2 21
2.2.7 Sustratos 21
2.2.8 Calidad y Cantidad de Agua Para Producir FVH 22
2.2.9 Fertilización 23
2.2.9.1 Soluciones nutritivas comerciales 23
2.2.10 Sanidad 24
2.2.11 Procedimiento Para el Cultivo de FVH 24
2.2.11.1 Tratamiento de la semilla 24
a) Selección de semillas 24
b) Lavado y desinfección de semillas 25
c) Pre-Germinación (remojo y oreo) 26
d) Germinación y siembra 26
2.2.12 Área de Producción 27
2.2.12.1 Riego 27
2.2.12.2 Aplicación de solución nutritiva 29
2.2.12.3 Cosecha 29
2.3 AVENA EN CULTIVO HIDROPÓNICO 30
2.3.1 Descripción 30
2.3.2 Rendimientos 30
2.3.3 Valor nutritivo 31
2.4 MICROORGANISMOS EFICIENTES (EM) 31
2.4.1 Generalidades 31
2.4.2 Producción y Método de captura de EM 32
2.4.2.1 Procedimiento 32
2.4.2.2 Cosecha de EM 33
2.4.2.3 Derivados a partir de EM 33
a) Microorganismos eficientes activados (EM-A) 33
b) EM-Bokashi 35
c) EM-Compost 35
d) EM-5 35
e) EM-X 36
2.4.4 Modo de Acción de los EM 36
a) Bacterias fotosintéticas 36
b) Bacterias acidolácticas 37
c) Levaduras 37
d) Actinomicetos: 37
e) Hongos de fermentación: 37

2.4.5 Beneficios de los EM en los Cultivos....37
2.4.5.1 Beneficios de los EM sobre el suelo....38
2.4.5.2 Beneficios de los EM sobre las plantas....38
2.4.5.3 Beneficios de los EM en el organismo animal....39
2.5 TRABAJOS RELACIONADOS....40

3. METODOLOGÍA....43
3.1 MATERIALES....43
3.1.1 Materiales de Campo....43
3.1.2 Materiales de Laboratorio....44
3.1.3 Materiales de Oficina....44
3.2. MÉTODOS....44
3.2.1 Ubicación....44
3.2.2 Descripción y Adecuación de Instalaciones....44
3.2.2.1 Descripción de Instalaciones....44
3.2.3 Producción de EM-A....45
a) Materiales....45
b) Procedimiento....45
c) Cosecha de EM....46
3.2.3.1 Activación del EM....46
3.2.4 Identificación de las cepas constituyentes del EM-A....46
3.2.5 Cultivo de Avena Hidropónica....47
3.2.5.1 Selección y preparación de semillas....47
3.2.5.2 Pre-germinación....48
3.2.5.3 Siembra....48
3.2.5.4 Riego....48
3.2.5.5 Aplicación del EM-A....48
3.2.5.6 Cosecha....49
3.2.6 Descripción de los Tratamientos....49
3.2.7 Descripción e Identificación de las Unidades Experimentales....50
3.2.8 Variables en Estudio....50
3.2.9 Diseño Experimental....50
3.2.10 Toma y Registro de Datos....51
3.2.10.1 Crecimiento de las plantas....51
3.2.10.2 Rendimiento de biomasa....51
3.2.10.3 Valor nutritivo....51
3.2.10.4 Rentabilidad....51
a) Egresos....52
b) Ingresos....52
3.2.11 Análisis Estadísticos....52

4. RESULTADOS....54
4.1 Crecimiento de las plantas....54
4.2 Rendimiento de biomasa....55
4.3 Valor nutritivo....57

4.4 Rentabilidad 58
4.4.1 Egresos 58
4.4.1.1 Arrendamiento de Instalaciones 59
4.4.1.2 Costo de semillas 60
4.4.1.3 Producción de EM-A 60
4.4.1.4 Mano de obra 60
4.1.2 Ingresos 61
5. DISCUSIÓN 66
5.1 Crecimiento de las plantas 66
5.2 Producción de biomasa 66
5.3 Valor nutritivo 67
5.3.1 Fibra 67
5.3.2 Proteína 67
5.4 Rentabilidad 68
6. CONCLUSIONES 65
7. RECOMENDACIONES 65
8. BIBLIOGRAFIA 73
9. ANEXOS 739

INDICE DE CUADROS

CUADRO: PAG.

Cuadro 1. Valor nutricional de diferentes muestras de FVH 12
Cuadro 2. Composición analítica de la avena..... 31
Cuadro 3. Resultados de análisis microbiológico del EM-A..... 47
Cuadro 4. Descripción de tratamientos..... 50
Cuadro 5. Crecimiento de las plantas en los diferentes tratamientos..... 54
Cuadro 6. Rendimiento de biomasa en los diferentes tratamientos..... 56
Cuadro 7. Valor nutritivo..... 57
Cuadro 8. Depreciación de activos fijos..... 59
Cuadro 9. Insumos, semilla de avena y EM-A..... 60
Cuadro 10. Costos de producción..... 61
Cuadro 11. Ingreso anual de la producción de FVH de avena a los 21 días.... 62
Cuadro 12. Análisis económico del FVH de avena..... 63

INDICE DE FIGURAS

FIGURA: PAG.

Figura 1. Cultivo de FVH de avena.....7
Figura 2. Captura de microorganismos eficientes.....33
Figura 3. Altura de las plantas del FVH de avena.....55
Figura 4. Rendimiento de biomasa del FVH de avena. 56
Figura 5. Porcentaje de proteína y fibra del FVH de avena.....58

RESUMEN

Se produjo microorganismos eficientes activados (EM-A) y se envió muestras al laboratorio de microbiología para identificar las cepas constituyentes, posteriormente se evaluó su efecto en la fertilización de forraje verde hidropónico (FVH). Se cultivó avena forrajera dentro de un invernadero al cual se le realizó ciertas adecuaciones. La siembra de las semillas se hizo en bandejas plásticas y se utilizó como sustrato aserrín fino, la densidad de siembra fue de 200 g de avena por bandeja. Se seleccionó e hidrató las semillas inundándolas en un balde por un lapso de 4 horas; desde el proceso de pre germinación se colocó la semilla en las bandejas con el sustrato. Se consideró 21 días de crecimiento a partir de la germinación. Para el estudio de las variables propuestas, se utilizó el diseño experimental completamente randomizado con 4 tratamientos y 7 repeticiones; utilizándose 28 unidades experimentales (bandejas), 7 por cada tratamiento. Durante la fase experimental se estudiaron las siguientes variables: El crecimiento de las plantas (altura en cm) a los 7, 14 y 21 días de crecimiento y la producción de biomasa al día 21 de crecimiento. El mayor crecimiento de las plantas se registró en el Tratamiento 2, es decir con 0,25% de microorganismos eficientes activados, con un promedio de 23,8cm de altura, y este mismo tratamiento arrojó el mejor rendimiento de biomasa con un promedio de 1,951 Kg por bandeja. Se estudió el porcentaje de proteína y fibra, para lo cual se envió al laboratorio muestras de forraje de cada uno de los tratamientos. El resultado dio que el porcentaje de proteína a los 21 días fue mayor tanto en base seca (BS) como en tal como ofrecido (TCO) en el Tratamiento testigo, es decir sin fertilización con microorganismos eficientes activados, con 1,38% en TCO y 9,60 % en BS, en cuanto a la fibra fue mayor en el Tratamiento 2, tanto en TCO como en BS con 5,95% y 41% respectivamente. En el análisis estadístico se realizó una prueba de ADEVA con los datos obtenidos, el resultado indicó que hay diferencia altamente significativa entre tratamientos por lo tanto se aplicó la prueba de Duncan. Dentro del estudio de la rentabilidad, el precio por Kg de FVH de avena producido fue de 0,23 USD en el tratamiento testigo, sin microorganismos eficientes activados, siendo el precio más elevado debido al mayor porcentaje de proteína en comparación con el forraje de los otros tratamientos, sin embargo este precio no

justifica la inversión, por lo que no se considera rentable comercializar forraje verde hidropónico de avena en nuestro medio, sino que se debe destinar el forraje para el consumo interno de los animales.

ABSTRACT

Activated efficient microorganisms (EM-A) were produced and samples were sent to the microbiology laboratory to identify the constituents trains. Subsequently their effect on hydroponic green forage (HGF) fertilization was evaluated. The forage oats were grown inside a greenhouse to which certain adjustments were made. Seeds were planted in plastic trays and fine sawdust was used as a substrate, the planting density was 200g of oats per tray. The seeds were selected and hydrated by filling a bucket with water and soaking them for a period of 4 hours; from the process of pre germination the seed was placed in the trays with the substrate. We considered 21 days of growth from germination. To study the proposed variables, we used a complete lyrandomized experimental design with 4treatments and7 repetitions; utilizing28experimental units (trays), 7 for each treatment. During the experiment alstage, the following variables were studied: The plant development(height incm)at 7,14and 21 days of growth and biomass production at day21 of growth. The greatest plant growth was recorded in Treatment 2, with 0.25% of efficient activated microorganisms and an average height of23.8cm. This same treatment also yielded the best performance with an average biomass of 1,951 kg per tray. The percentage of protein and fibre were studied, for which samples of forage from each of the treatments were sent to the laboratory. The result showed that the percentage of protein at 21 days was higher in both the dry base (BS) and the fed (TCO) in the controlled treatment (i.e. without fertilization with efficient activated microorganisms) with 1.38% in TCO and 9.60% in BS. In terms of fibre it was greater in treatment 2, both in TCO and BS with 5.95% and 41% respectively. In the statistical analysis, an ANOVA test was performed using the data obtained; there sult indicated that there is a highly significant difference between the treatments therefore the Duncan test of profitability was applied, the price per kg of HGF oatproducedwas0.23 USD in the controlled treatment (without efficient activated microorganisms), this being the pricier due to the higher percentage of protein compared to the other forage treatments, however this price does not justify the investment, so it is not considered profitable to market

hydroponic green forage oats in our medium, although one should allocate the forage for domestic animal consumption.

“EVALUACIÓN DE TRES NIVELES DE MICROORGANISMOS EFICIENTES ACTIVADOS (*EM-A*) EN LA FERTILIZACIÓN DE CULTIVOS DE FORRAJE VERDE HIDROPÓNICO (*FVH*) EN LA QUINTA EXPERIMENTAL PUNZARA DE LA UNL”

1. INTRODUCCION

En nuestro país se destinan superficies limitadas y de baja fertilidad para la producción de pastos, a las cuales se les da un manejo incorrecto, además se adicionan situaciones climáticas desfavorables en diferentes épocas del año como sequías, heladas, periodos lluviosos prolongados e inundaciones; lo cual origina escasez de forraje, lo que conlleva a la deficiente alimentación de los animales, disminución de la producción y en el peor de los casos a enfermedades y muerte principalmente en periodos críticos de sequía.

En la provincia de Loja se aprecia una significativa disminución de la producción ganadera por escasez de pastos durante la época seca, que dura de seis a siete meses, lo cual constituye una de las principales limitantes para el desarrollo agropecuario de la provincia, principalmente en los sectores de bosque seco.

Por lo mencionado, se hace necesario buscar alternativas en la forma de producción de forraje, como es el caso del forraje verde hidropónico *(FVH)* que es un sistema de producción de biomasa vegetal de alta calidad nutricional producido rápidamente (9 a 15 días), es fácilmente aplicable en cualquier lugar y época del año, siempre y cuando se le presten las condiciones de microclima adecuado.

Recientes investigaciones han demostrado que una ventaja del cultivo de FVH es el espacio mínimo que se requiere para su producción, ya que el espacio que se ocupa de manera vertical, permite que la producción se quintuplique y los costos de manejo se reducen significativamente; ejemplo, al usar cultivo tradicional, en plantaciones de alfalfa se producen dos toneladas por hectárea por un lapso de 15 días, con la producción de forraje hidropónico asciende a una tonelada diaria en un espacio de 300 m^2 (Rodríguez, 2003).

Una innovación dentro de la hidroponía, para su optimización es la utilización de microorganismos eficientes activados (EM-A), que son cultivos mixtos de microorganismos benéficos de origen natural constituidos principalmente de: bacterias fototrópicas, bacterias ácido lácticas, levaduras y hongos de

fermentación, cuando estos microorganismos entran en contacto con materia orgánica, secretan sustancias beneficiosas como vitaminas, ácidos orgánicos, minerales y antioxidantes. Cuando crece la población, se incrementa su actividad suprimiendo a los microorganismos patógenos. La aplicación de EM-A ha generado efectos positivos sobre una serie de actividades en la producción agrícola y pecuaria.

Varias investigaciones señalan que el uso de EM-A en hidroponía, constituye una valiosa alternativa para la producción de forraje orgánico, ya que con una adecuada aplicación no se requiere de fertilizantes ni plaguicidas químicos.

Para la ejecución del presente trabajo investigativo se plantearon los siguientes objetivos:

- Realizar la captura, activación e identificación de microorganismos eficientes para su posterior evaluación en la producción de forraje verde hidropónico.

- Evaluar el efecto de tres niveles de microorganismos eficientes activados en la producción de forraje verde hidropónico.

- Determinar el valor nutritivo del forraje verde hidropónico.

- Establecer los costos de producción del forraje verde hidropónico.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 CULTIVOS HIDROPÓNICOS

2.1.1 Definición

Gricke (1929) denomina al cultivo sin suelo, hidroponía, la misma que proviene del griego Hydro que significa agua y Ponos que significa trabajo; traducido literalmente significa trabajo en agua.

El diccionario de la Real Academia de la Lengua Española, lo define como el cultivo de plantas en soluciones acuosas; sin embargo, actualmente la palabra involucra todas aquellas formas en que se cultivan plantas con algún soporte (arena, grava, carbón, etc.), sin el uso de suelo, en donde son alimentadas mediante una solución de minerales que se les suministra por medio del agua de riego (Guzmán, 2004).

Se concibe a la hidroponía como un sistema de producción en donde los nutrientes llegan a la planta a través del agua, aplicados en forma artificial y el suelo no participa en la nutrición. Las plantas pueden crecer en una solución mineral únicamente, o bien en un medio inerte, como arena lavada, grava o perlita, entre otras (Torres, 2009).

2.1.2 Fundamentos

La hidroponía se hace posible por la relación entre la planta y los nutrientes. No es la tierra en si lo que la planta necesita; son las reservas de nutrientes y humedad contenidos en la tierra, así como el apoyo (sostén) que la tierra da a la planta. Cualquier medio de crecimiento dará un apoyo adecuado, y al suministrar nutrientes a un medio estéril donde no hay reservas de estos, es posible que la planta consiga la cantidad precisa de agua y nutrientes que necesita. La tierra tiende a menudo a llevar agua y nutrientes lejos de las plantas, lo cual vuelve la aplicación de cantidades correctas de fertilizante un trabajo muy difícil. En

hidroponía, los nutrientes necesarios se disuelven en agua, y esta solución se aplica a las plantas en dosis exactas en los intervalos prescritos (Zeoli, 2013).

No existe una diferencia fisiológica entre las plantas que crecen en un cultivo hidropónico y aquellas que lo hacen en el suelo. En el suelo, tanto los componentes orgánicos como inorgánicos deberán ser descompuestos en elementos inorgánicos tales como calcio, magnesio, nitrógeno, potasio, hierro y otros, antes que estén disponibles para las plantas. Estos elementos están adheridos a las partículas del suelo, con el agua se forma una solución y entonces son absorbidos por la planta. En los cultivos hidropónicos las raíces de las plantas son humedecidas con una solución de nutrientes que contienen estos elementos; por tanto el proceso y utilización de los minerales por las plantas es el mismo (Quiñones, 2011).

El sistema de cultivos hidropónicos es la forma más moderna y técnicamente más avanzada, de producir vegetales. A la vez, es el sistema que menos daña el ambiente; contribuye a la sostenibilidad de los recursos naturales, aportando a la conservación del suelo (Zambrano, 2007).

La mayoría de los cultivos comerciales se adaptan a los sistemas de producción dentro de la hidroponía, desde hortalizas; plantas ornamentales; forrajes, tanto cereales como gramíneas, hasta árboles frutales (Gilsanz, 2007).

2.1.3 Historia

El hombre desde el principio ha buscado la manera de satisfacer sus necesidades alimenticias analizando los recursos con que cuenta y sus restricciones, a lo cual ha buscado la manera de disminuir estas últimas, esto ha traído la aparición de técnicas de cultivo de plantas optimizando recursos. Los antiguos egipcios cientos de años antes de Cristo describen el cultivo de plantas en agua. Los babilonios con sus jardines colgantes desde hace 2500 años mantenían el sistema hidropónico, luego la técnica se utilizó en los jardines flotantes de los aztecas en México y en los de la China Imperial y Cuba, donde se denomina organopónico

(sin suelo). Los Incas como una manera de cuidar el agua realizaron un sistema semi hidropónico. Estos son algunos ejemplos de los cultivos hidropónicos en la antigüedad (Espinosa, 2005).

En el año 1600 el belga Helmont realizó experimentos que demuestran la obtención de nutrientes del agua por las plantas. R. Boyle en 1600 realizó experimentos de crecimiento de plantas en vasos. En 1699, John Woodward publicó sus experimentos de esta técnica con la menta verde (Gilsanz J.C, 2007).

Posteriormente en 1860 los alemanes Sachs y Knop fueron los primeros en hacer crecer las plantas en un medio humedecido con solución nutritiva, llamando al proceso nutriculture. En 1929, William F. Gricke, profesor de la Universidad de Berkeley de California, define el proceso como hidroponía que significa "trabajo en agua" aunque él afirma que el término fue sugerido por el Dr. W.A. Setchell (Gilsanz, 2007).

En 1940, Gericke escribió el libro, Complete Guide to Soilless Gardening (Guía Completa del Cultivo sin Suelo) (Alonso, 2012).

Durante la II guerra mundial las fuerzas norteamericanas instalan en sus bases, en islas rocosas incultivables del Pacifico, sistemas hidropónicos para proveer de vegetales y frutas a las tropas en conflicto con Japón. Después de la segunda guerra mundial los militares continuaron utilizando la técnica y establecieron un proyecto de 22 hectáreas en la isla de Chofu en Japón. Luego, la hidroponía comercial se extiende a través del mundo en 1950, países como Italia, Francia, España, Alemania, Israel, Australia y Holanda, adoptaron este sistema también (Gilsanz, 2007).

Debido a que el sistema hidropónico demostró ser costoso en el tiempo, la mayoría de los planes a gran escala fueron abandonados. Sin embargo, en los años sesenta y setenta, se renovó el interés por la hidroponía, al desarrollarse la industria de los plásticos que redujo significativamente los costos de producción (Novoa, 2013).

Actualmente los países en la búsqueda de solucionar sus problemas de deterioro del suelo en las zonas de producción, debido a un agotamiento de los recursos y contaminación, ha optado por el cultivo hidropónico como parte de la solución a dichos problemas (Espinosa, 2005).

2.2 FORRAJE VERDE HIDROPÓNICO

2.2.1 Definición

El FVH es una tecnología de producción de biomasa vegetal obtenida a partir del crecimiento inicial de las plantas en los estados de germinación y crecimiento temprano de plántulas a partir de semillas viables. El producto final es un pienso o forraje vivo, de alta digestibilidad, calidad nutricional y muy apto para la alimentación animal (FAO, 2001).

Rodríguez, *et al*., (2004) resume lo siguiente: El forraje hidropónico, es el resultado del proceso de germinación de semillas de granos de cereales como cebada, trigo, avena, maíz, sorgo; que han crecido en un periodo de 9 a 15 días logrando alcanzar una altura de 20 a 25cm, esto en función de las condiciones micro climáticas en que se pueden explotar, tales como: luz, temperatura y humedad. Este método se practica sin suelo, lo que permite producir a partir de la germinación de las semillas una masa forrajera de alto valor nutritivo, consumible al 100% y con 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.

La hidroponía es un sistema nuevo para producir forrajes. En el mundo agropecuario conocemos tradicionalmente dos sistemas para la producción de forraje: extensiva e intensiva. La producción de forraje hidropónico es una técnica totalmente distinta (Quiñones, 2011).

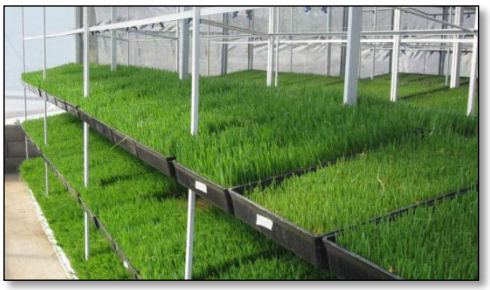

Figura 1. Cultivo de FVH de avena
(Iñigo Biain, 2013)

El forraje producido es diferente a los pastos tradicionales, no solamente por la forma en la que se obtiene sino porque el animal consume las primeras hojas verdes, los restos de las semillas y la totalidad de las raíces; que constituyen una completa fórmula rica en nutrientes. Su sabor y textura le confieren gran palatabilidad y fácil asimilación (Zambrano, 2007).

El FVH no intenta competir con los sistemas tradicionales de producción de pastos, pero sí complementarlos, especialmente durante períodos de escasez (Alba, 2010).

2.2.2 Ventajas y Desventajas del Sistema FVH

2.2.2.1 Ventajas

Las ventajas en el uso de los sistemas hidropónicos pueden resumirse en los siguientes aspectos:

- Reduce costos en mano de obra, por tanto se obtiene forraje económico;
- Permite la producción programada de acuerdo a las necesidades;
- No es necesaria la rotación de cultivos;
- No existe la competencia por nutrientes;
- No hay problema de malezas;
- Disminuye considerablemente la aplicación de agroquímicos;

- Eficiente utilización del agua, ya que ésta es aportada en cantidades necesarias y en forma controlada (Gilsanz, 2007).

  Las pérdidas por evapotranspiración, escurrimiento superficial e infiltración son mínimas al comparar con las condiciones de producción convencional en especies forrajeras, cuyas eficiencias varían entre 270 a 635 L de agua por Kg de materia seca. Alternativamente, la producción de 1 Kg de FVH requiere de 2 a 3 litros de agua con un porcentaje de materia seca que oscila, dependiendo de la especie forrajera, entre un 12% a 18% Esto se traduce en un consumo total de 15 a 20 litros de agua por Kg de materia seca obtenida en 14 días (Casa, 2008).

  Para obtener de 1 a 8 Kg de MS se emplea $1m^3$ de agua de riego cultivando especies forrajeras en suelo, mientras que utilizando este mismo volumen de agua en la producción de FVH se obtienen alrededor de 80 Kg de MS de forraje de buena calidad nutricional (FAO, 2001).

- Incremento en producción, hasta un 15-20%, frente a un mismo cultivo en suelo. Esto gracias a que las plantas se encuentran en condiciones de nutrición ideales, de forma que apenas hay gastos de energía por parte de la planta en la absorción radicular (Albornoz. R. 2014).

- Se produce en reducido espacio con excelente rendimiento en la cosecha., menciona que el sistema permite una siembra de alta densidad: 5 Kg de semilla/m^2 y producciones de 40 a 50 Kg de forraje fresco por m^2 de bandeja (Quiñonez, 2011).

- La producción de FVH alcanza un rendimiento de 10 a 12 veces el peso de la semilla, en pasto fresco. La literatura reporta conversiones de semilla a forraje verde de 5 a 1 y hasta 12 a 1 (Carballo, 2000).

- La eficiencia del sistema de producción de FVH es muy alta. Estudios realizados en México, con control del volumen de agua a aplicar, luz, nutrientes y CO2, demostraron que a partir de 22 Kg de semillas de trigo es posible

obtener en un área de 11,6m^2, 1.89 Kg semilla, una óptima producción de 112 Kg de FVH por día (9,65 Kg FVH/m^2/día) (Casa, 2008).

El sistema de producción de FVH puede ser instalado en forma modular en dimensión vertical lo que optimiza el uso del espacio útil. Se puede cosechar anualmente 15-25 toneladas de materia seca. Este rendimiento es equivalente al de la alfalfa, sorgo o maíz, pero en una superficie 100 veces menor y sin utilización de agroquímicos (FAO, 2001).

- La instalación de una unidad de FVH, nos asegura la disponibilidad de forraje los 365 días del año, independientemente de la variación climática y del terreno donde se ubique (FAO, 2001).

- Eficiencia en el tiempo de producción. La producción de FVH apto para alimentación animal tiene un ciclo de 10 a 12 días, muy útil por lo tanto en periodos de escasez de pastos, por condiciones climáticas adversas (FAO, 2001).

- El FVH producido adecuadamente representa un forraje limpio e inocuo. Nos asegura la ingesta de un alimento conocido por su valor nutricional, alta digestibilidad, excelente palatabilidad y su calidad sanitaria (Sánchez, 2000).

  Un caso notable de inocuidad y apoyo a la seguridad alimentaria a partir del uso de FVH fue informado en las poblaciones de Chernobyl, Kazakstan y Voronezh, ciudades afectadas por radiación atómica. En tal situación, (informado por Pavel Rotar, de la ISAR, Julio 2001) la única salida para la producción animal en estas zonas afectadas de Rusia, fue la implementación de la producción del FVH, lográndose una “sana y limpia alimentación de los animales”, dado que las pasturas existentes se encontraban totalmente contaminadas por la radiación. Además, con el suministro de FVH se aumentó la digestibilidad de 30 a 95%, con respecto a los granos que antes se utilizaban para consumo animal (FAO, 2001).

La producción de FVH es ventajosa debido a que crece en bandejas sin suelo haciéndolo limpio. Así, si los animales se alimentan con ese producto todo el año no hay contaminación de parásitos y se obtienen grandes ahorros en vermífugos (Quiñones, 2011).

- Minimiza costos de producción por reducción en la compra de balanceados, tiene una capacidad de sustitución del concentrado hasta en un 70% para algunas especies (Tarrillo, 2007).

- Incrementa el rendimiento productivo de los animales. En todos los resultados mencionados, el sistema de producción de FVH ha posibilitado obtener mayor calidad de carne; aumento del peso vivo a la faena; aumento en la proporción de pelo de primera en el vellón de conejos; mayores volúmenes de leche; aumento de la fertilidad; disminución de los costos de producción por sustitución parcial de la ración por FVH (Arano, 1998).

- Permite la estabulación del ganado.

- Permite desarrollar producciones comerciales exitosas en áreas pequeñas. El FVH ha demostrado ser una alternativa comercial aceptable, considerando la disponibilidad actual de tecnología, el poco tiempo necesario para proveer de alimento a los animales. Permite la colocación en el mercado de insumos que posibilitan generar alianzas o convenios estratégicos con otras empresas afines al ramo de la producción de forraje tales como las empresas semilleristas, cabañas de reproductores, tambos, locales de invernada, ferias, locales de remates, aras de caballos, cuerpos de caballería, etc. En la actualidad existen empresas comercializadoras de FVH en distintos países y todas ellas gozan de un buen nivel aparente de ventas (FAO, 2001).

2.2.2.2 Desventajas

- Desinformación y sobrevaloración de la tecnología. Proyectos de producción de FVH son vendidos a productores sin capacitarlos previamente sobre el correcto manejo del sistema, (Marulanda e Izquierdo, 1993).

- Costo inicial elevado, debido a las inversiones a realizar, esto varía dependiendo del sistema y del control que se realice en el ambiente de crecimiento (Morales, 1987). Alternativamente, productores agropecuarios brasileros han optado por la producción de FVH directamente colocado a piso sobre plástico negro y bajo microtúneles, con singular éxito. La práctica de esta metodología a piso y en túnel es quizás la más económica y accesible, (Sánchez, 1997).

- Repentinos cambios de temperatura o de ventilación tendrán respuesta directa en el cultivo (Gilsanz, 2007).

- Desbalances nutricionales causan inmediato efecto en el cultivo. Al no existir suelo se pierde la capacidad buffer de éste frente a excesos o alteraciones en el suministro de nutrientes, es por ello que de forma inmediata se presentan alteraciones en el cultivo (Gilsanz, 2007).

- El contenido de materia seca puede ser muy bajo, debido a que el forraje se cosecha en muy corto tiempo, por lo que se sacrifica calidad por cantidad del mismo (Elizondo y Boschini, 2001).

2.2.3 Características Nutricionales del Forraje Verde Hidropónico

Cuadro 1. Valor nutricional de diferentes muestras de FVH

Grano	M.S %	P.C %	FND %	F.A.D %	Digestibilidad %
Avena	32,00	9,00	----	27,90	----
Cebada	-----	25,00	----	----	81,60
Cebada	17,77	20,23	51,79	----	63,58
Maíz	18,60	16,80	----	----	89,50

MS = Materia Seca
PC = Proteína Cruda
FND = Fibra Neutro Detergente
FAD = Fibra Ácido Detergente

Fuente: Elizondo (2001).

De acuerdo al Consejo Nacional de Investigación de U.S.A. (NRC, 1996) los niveles de todos los minerales contenidos en el FVH son considerados satisfactorios para la nutrición de ganado. Sin embargo, los niveles de calcio en el FVH generalmente se ubican en el límite inferior de los rangos propuestos por el NRC por lo que es necesario aumentar su concentración para ajustar la relación calcio:fósforo, ya que se recomienda mantenerla en 2:1.

2.2.4 Instalaciones Para Producción de FVH

Se produce en bandejas, colocadas en perchas ya sea de hierro o madera, en cada una se coloca 1 Kg de semilla de maíz (también se puede trabajar con avena, trigo y cebada) y al cabo de 10 a 12 días cada Kg de semilla se habrá convertido en una masa forrajera de 6 a 8 kilos, consumible en su totalidad. Este cultivo se produce dentro de invernaderos, que permite una protección del cultivo contra las bajas temperaturas, además de la exposición directa de los rayos del sol y de las lluvias (Zambrano, 2007).

La localización de una construcción para producción de FVH no requiere grandes requisitos. Como parte de una buena estrategia, se debe considerar previamente que la instalación esté ubicada en una zona de producción animal o muy próxima a ésta.

Para iniciar la construcción se debe nivelar bien el suelo; buscar un sitio que esté protegido de los vientos fuertes; que disponga de agua de riego de calidad aceptable para abastecer las necesidades del cultivo; y con fácil acceso a energía eléctrica.

Existe un amplio rango de posibilidades para construir las instalaciones, que va desde aquellas más simples, construidas artesanalmente con palos y plástico, hasta sofisticados modelos digitalizados en los cuales casi no se utiliza mano de obra para la posterior producción de FVH. En los últimos años se han desarrollado métodos operativos con modernos instrumentos de medición y de control como: relojes, medidores del pH, de conductividad eléctrica y controladores de la tensión de CO2.

2.2.4.1 Tipos de instalaciones

Las instalaciones pueden ser clasificadas según sea su grado de complejidad en:

a) Populares

Consisten en una estructura artesanal compuesta de palos o cañas de bambú, revestida de plástico trasparente común. El piso es de tierra y las estanterías para la siembra y producción del FVH son construidas con palos, cañas y restos de madera o desechos de aserríos. La producción obtenida en este tipo de instalaciones es utilizada en la mayoría de los casos para alimentar los animales existentes dentro del mismo predio. La altura de las estanterías, debido a la calidad de los materiales de construcción, no sobrepasa los 3 pisos. En casos muy particulares se alcanzan cuatro niveles de bandejas.

El material con que están fabricadas las bandejas puede ser de cualquier tipo y origen. Lo más común es que sean recipientes de plástico de descarte, a los cuales se les corta al medio, se les perforan pequeños drenajes de agua sobre uno de los lados y se usan tal como quedan. También se utilizan estantes de muebles en desuso a los que se le forran con nylon. En este tipo de instalaciones podemos encontrar todo tipo de formas y tamaños de bandejas y tal como promueve la FAO en su manual de la Huerta Hidropónica Popular (Marulanda e Izquierdo, 1993), el FVH permite también practicar una agricultura popular del descarte.

b) Estructuras o recintos en desuso

Comprende instalaciones industriales en desuso, antiguos criaderos de pollos, galpones vacíos, viejas fábricas, casas abandonadas, etc. Estas instalaciones se están volviendo cada vez más comunes en los países de América Latina.

El ahorro que se obtiene con este tipo de instalaciones surge de la disponibilidad de paredes y techos lo que permite invertir en otros insumos necesarios para la producción de FVH. Los rendimientos en este tipo de instalaciones suelen ser superiores a las instalaciones populares por el mejor control ambiental logrado y el mayor número de pisos de producción (hasta 7).

c) Modernas o de alta tecnología

Las instalaciones de este tipo pueden ser de construcción de albañilería hecha en el lugar, prefabricadas o importadas directamente como unidades de producción.

A modo de ejemplo describiremos un caso de una instalación con un área total de 1.000 m^2, ocupando la sección de cultivo un área de 30x25 m (750 m^2) y una altura de 3,5 m. El resto de la estructura (250 m^2) es ocupada por los espacios para el lavado, remojo, escurrimiento y germinación de las semillas incluyendo espacio para la oficina y depósitos.

En estos modelos, la sala de germinación ocupa un área de 50 m^2, presenta la misma disposición que la sala de producción, cuenta con un sistema de riego por micro aspersión, no tiene iluminación ni tampoco requiere de mucha ventilación. Los estantes de esta sala comprenden 10 pisos, siendo la capacidad de producción de 10.000 Kg de FVH/día. La fase de producción se realiza sobre bandejas que son colocadas en estantes metálicos dobles de 7 pisos. Las bandejas son de fibra de vidrio que se ubican en 7 líneas de estantes siendo cada una de ellas de 26 m de largo por 1,8 m de ancho. Entre las líneas de estantes se coloca un piso de cemento con canaletas a ambos lados, mientras que el piso, bajo las estanterías está recubierto con material inerte que facilite el drenaje y desinfección. La instalación cuenta con riego automatizado y controlado todo por relojes de tiempo con sus respectivas válvulas solenoides y de flotación. Presenta también ventiladores, extractores de aire, un ozonizador que incorpora ozono al agua de riego para eliminar contaminaciones de bacterias, e iluminación de apoyo basada en 20 tubos fluorescentes.

Los resultados en una unidad como la descrita, señalan que se pueden producir 10.000 Kg de FVH/día (10 Kg de FVH/m^2/día) en 7 pisos de producción.

Otros ejemplos de instalaciones técnicas de producción de FVH mencionadas en la literatura, ofrecen diferentes modelos de estructuras, basado en túneles de producción automáticos en donde las bandejas se desplazan sobre rieles hasta el final del túnel donde el FVH es cosechado y entregado a la alimentación de los animales.
(Curso de invernaderos,ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/field/009/ah472s/ah472s01.pdf)

2.2.5 Construcción y Diseño de Invernaderos

Hasta hace un tiempo, los invernaderos eran una práctica costosa, que solo se justificaba para cultivos muy valiosos. Hoy, gracias a la existencia en el mercado de nuevos materiales, los invernaderos constituyen una herramienta útil y económica con la cual es posible prolongar los periodos de crecimiento de las plantas en general.

Los invernaderos consisten en una estructura simple, con una cobertura transparente a la luz y que a su vez ofrece protección contra algunos factores agresivos del clima: como viento, lluvias y bajas temperaturas, que afectan a los cultivos.

a) Ubicación

Para elegir el lugar donde construir un invernadero debemos tener en cuenta:

- Exposición al sol y duración del fotoperiodo.
- Vientos predominantes, debemos lograr la exposición mínima.
- Área libre de anegamientos estacionales.
- Accesibilidad vehicular.
- Cercanía a fuente de agua y energía eléctrica

b) Orientación

Uno de los factores que más incide en la producción de cualquier especie vegetal es la luz, por lo que debemos procurar que ésta llegue lo mejor posible al invernadero. La orientación del mismo hará que los rayos solares penetren en mayor o menor grado. La orientación más conveniente es este – oeste, o sea que el lado más largo del invernadero mire hacia el norte.

Otro factor a tener en cuenta al decidir la orientación del invernadero es el viento. Debemos intentar tener una mínima exposición a los vientos predominantes. El viento fuerte trae el peligro de daño tanto en la estructura como en el material de la cubierta. Lo ideal es que el invernadero presente la menor resistencia posible, esto se logra orientando el invernadero con su lado más largo en la misma dirección que el viento o bien en diagonal.

c) Estructura

Puede estar constituida por diversos materiales, los más comunes son el metal y la madera. Actualmente, el costo entre estos dos materiales mantiene una relación de 3:1, es decir que una estructura de metal cuesta tres veces más que una de madera.

Con respecto a la vida útil de estas estructuras, la de metal está estimada en 25 años, con un pequeño mantenimiento cada tres años; mientras que en madera podemos esperar una duración de 5, con mantenimiento cada 2 años.

d) Cubierta

Es el elemento que ejerce la verdadera protección del cultivo, porque si bien permite el paso de la luz y el calor, constituye una barrera para el frío, el viento, y cualquier otra condición climática que no favorezca el buen desarrollo de las plantas.

La cubierta debe cumplir los siguientes requisitos fundamentales:

- Resistencia física.
- Duración suficiente para que su utilización sea rentable.
- Máxima transparencia a la radiación de onda corta, que es la luz solar que se recibe durante el día.

Esta última característica es la que conducen a que la temperatura del interior sea superior a la del exterior. Los materiales más comunes utilizados como cobertura son el plástico y el vidrio, cada uno con sus ventajas y sus limitaciones.
El plástico y el vidrio pueden ser:

1. **Plástico rígido:** policarbonatos, PVC, etc. se utiliza por lo general con estructuras metálicas. Tienen un costo elevado.

2. **Plástico flexible** (polietileno): es el más difundido debido a su menor costo y amplias variedades existentes en el mercado. Se utiliza por lo general con estructuras de madera.

3. **Vidrio:** tiene larga duración debido a que no se desgasta, pero es el material más costoso.

e) Forma y Tamaño

La forma del invernadero se elige en función de:

- Los materiales que se utilizan para su construcción.
- La mayor comodidad para la instalación de ventilación.
- El volumen de aire que quede en el interior. (Lo ideal es mantener una relación de 3 m^3 de aire/1 m^2 de superficie cubierta, con lo que se puede garantizar que el aire del interior amortiguará mejor los cambios de temperatura).

La superficie cubierta se determina calculando la superficie que se necesita para el cultivo.

f) Ventilación

La ventilación es un aspecto básico a tener en cuenta para el manejo de ambientes controlados. Esto se debe a que no sólo es el método más económico de refrigerar un invernadero sino que regula también la humedad y favorece la renovación de aire. El área total de ventilación, incluyendo puertas y ventanas debe ser como mínimo equivalente al 20 % de la superficie cubierta del invernadero.

Para zonas poco ventosas donde pueda dificultarse la ventilación del invernadero es conveniente optar por un sistema de ventilación cenital, ésta consiste la ubicación de las ventanas en la parte más alta del techo para crear un efecto de tiraje en el cual no necesitamos de la acción del viento para lograr la renovación del aire. El aire caliente se concentra en la parte superior del invernáculo, y al

abrir las ventanas éste sale, simplemente porque sigue subiendo, y a la vez se crea una succión de aire fresco desde las aberturas de abajo, que ocupa el lugar del aire que está saliendo. De ésta manera, con solo abrir las ventanas cenitales, y las puertas o las ventanas laterales, logramos una renovación constante del aire del invernadero inclusive durante los días totalmente calmos. (http://cursodeinvernaderos.blogspot.com/2010/09/diseno-de-invernaderos.html).

g) Módulos

Son las perchas metálicas o de madera donde se colocan las bandejas, los cuales deben tener un desnivel de aproximadamente 3 %, para que el agua de riego fluya a lo largo de la bandeja y salga por los orificios. El espacio vertical que debe existir entre los diferentes estantes debe ser de 40 cm.

h) Las bandejas

Gutiérrez, *et al*., (2000), manifiesta que son los recipientes que se usan para colocar la semilla para el desarrollo del cultivo, puede ser de diferentes materiales, como cemento, lámina galvanizada, fibra de vidrio, material plástico o formaletas de madera cubiertas de polietileno. Sus medidas varían de 40 a 60 cm de ancho y 80 a 120 cm de largo, profundidad es de 2 a 5 cm.

i) Sistema de riego

El riego puede realizarse en forma automática o en forma manual. Cuando el riego es automático se requiere una bomba, un tanque de almacenamiento, un filtro, tubos y mangueras de distribución, ya sea para regar por microaspersores o con atomizadores por aspersión. Cuando no hay recursos se hará con una manguera o con un balde con hoyos en el fondo. Cuando se van a regar varias cajas puede servir una bomba de mochila. El drenaje debe constituirse con una pendiente del 2 %.

2.2.6 Condiciones Medio Ambientales en el Invernadero para FVH

Pichilingue (1994), refiere que para lograr una buena producción, la luz solar y la ventilación deben ser abundantes. Asimismo, las plantas deben ser protegidas contra el viento y las heladas, debe también conservarse una constante circulación de aire en la solución, para obtener buenos resultados.

2.2.6.1 Luz

Para producir FVH, es necesario que los primeros 3 días, las bandejas permanezcan en un ambiente de poca luminosidad para favorecer el crecimiento del brote y raíces, a partir del cuarto día hasta la cosecha es necesario un ambiente con buena luminosidad y que la distribución de la luz sea homogénea sobre las bandejas, no se debe exponer las bandejas directamente al sol (Quiñones, 2011).

2.2.6.2 Temperatura

Quiñones (2011), afirma que para obtener una óptima producción FVH, la temperatura debe estar entre 22°C y 25°C.

La temperatura tiene gran influencia, se conoce que a temperaturas bajas a nivel radicular, disminuye la absorción de agua y elementos nutritivos, causando marchitamiento, clorosis; al igual que altas temperaturas causan daños (Donoso, 1999).

2.2.6.3 Humedad

Es otro factor importante en la producción de forraje verde hidropónico, debiendo oscilar entre 65-70 % (Quiñones, 2011).

2.2.6.4 pH

El pH óptimo para la producción es 6,6, pues con este valor la liberación microbiana de nitrógeno y fósforo de la materia orgánica, y la disponibilidad de fósforo son altas y, además, las concentraciones de substancias que interfieren la absorción de nutrientes, tales como aluminio, manganeso, hierro, dióxido de carbono y ácidos orgánicos, están por debajo del nivel tóxico (Dosal, 1987).

2.2.6.5 CO2

El CO2, genera alimento primario para la planta, a partir del cual se sintetizan los demás compuestos y contribuye para la formación del resto de compuestos (Donoso, 1999).

El anhídrido carbónico en un invernadero a veces puede ser insuficiente, esto ocurre especialmente en plantas con mucho follaje y rápido crecimiento (Penningsfeld, Kursman, 1983).

2.2.7 Sustratos

Calderón, *et al.,* (2001), manifiesta que sustrato es un medio sólido inerte, que tiene una doble función: la primera, anclar y aferrar las raíces protegiéndolas de la luz y permitiéndoles la respiración y la segunda, contener el agua y los nutrientes que las plantas necesitan. El empleo de sustratos sólidos por los cuales circula la solución nutritiva, es la base del Cultivo Hidropónico. Los materiales que se han experimentado para uso de laboratorio y para cultivos comerciales son muchos y no siempre han respondido positivamente desde el doble punto de vista técnico y económico.

La granulación (dimensión de las pequeñas partículas de las que está compuesto el sustrato) ha de ser tal que permita la circulación de la solución nutritiva y del aire. Un sustrato excesivamente fino se vuelve compacto, en especial cuando está húmedo, e impide el paso del aire. En general la experiencia señala como

mejores aquellos sustratos que permiten la presencia del 15 al 35 % de aire y del 20 al 60 % de agua en relación con el volumen total.

Químicamente el sustrato debe ser inactivo, libre de plagas y enfermedades, ya que alteran el medio de cultivo de las plantas.

2.2.8 Calidad y Cantidad de Agua Para Producir FVH

Así como en los sistemas convencionales la calidad del suelo es determinante del éxito, en los sistemas hidropónicos la calidad del agua es esencial tanto desde el punto de vista microbiológico como en su calidad química. El agua deberá estar exenta de contaminantes microbianos que de alguna manera puedan ser un perjuicio para la salud (Gilsanz, 2007).

FAO (2001), refiere que la condición básica que debe presentar el agua para ser usada en sistemas hidropónicos es característica de potabilidad. Su origen puede ser de pozo, de lluvia, o agua corriente de cañerías. Para el caso en que la calidad de agua no sea la conveniente, será imprescindible realizar un análisis químico detallado de la misma, existen criterios en el uso del agua para cultivos hidropónicos respecto a:

a) Contenido en sales y elementos fitotóxicos (sodio, cloró y boro).
b) Contenido de microorganismos patógenos.
c) Concentración de metales pesados.
d) Concentración de nutrientes y compuestos orgánicos.

El valor del pH del agua debe oscilar entre 5,2-7, y salvo raras excepciones como son las leguminosas, que pueden desarrollarse con un pH cercano al 7.5, el resto de las semillas (cereales mayormente), no se comportan eficientemente por encima de 7 (Ramírez y Cortés, 2012).

En todos los casos se recomienda realizar análisis de agua antes de iniciar con estos sistemas, además de análisis cíclicos, en especial cuando la fuente es subterránea (Gilsanz, 2007).

En el sistema de producción de forraje hidropónico se utiliza agua recirculada, un invernadero de 480 bandejas requiere de 1000 L de agua al día (para riego, lavado, desinfección de semilla, etc.,) pero en un módulo que produce 500 Kg de forraje/día requeriría un aproximado de dos litros de agua por cada kilo de forraje producido (Tarrillo, 2005).

2.2.9 Fertilización

Rodríguez (2000), indica que la solución nutritiva es el agua con los nutrientes (comerciales), minerales disueltos en ella, que se añaden en cantidades y proporciones adecuadas, de manera que cubran las necesidades de las plantas para su desarrollo.

2.2.9.1 Soluciones nutritivas comerciales

Existen una variedad de soluciones nutritivas a ser utilizadas. Se usan soluciones de aplicación general, que luego, a través de la experiencia y la práctica, se van especializando para un cultivo o para una etapa del cultivo (Gilsanz, 2007).

Paredes (2010), manifiesta que las soluciones nutritivas deberán estar calculadas en función del cultivo al que van dirigidas y su estado de desarrollo. El responsable del cultivo debe ser capaz de calcularlas. Esto se logra tras un periodo lógico de aprendizaje, y sabrá cuando y como modificarla en función del cultivo, de su desarrollo y de los factores ambientales. De todos los elementos nutritivos que las plantas necesitan, el responsable del cultivo actuara directamente sobre los macronutrientes; calculará los aportes que deben realizar de: nitratos, sulfatos, fosfatos, calcio, potasio y magnesio. Los micronutrientes generalmente se aportan mediante preparados comerciales.

Según Regalado (2009), se necesitan un total de dieciséis elementos: Los tres primeros, carbono, hidrogeno y oxigeno se encuentran en el aire y el agua que toma la planta. El resto de nutrientes normalmente son aportados por el suelo: los macronutrientes son el nitrógeno, fosforo y potasio; el calcio, magnesio y azufre son los nutrientes secundarios; los micronutrientes son el hierro, manganeso, cobre, zinc, molibdeno, boro y cloro.

2.2.10 Sanidad

Se debe evitar todo tipo de contaminación ya que ciertos hongos y bacterias que en medios líquidos se desarrollan a gran velocidad. Se deberán desinfectar con hipoclorito u otros desinfectantes las bandejas de poliuretano a ser reutilizadas, las esponjas que actúan de sujetadores de las plantas en algunos sistemas hidropónicos deberán ser descartados sin posibilidad de uso por segunda vez. Los medios sólidos deben descartarse luego de su uso y en lo posible ser estériles o esterilizados al ser usados por primera vez.

En caso de constatarse contaminación se deberá descartar todo el cultivo e higienizar todo el sistema antes de comenzar nuevamente. Respecto a los tratamientos sanitarios de los cultivos, éstos se desarrollarán en forma similar a la de los cultivos convencionales, con las recomendaciones existentes para cada cultivo, evitando las aplicaciones innecesarias de productos químicos, respetando los tiempos de espera y utilizando aquellos productos de menor toxicidad (Gilsanz, 2007).

2.2.11 Procedimiento Para el Cultivo de FVH

2.2.11.1 Tratamiento de la semilla

a) Selección de semillas

Se utilizan semillas de cereales o leguminosas que deben provenir de lotes limpios de malezas y estar libres de plagas y enfermedades; no se debe utilizar semillas tratadas con fungicidas o preservantes. No se debe usar semilla

certificada, es muy costosa y tiene agregados de sustancias químicas que pueden no ser aptas para el cultivo de FVH.

Gutiérrez, *et al*., 2000 indica que la humedad de la semilla debe ser de 12% y que haya tenido un reposo para que con los procesos de madurez fisiológica se pueda convertir en una planta.

Prueba de viabilidad de semillas.- Para determinar si las semillas están frescas, se le realiza la siguiente prueba:

Se toma una cantidad de semillas y se vierten en un recipiente lleno de agua. Las semillas viables deben hundirse y no flotar si más del 95 % se mantienen sumergidas es señal de una semilla de buena calidad pero si se observa que flota más del 50 % de las semillas es preferible descartarlas ya que la germinación será mala. Se retira todo material que flote, como las semillas que no son viables y cualquier otro tipo de impureza (Gutiérrez, *et al.*, 2000).

Las semillas van a ser utilizadas solo para germinarlas y no para plantas productivas, por esto no es importante su forma o su apariencia, lo que interesa es que estén frescas y no floten en el agua.

b) Lavado y desinfección de semillas

Rodríguez, 2001 señala que luego de seleccionar las semillas viables, se lavan con una solución de hipoclorito de sodio al 1%. Se hace el lavado por 1 a 3 minutos, esto asegura que no haya patógenos en el cultivo posterior. Con el lavado no hay riesgo de inactivar las semillas.

Después de lavar con la solución se tiene que lavar nuevamente con agua para eliminar los restos de cloro.

c) Pre-Germinación (remojo y oreo)

Se colocan las semillas en bolsas de tela permeable, se dejan en remojo durante 12 horas, luego se dejan airear por 2 horas. Luego se ponen a remojar nuevamente en la bolsa por otras 12 horas, para después sacarlas a airear durante 2 horas más. Se remoja con 1 litro de agua por kilogramo de semilla. Este proceso asegura la estimulación de la semilla a que germine de forma rápida (FAO, 2001).

d) Germinación y siembra

La siembra se realiza en bandejas plásticas o de fibra de vidrio, es necesaria una amplia superficie de baja profundidad máximo de 5-10 cm, y que pueda almacenar agua.

Hay varias técnicas de siembra para el FVH pero la que se ha comprobado que es más efectiva y menos costosa es la propuesta por la FAO (2001), la misma que se describe a continuación:

- Se esparce una fina capa de semillas que hayan pasado recién el proceso de pre-germinación, la altura de la capa es de 1 – 1,5 cm de altura, con una densidad de 2,5 a 3,5 Kg de semilla/m^2.

- Posteriormente se cubren con periódicos humedecidos.

- Se tapa el invernadero con plástico negro durante los primeros 3 días para proveer un ambiente sin luz que estimula a las plántulas a brotar y tenemos un ahorro de agua.

En el proceso de la germinación de una semilla se producen una serie de transformaciones. El embrión de la futura planta despierta de su vida latente provocando la ruptura de los tegumentos y, a partir las reservas, es capaz de transformarse en pocos días en una plántula con capacidad para captar energía

de sol y absorber elementos minerales de la solución nutritiva. En el proceso de germinación se pueden diferenciar tres fases importantes que son: absorción de agua, movilización de nutrientes y crecimientos de diferenciación (Gómez, 1988).

Quiñones, 2011 sugiere que el porcentaje de germinación de las semillas debe ser al menos del 80-90 %.

Rodríguez, 2002 indica que los granos de trigo, avena, cebada, sorgo, maíz y centeno son los más empleados para la producción de FVH, porque cumplen fundamentalmente con algunos requisitos que permiten una mayor producción libre de hongos, principal problema que enfrenta el productor que inicia con el sistema.

2.2.12 Área de Producción

Las bandejas provenientes del área de germinación se colocan en estantes de producción, donde culminará su desarrollo. Esta área presenta mayor iluminación y un riego con solución nutritiva bajo un sistema recirculante (Quiñones, 2011).

2.2.12.1 Riego

El riego puede llevarse a cabo desde una forma tan sencilla y económica como lo es el uso de una regadera, hasta con los métodos más sofisticados que hacen uso de micro aspersores, nebulizadores, riego por goteo y controladores de tiempo (Elizondo, 2001).

La forma más sencilla y eficaz es utilizando el riego por nebulización o goteo en el módulo de germinación y por manguera de micro tubo en el módulo de producción.

El riego se realiza solo en el primer piso de cada módulo y por pendiente cae el agua de piso a piso hasta que el excedente del agua se recibe en una canal

ubicada al centro de los módulos que va a los tanques para una recirculación constante del agua y fertilizante.

La frecuencia de irrigación es muy importante y dependerá de la demanda de agua de las plantas, la que a su vez está determinada por la temperatura, luz y su etapa de crecimiento Esto quiere decir, que a mayor temperatura o luminosidad y a mayor edad de la planta, los requerimientos de agua son mayores. Por esta razón, no existe una receta en cuanto a la frecuencia o cantidad de agua que se les debe aplicar. Lo que sí hay que asegurarse es que la semilla o las plantas no se sequen.

Si el lugar donde están las bandejas es muy caliente y la semilla se seca mucho, habrá que hacerlo cada hora. Si el lugar no es tan caliente y la semilla o las plantas permanecen húmedas por algunas horas, se puede regar cada 2 o 3 horas. Si el lugar mantiene una humedad y temperatura adecuadas, entonces se podría pensar en regarlas cada 5 o 6 horas (Morgan, *et al*., 1992).

Lo usual es entregarle el volumen diario dividido en 6 o 9 veces en el transcurso del día, teniendo éste una duración no mayor a 2 minutos (FAO, 2001).

A medida que se riegan y crecen las plántulas se incrementa de 0.5 L/m^2 los primeros 4 días, hasta 0.9-1.5 L/m^2 dependiendo de la especie cultivada y de las condiciones ambientales dentro del invernadero (FAO, 2001).

Se debe evitar el encharcamiento en las bandejas, ya que esto puede llevar a una fermentación del grano o a una eventual pudrición de la raíz (Elizondo, 2001).

El tiempo de riego es muy importante ya que un exceso de agua produce hongos en el forraje lo que ocasiona pérdidas económicas grandes además de diarreas e intoxicaciones y en la mayoría de los casos muerte al animal que lo consume (Carballido, 2007).

2.2.12.2 Aplicación de solución nutritiva

Cuando aparezcan las primeras hojas, es decir a los 4 o 5 días, se riega con una solución de 5 ml de la solución A y 2 ml de la solución B por cada 4 litros de agua, de 6 a 9 veces al día, hasta el séptimo día, posteriormente solo se regará con agua (FAO, 2001).

El número de veces que la solución nutritiva deberá aplicarse a los recipientes para los cultivos hidropónicos varía de acuerdo a las condiciones climáticas locales, obviamente serán más frecuentes en climas cálidos y secos que en los frescos y húmedos por lo general bastará de 2 a 3 aplicaciones por semana. Si la fórmula ha sido preparada con cuidado y las cantidades exactas correctamente disueltas en el agua necesaria, la solución nutriente no podrá dañar las plantas, siempre y cuando las raíces no se vean privadas de la aireación que necesitan por lo que, dentro de un límite razonable, no tiene importancia el número de veces que se hagan las aplicaciones (Quiñones, 2011).

2.2.12.3 Cosecha

La producción de FVH apto para alimentación animal tiene un ciclo de 10 a 12 días. En ciertos casos, por estrategia de manejo interno de los establecimientos, la cosecha se realiza a los 14 o 15 días, a pesar que el óptimo definido por varios estudios científicos, no puede extenderse más allá del día 12. Aproximadamente a partir de ese día se inicia un marcado descenso en el valor nutricional del FVH (Bonner y Galston, 1961; Koller, 1962; y otros).

La cosecha se hace de forma sencilla, solo se levantan los tapetes de forraje de las camas o recipientes donde estaban sembrados, se deja orear por un espacio de tiempo para evitar meteorismo. El FVH se les puede proporcionar a los animales de forma entera o cortado en pequeños trozos en forma manual o mecánica.

2.3 AVENA EN CULTIVO HIDROPÓNICO

2.3.1 Descripción

La Avena (*Avena sativa*) es una planta herbácea anual, perteneciente a la familia de las gramíneas. Posee un sistema radicular potente, con raíces más abundantes y profundas que las de los demás cereales; los tallos son gruesos y rectos, pero con poca resistencia al viento; están formados por varios entrenudos que terminan en gruesos nudos; las hojas son planas y alargadas; el limbo de la hoja es estrecho y largo, de color verde más o menos oscuro; es áspero al tacto; los nervios de la hoja son paralelos y bastante marcados.

2.3.2 Rendimientos

En términos generales, entre los días 12 a 14, se realiza la cosecha del FVH. Sin embargo si estamos necesitados de forraje, podemos efectuar una cosecha anticipada a los 8 o 9 días. Trabajos de validación de tecnología sobre FVH realizados en Rincón de la Bolsa, Uruguay en 1996 y 1997, han obtenido cosechas de FVH con una altura promedio de 30 cm y una productividad de 12 a 18 Kg de FVH producidos por cada Kg de semilla utilizada a los 15 días de instalado el cultivo y en una situación climática favorable para el desarrollo del mismo. Productores en Chile han estimado que 170 metros cuadrados de instalaciones con bandejas modulares en 4 pisos para FVH de avena, equivalen a la producción convencional de 5 ha de avena de corte (FAO, 2001).

2.3.3 Valor nutritivo

Cuadro 2. Composición analítica de la avena

Materia seca	89,8%
Proteína bruta	11.6%
Proteína digestible	8,3%
Materias grasas	4,1%
Fracción no nitrogenada	57, 7%
Celulosa	12,1%
Cenizas	4,3%

Fuente: Carballo 2012**.**

2.4 MICROORGANISMOS EFICIENTES (*EM*)

2.4.1 Generalidades

La tecnología EM fue desarrollada en la década de los 80s por Teruo Higa, profesor de horticultura de la Universidad de Ryukyus en Japón. Higa desarrolló un inoculante microbiano que ha demostrado mejorar la calidad el suelo, el crecimiento y productividad de los cultivos, ganando la atención mundial (FUNDASES).

Higa, 1997 señala que la técnica del empleo de EM fue iniciada en 1970, el objetivo fue ayudar a los sectores agrícolas dañados para frenar los problemas de contaminación y también para ayudar a los agricultores orgánicos, quienes estuvieron produciendo alimentos pero fueron afectados con problemas de bajos rendimientos y baja calidad. Estudiando las funciones individuales de diferentes microorganismos, encontró que el éxito de su efecto potencializador estaba en su mezcla.

La mezcla de microorganismos desarrollada, utiliza las especies más comunes encontradas en todos los ambientes y usados extensivamente en la industria

alimentaria, como bacterias productoras de ácido láctico, bacterias fotosintéticas, levaduras y hongos de fermentación, todos estos compatibles mutuamente unos con otros y capaces de coexistir en un cultivo líquido. No existe ninguna especie manipulada genéticamente. Los EM, fueron desarrollados accidentalmente, y posteriormente se descubrió que es una tecnología que puede resolver los problemas agrícolas del mundo. La tecnología es segura, de bajo costo, sostenible y de gran calidad (Higa, 1997).

Esta tecnología ha sido investigada, desarrollada y aplicada a una multitud de usos agropecuarios y ambientales, siendo utilizada en más de 80 países del mundo.

2.4.2 Producción y Método de captura de EM

Para capturar los EM se puede utilizar los siguientes materiales:

- ✓ 1 Tarrina de plástico
- ✓ 200 g de arroz cocinado sin sal
- ✓ 1 Pedazo de tela de nylon

2.4.2.1 Procedimiento

1. Poner el arroz cocinado dentro del tarro de plástico.
2. Tapar la boca del tarro con el pedazo de nylon y asegurar bien.
3. Enterrar el recipiente en la capa superficial orgánica del suelo de un ecosistema natural (suelo de montaña), poniendo sobre el nylon materia orgánica semi descompuesta.
4. Dejar reposar por 15 días.

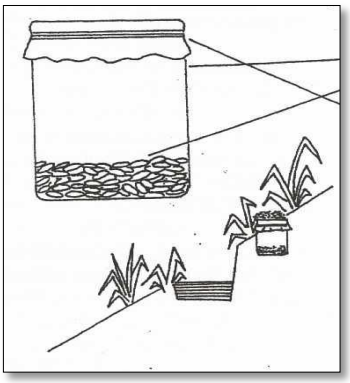

Figura 2. Captura de EM

2.4.2.2 Cosecha de EM

Transcurridos los 15 días desenterrar el recipiente y sacar el arroz que estará impregnado de bacterias descomponedoras de la materia orgánica.

Licuar el arroz y mezclar en una solución a base de 1 litro de melaza y tres litros de agua pura cocinada y fresca (solución madre).

2.4.2.3 Derivados a partir de EM

Utilizando la mezcla básica de microorganismos eficientes (EM), se pueden producir varios preparados diferentes, dependiendo del interés en su aplicación posterior (AICC, 2011).

a) Microorganismos eficientes activados (*EM-A*)

El preparado más utilizado es el EM-A, producido al mezclar un 5 % de EM con 5% de melaza y 90% de agua limpia y sin cloro (Se puede utilizar agua clorada pero que haya sido expuesta al sol en un recipiente abierto por 24 h). Esta mezcla es mantenida a una temperatura constante de unos 30°C en un contenedor sellado durante 7-15 días. Entonces se ha de comprobar el pH de EM-A. Si el pH está por debajo de 3,5 y el olor es agridulce entonces sabremos que el proceso de fermentación de los EM se ha realizado. Para la activación del EM, si no hay

melaza de buena calidad, se lo puede hacer agregando 1g de sal /L. En lugares muy fríos con poca luz, hay que proveer algo de materia orgánica. Para ello, active el EM agregando 5 g de harina de pescado/L.

Durante la fermentación, y a partir del 2º día, se produce gas. Es necesario eliminar el exceso abriendo el recipiente apenas lo suficiente para extraerlo. Se debe extraer el gas cada vez que sea necesario (EMRO América Latina, 2008).

El EM-A ya está listo para usar a partir del 4º día, cuando el pH de la solución esté inferior a 4, o cuando presente un olor agridulce agradable y exista un cambio de color de café-oscuro a café-anaranjado.

El EM-A puede ser diluido en agua y utilizado para una gran variedad de propósitos, incluida la eliminación de malos olores al espulverizarlo sobre granjas o añadiéndolo al agua de bebida de los animales para mantenerlos en un óptimo estado de salud.

En las plantas, se utiliza para ayudar a la germinación, el crecimiento, florecimiento, fructificación y madurez.

Si la temperatura es muy baja (inferior a 17°C), el EM-A tendrá muy poco efecto sobre la plantas. Por tanto se debe atemperar el agua a utilizarse (Moya, 2012).

Se debe desinfectar todo el sistema antes de hacer la primera aplicación de EM-A, eso acelera la obtención de los resultados. Se debe suspender por completo el uso de pesticidas y cloro en el agua de riego (Simões, 2013).

El EM-A debe utilizarse durante los 35 días siguientes después de su activación de lo contrario pierde eficacia. Debe almacenarse en un lugar oscuro y fresco donde la variación de temperatura entre el día y la noche no sea muy marcada. Habrá cambio de coloración, dependiendo de la materia prima, no variando por ello la calidad del producto. En caso que el EM presente mal olor no debe ser utilizado (MOA, 2003).

Es preferible conservar los preparados a base de EM en botellas de plástico bien cerradas y mejor sin aire, y no en recipientes de cristal o metálicos. Si se usa poca cantidad es mejor repartirlo en pequeños recipientes. Las temperaturas inferiores a 6 ^{0}C reducen la actividad bacteriológica (entra en letargo). Los microorganismos no mueren, volverán a activarse a temperaturas más elevadas (Álvarez, 2012).

b) EM-Bokashi

El Bokashi se fabrica mezclando EM-A con material orgánico fresco y de buena calidad como salvado de arroz o de trigo, o harina de pescado. Esta mezcla se deja fermentar en un contenedor sellado durante dos semanas.

El producto obtenido puede usarse para los siguientes fines:

- Acelerar la fermentación y descomposición anaeróbica de materiales de deshecho orgánicos para hacer compost.

- Añadirlo al pienso de animales para la mejora de su salud general e inmunidad natural.

c) EM-Compost

Los excrementos animales, los restos orgánicos de la cocina, los restos de poda y hojas del jardín, etc., al ser mezclados con EM-A (aplicado con un espulverizador), y cubiertos para permitir la descomposición anaeróbica, resultarán en la producción de un compost muy rico y fértil en tan sólo 30-40 días, en lugar de los 4-6 meses habituales.

d) EM-5

Esta es una mezcla de EM, melaza, vinagre, aguardiente y agua, que se fermenta en un contenedor sellado durante más de 30 días hasta que ya no emita más gas

de fermentación (CO2). También se pueden añadir hierbas con propiedades naturales como ajo, pimiento rojo, etc., durante el proceso de fermentación. El EM-5 puede ser aplicado a todo tipo de plantas como preventivo de plagas destructoras de insectos, además de fortalecer el sistema inmune natural contra las enfermedades.

e) EM-X

Esta es una versión especial del líquido de EM que ha sido certificada para el consumo humano. Una dosis diaria durante un periodo largo de tiempo reduce los radicales libres del cuerpo mejorando considerablemente el sistema inmune, y reduciendo la posibilidad de que se produzcan células cancerígenas en el cuerpo.

2.4.4 Modo de Acción de los EM

Los microorganismos eficientes actúan de la siguiente manera:

a) Bacterias fotosintéticas (Rhodopseudomonas spp): EARTH manifiesta que las bacterias fotosintéticas o foto trópicas se consideran el pilar de la actividad de los EM y tienen la capacidad de utilizar sustancias producidas por los microorganismos, generándose así el fenómeno de coexistencia y prosperidad entre comunidades.

Biosca, 2001 afirma que las bacterias fotosintéticas, sintetizan sustancias útiles a partir de secreciones de raíces, materia orgánica y gases dañinos (Ej. sulfuro de hidrógeno) usando la luz y el calor del suelo como fuentes de energía. Entre las sustancias que logran sintetizar están los aminoácidos, ácidos nucleicos, sustancias bioactivas, metabolitos y azúcares.

Las bacterias fotosintéticas llevan a cabo una fotosíntesis incompleta, lo cual hace que la planta genere nutrimentos, carbohidratos, aminoácidos, sin necesidad de la luz solar, eso permite que la planta potencialice sus procesos completos las 24 horas del día (Correa, 1997).

b) **Bacterias acidolácticas** (Lactobacillus spp): Transforman carbohidratos presentes en los vegetales y los azúcares producidos por bacterias fotosintéticas y levaduras, en ácido láctico. En condiciones anaeróbicas descomponen las proteínas en aminoácidos.

El ácido láctico es un fuerte esterilizador, suprime microorganismos patógenos e incrementa la rápida descomposición de materia orgánica. Las bacterias ácido lácticas aumentan la fragmentación de los componentes de la materia orgánica, como la lignina y la celulosa, transformando esos materiales sin causar influencias negativas en el proceso (Biosca, 2001).

c) **Levaduras** (*Saccharomyces spp*): Utilizan la energía fermentativa y como materia prima, las sustancias segregadas por la raíz de las plantas, los aminoácidos y los azucares producidos por las bacterias fotosintéticas. Sintetizan sustancias útiles para las plantas, en especial, sustancias bioactivas, como hormonas que activan la raíz y la división celular. También producen sustancias necesarias para las bacterias lácticas y actinomicetos (Kyan, *et al*., 1999).

d) **Actinomicetos:** APNAN, 2003 manifiesta que funcionan como antagonistas de muchas bacterias y hongos patógenos de las plantas debido a que producen antibióticos (efectos biostáticos y biácidas).

e) **Hongos de fermentación:** APNAN, 2003 afirma que los hongos de fermentación como el Aspergillus y el Pinicilina, actúan descomponiendo rápidamente la materia orgánica para producir alcohol, esteres y sustancias antimicrobianas. Esta propiedad produce desodorización y previene la aparición de insectos.

2.4.5 Beneficios de los EM en los Cultivos

Los microorganismos eficientes, como inoculante microbiano, restablecen el equilibrio microbiológico del suelo, mejorando sus condiciones físico-químicas,

incrementando la producción de los cultivos y su protección; además conserva los recursos naturales, generando una agricultura sostenible (Moya, 2012).

2.4.5.1 Beneficios de los EM sobre el suelo

Silva, 2009 manifiesta que los efectos de los EM en el suelo están enmarcados en el mejoramiento de las características físicas, químicas y biológicas así:

- Físicamente los EM actúan mejorando la estructura y agregación de las partículas del suelo, reducen su compactación, incrementan los espacios porosos y mejoran la infiltración del agua. De esta manera se disminuye la frecuencia de riego, tornando los suelos capaces de absorber 24 veces más las aguas de lluvias, evitando la erosión por el arrastre de las partículas.

- En las condiciones químicas, los EM mejoran la disponibilidad de nutrientes en el suelo, solubilizándolos, separando las moléculas que los mantienen fijos, dejando los elementos disgregados en forma simple para facilitar su absorción por el sistema radical de las plantas.

- Los efectos de los EM en la microbiología del suelo son: suprimir y controlar las poblaciones de microorganismos patógenos que se desarrollan por competencia. Incrementan la biodiversidad microbiana, generando las condiciones necesarias para que los microorganismos benéficos nativos prosperen.

2.4.5.2 Beneficios de los EM sobre las plantas

Cuando los EM entran en contacto con materia orgánica, secretan sustancias beneficiosas como vitaminas, ácidos orgánicos, minerales y antioxidantes, que ejercen directa o indirectamente influencia positiva en el crecimiento de las plantas.

Sus efectos sobre los cultivos son los siguientes:

En el caso de los semilleros, aumentan la velocidad y porcentaje de germinación de las semillas, por su efecto hormonal, similar al del ácido giberélico. Aumentan el vigor y crecimiento del tallo y raíces, desde la germinación hasta la emergencia de las plántulas, por su efecto como rizo bacterias promotoras del crecimiento vegetal. Incrementan las probabilidades de supervivencia de las plántulas ya que generan un mecanismo de supresión de insectos, induciendo además la resistencia sistémica de los cultivos a enfermedades (Silva, 2009).

Los EM Activados llegan al sistema de hidroponía con antioxidantes que limpian las raíces y las vuelven 100% funcionales. Por ello las raíces con EM-A son mucho más blancas, limpias y abundantes, lo que favorece una mayor absorción de nutrientes. Los aminoácidos estimulan la fotosíntesis y el ácido láctico fortalece la planta y ayuda a combatir otros hongos. Por eso las plantas son más grandes, vigorosas, sanas, y duran mucho más después de cosechadas.

Consumen los exudados de raíces, hojas, flores y frutos, evitando la propagación de organismos patógenos. Promueven la floración, fructificación y maduración por sus efectos hormonales en zonas meristemáticas. Incrementa la capacidad fotosintética por medio de un mayor desarrollo foliar (Higa, 1994).

2.4.5.3 Beneficios de los EM en el organismo animal

Su incorporación en la alimentación animal está justificada por la acción probiótica de las especies microbianas que se encuentran dentro de la constitución de EM, así, los lactobacilos y levaduras generan una serie de condiciones benéficas dentro del tracto gastrointestinal de los animales, permitiendo la mayor síntesis de vitaminas del complejo B e incrementando la absorción de minerales, a la vez que las bacterias probióticas generan un ambiente anaeróbico y ligeramente ácido en el que las bacterias patógenas no pueden desarrollarse efectivamente, y por la producción de bacteriocinas que también controlan a gérmenes patógenos; en

general se mejora la efectividad del sistema inmunológico (Golding, *et al.,* 1984, 1989; Cichoke, 1997; y otros).

Golding, *et al.,* 1989 indica que el empleo de EM en la producción de FVH buscaría mejorar las condiciones sanitarias del medio de cultivo y trasvasar la acción probiótica a los animales que se alimentan con ese forraje.

2.5 TRABAJOS RELACIONADOS

2.5.1 ESTABLECIMIENTO DE UN INVERNADERO PARA FORRAJE VERDE HIDROPONICO Y SIEMBRA DE DOS GRAMINEAS, MAIZ Y AVENA, EN LA QUINTA EXPERIMENTAL PUNZARA

En la presente investigación se realizó la construcción de un invernadero y posteriormente la producción de forraje verde hidropónico (maíz y avena). Se tomaron en cuenta, los días de crecimiento de las plantas, a los 17 días, 21 días y 25 días, por cada semilla respectivamente.

El resultado mostró que hay mayor rendimiento de biomasa a los 25 días con 2,85 Kg del FVH de maíz y 2,20 del FVH de avena.

El porcentaje de proteína del maíz fue mayor a los 25 días de crecimiento, con 11,70 % en BS y mayor a los 17 días en TCO con 3,06 %; en cuanto a la fibra también fue mayor en BS a los 25 días con 12,79 % y mayor también en TCO a los 17 días con 3,57 %. En el FVH de avena, se registró el mayor porcentaje de proteína y fibra a los 25 días, tanto en BS como en TCO.

Palatabilidad: El FVH de maíz y avena, a los 17 y 21 días de corte el forraje no fue muy palatable. A los 25 días de crecimiento, fue del 88,24 % para la avena y 100 % para el maíz.
Rentabilidad: Se obtuvo mejor resultado con la producción de FVH de maíz a los 25 días de crecimiento, con 47,35 %.

2.5.2 AVANCES DE LA TECNOLOGÍA EM™ EN BRASIL – HIDROPONÍA

El presente trabajo investigativo consistió en usar los productores como área de ensayo, donde se experimentaron diferentes dosis del EM1®-Activado diluido directamente en los tanques de bombeo una vez por semana durante todo el ciclo productivo del cultivo de lechuga americana, luego se probó con pepino japonés y tomate.

La dosis que presentó mejor efectividad y relación costo/beneficio fue la de 1L de EM-1®Activado para cada 2.000 L. Entre los resultados más notables están:

- Incremento del 70 % en el crecimiento de las plantas, y del 50 % en el crecimiento de las raíces.

- Reducción de costos de producción y del uso de agroquímicos.

- Se pudo ganar entre 3 a 7 días extras de vida útil de los productos en el mostrador del supermercado.

- La solución nutritiva, que antes era desechada, ahora puede ser reusada en el sistema o comercializada como fertilizante líquido para pasturas.

2.5.3 PRODUCCIÓN DE FORRAJE VEDRE HIDROPÓNICO DE TRIGO Y CEBADA EN DIFERENTES ÉPOCAS DE COSECHA EN LA QUINTA EXPERIMENTAL PUNZARA.

La presente investigación se realizó en la Universidad Nacional de Loja, en la Quinta Experimental Punzara. Se construyó un invernadero para la producción de forraje verde hidropónico de cebada y trigo. Las variables evaluadas fueron: el rendimiento de biomasa, el valor nutritivo y la palatabilidad

Se cosechó el forraje a los 17, 21 y 25 días de crecimiento, utilizándose 20 bandejas (unidades experimentales) para cada tratamiento.

El análisis estadístico indicó que hay diferencia estadística altamente significativa entre tratamientos. El mayor rendimiento de biomasa tanto en cebada como en trigo se dio a los 25 días. En el FVH de cebada, en cuanto a la proteína el mejor resultado se dio a los 17 días con 11,39% en BS y 2,14% en TCO. El porcentaje de fibra fue superior a los 25 días con 36,56% en BS y 6,23% en TCO.

En el FVH de trigo el porcentaje de proteína fue mayor a los 25 días con 13,91% en BS y en TCO a los 21 días con 5,15%. En cuanto a la fibra el mayor porcentaje se dio a los 25 días con 17,60% en BS y 4,44% en TCO a los 21 días.

En cuanto a la palatabilidad a los 25 días de 12 vacas que se utilizaron para esta prueba, el 100% comieron el FVH de cebada y el 91,7% comieron el forraje de trigo. Estos valores fueron inferiores al día 17 y 21 de crecimiento del forraje.

3. METODOLOGÍA

3.1 MATERIALES

Para la realización del presente trabajo de investigación se utilizaron los siguientes materiales:

3.1.1 Materiales de Campo

- ✓ 1 Balde plástico de 1 galón de capacidad
- ✓ 1 Botella plástica de 3 litros de capacidad
- ✓ Materia orgánica semi descompuesta
- ✓ ½ Yarda de tela nylon
- ✓ 200 g de arroz cocinado sin sal
- ✓ 1 Litro de melaza
- ✓ 3 Litros de agua hervida (fría)
- ✓ Invernadero para FVH de 40 m^2 de superficie (10x4 m)
- ✓ Agua para riego
- ✓ 1 Balde de 20 litros de capacidad
- ✓ 1 Regadera y un rociador (spray)
- ✓ 1 Jeringa de 10ml
- ✓ 1 Litro de cloro
- ✓ 28 Bandejas de plástico
- ✓ 5 Kg de semilla de avena
- ✓ 28 Fundas de polietileno
- ✓ Papel periódico
- ✓ 1 Saco de aserrín
- ✓ Termómetro ambiental
- ✓ Libreta de campo
- ✓ Cámara fotográfica
- ✓ Esfero
- ✓ Balanza de precisión

3.1.2 Materiales de Laboratorio

- ✓ Estufa
- ✓ Medidor de pH

3.1.3 Materiales de Oficina

- ✓ Computadora
- ✓ Impresora
- ✓ Hojas de papel bond
- ✓ Libreta
- ✓ Calculadora

3.2. MÉTODOS

3.2.1 Ubicación

La presente investigación, se realizó en la “Quinta Experimental Punzara”, perteneciente a la Carrera de Medicina Veterinaria y Zootecnia, del Área Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables, de la Universidad Nacional de Loja; cuyas características meteorológicas son:

Se encuentra a 2150 msnm, la ecología es bosque seco Montano Bajo (b.s.M.B), con temperaturas entre 12-18°C y la humedad relativa es del 70 %. En esta zona se presentan dos microclimas, templado lluvioso con invierno seco no riguroso y un clima templado lluvioso húmedo; con precipitación media de 796 mm anual. La topografía es ondulada, plana y accidentada (irregular) en su orden (INAMHI, 2014).

3.2.2 Descripción y Adecuación de Instalaciones

3.2.2.1 Descripción de Instalaciones

El invernadero tiene una superficie de 40 m^2 (10x4 m), cuenta con piso de cemento, paredes de bloque de 40 cm de altura, columnas metálicas, estructura

metálica del techo. Alrededor de la armazón metálica, cuenta con malla sarán y plástico.

Las estructuras de soporte de las bandejas son estanterías metálicas, las mismas que tienen una dimensión de 2 m de alto x 3,90 m de largo x 1,05 m de ancho. Están dispuestas en 5 pisos, la distancia entre pisos es de 37 cm. Cada percha tiene la capacidad de albergar 120 bandejas, 60 por cada lado.

Las bandejas son de plástico, tienen una dimensión de 24x38 cm, con una profundidad de 6 cm, cada bandeja posee 12 perforaciones.

3.2.3 Producción de EM-A

Para la captura de EM se utilizó los siguientes materiales y se realizó las siguientes actividades:

a) Materiales

- ✓ 1 Tarrina de plástico
- ✓ 200 g de arroz cocinado sin sal
- ✓ 1 Pedazo de tela de nylon

b) Procedimiento

- Se colocó el arroz cocinado dentro del tarro de plástico y se tapó la boca del tarro con el pedazo nylon asegurando bien.

- Se enterró el recipiente en la capa superficial orgánica del suelo de un ecosistema natural (suelo de montaña), poniendo sobre el nylon materia orgánica semi descompuesta.

- El recipiente se dejó reposar en el sitio mencionado por 15 días.

c) Cosecha de EM

Transcurridos los 15 días se desenterró el recipiente, se extrajo y se licuó el arroz que estuvo impregnado de EM.

3.2.3.1 Activación del EM

Se mezcló el arroz licuado (200 g), en una solución a base de 1 litro de melaza (1,39 Kg) y tres litros de agua pura cocinada y fresca (1 Kg x 3 = 3). La solución final pesó 4,6 Kg.

La concentración de los ingredientes en la solución fue la siguiente:

- Agua: 65,359 %
- Melaza: 30,283 %
- Arroz cocinado sin sal: 4,357 %

Esta mezcla se mantuvo a 30°C en un contenedor sellado durante 7 días; para ello se colocó el recipiente con la mezcla en una estufa para controlar la temperatura durante el tiempo mencionado. Se comprobó el pH del EM-A, inicialmente se encontraba en pH 6.5, transcurridos los 7 días de incubación se midió el pH nuevamente, registrándose pH 3. Se apreció además que hubo cambio de color de marrón oscuro a marrón claro y el olor era agridulce, lo que indica gran actividad microbiana.

El recipiente con EM-A se lo almacenó a temperatura ambiente para luego aplicar al cultivo de FVH.

3.2.4 Identificación de las cepas constituyentes del EM-A

Se tomó una muestra del EM-A producido y se llevó al laboratorio de microbiología de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la UNL para su análisis.

Los resultados del análisis de laboratorio son los siguientes:

Cuadro 3. Resultados de análisis microbiológico del EM-A

ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO	
Recuento total de:	**UFC**
Aerobios mesófilos	Incontables
Enterobacterias	Incontables
Estafilococos	Incontables
Coloración de Colonias	Subtilis
Levaduras	$46x10^{-3}$
Hongos	$4x10^{-3}$

3.2.5 Cultivo de Avena Hidropónica

3.2.5.1 Selección y preparación de semillas

Para la preparación de la semilla se cumplió con los siguientes pasos:

- Se pesó la semilla de avena en seco, dando un total de 6,2 Kg.

- Se inundó la semilla en un balde, con el fin de retirar todo el material que flote como semillas no viables y basuras.

- Todo el material que flotó se dejó secar por 48 horas para luego pesar y obtener la diferencia. El material flotante constituyó el 9%, es decir 622 g.

- Se sumergió las semillas frescas en una solución de hipoclorito de sodio al 1% durante 2 minutos para eliminar microorganismos, luego se lavó con agua pura.

3.2.5.2 Pre-germinación

- Se inundó las semillas durante 4 horas, posteriormente se drenó el agua y se dejó reposar dentro de un saquillo mojado y limpio por 5 horas.

- Se utilizó aserrín fino como sustrato, previamente lavado y desinfectado con cloro, la cantidad colocada en cada bandeja se tomó como referencia 1cm de altura.

- Se tomó la semilla húmeda, colocando 234 g (equivalente a 200 g de semilla seca) por bandeja de 0,0912 m^2.

- Cada bandeja se tapó con una hoja de periódico y sobre esta una funda de polietileno, dejándolas así tapadas por 5 días.

3.2.5.3 Siembra

Se colocó la semilla en las bandejas desde la pre germinación.

3.2.5.4 Riego

El riego se aplicó con un spray utilizando agua sin cloro hasta humedecer uniformemente las semillas a partir del primer día de crecimiento, es decir al cuarto día desde que se colocó la semilla en las bandejas. Se regó a partir de las 08h00, bajo el concepto de que la semilla debe permanecer húmeda, evitando el encharcamiento en las bandejas. Fue necesario un solo riego al día, durante los 21 días de crecimiento difiriendo de la cantidad según la temperatura.

3.2.5.5 Aplicación del EM-A

La aplicación de los niveles de EM-A se realizó según los tratamientos, desde que empezaron a salir las primeras hojas (al cuarto día de crecimiento), con el uso del spray, y posteriormente cada 2 días, una aplicación en la mañana a las 08h00, durante los 21 días de crecimiento.

3.2.5.6 Cosecha

Se cosechó la avena hidropónica a los 21 días luego de la siembra.

3.2.6 Descripción de los Tratamientos

Tratamiento 1: Consistió en siete bandejas con 234 g de semilla húmeda de avena pre germinada, las mismas que a partir del brote de las primeras hojas (al 4º día de crecimiento) se fertilizaron con una solución de EM-A al 0,1% y posteriormente cada 2 días, durante todo el ciclo productivo.

Tratamiento 2: Consistió en siete bandejas con 234 g de semilla húmeda de avena pre germinada, las mismas que a partir del brote de las primeras hojas (al 4º día de crecimiento) se fertilizaron con una solución de EM-A al 0,25% y posteriormente cada 2 días, durante todo el ciclo productivo.

Tratamiento 3: Consistió en siete bandejas con 234 g de semilla húmeda de avena pre germinada, las mismas que a partir del brote de las primeras hojas (al 4º día de crecimiento) se fertilizaron con una solución de EM-A al 0,5% y posteriormente cada 2 días, durante todo el ciclo productivo.

Tratamiento 4: Considerado como testigo y consistió en siete bandejas con 234 g de semilla húmeda de avena pre germinada, las mismas que se regaron únicamente con agua sin recibir EM-A en ninguna fase del cultivo.

Cuadro 4. Descripción de tratamientos

TRATAMIENTOS	SEMILLA	CONCENTRACIÓN EM-A	# UNIDADES EXPERIMENTALES
Tratamiento 1	Avena	EM-A al 0,1%	7
Tratamiento 2	Avena	EM-A al 0,25%	7
Tratamiento 3	Avena	EM-A al 0,5%	7
Tratamiento 4	Avena	EM-A al 0%	7
Total			28

3.2.7 Descripción e Identificación de las Unidades Experimentales

Cada bandeja de 0,0912 m^2 con 234 g de semilla de avena pre germinada, constituyó una unidad experimental.

Se utilizó 28 unidades experimentales las mismas que se identificaron por el color de la bandeja, de acuerdo a los tratamientos, de la siguiente manera:

Azul: Tratamiento 1
Amarillo: Tratamiento 2
Rojo: Tratamiento 3
Verde: Tratamiento 4 (testigo).

3.2.8 Variables en Estudio

Las variables que se analizaron, son las siguientes:

- Crecimiento de las plantas (cm)
- Rendimiento de biomasa (Kg)
- Valor nutritivo: materia seca, grasa, fibra, proteína, cenizas y extracto libre de nitrógeno (%).
- Rentabilidad (%)

3.2.9 Diseño Experimental

Se utilizó el Diseño Completamente Randomizado con cuatro tratamientos y siete repeticiones.

Por sorteo se asignaron los tratamientos a las unidades experimentales previamente agrupadas por el color. Se colocará a cada grupo un letrero en donde se identificó y describió los tratamientos respectivos.

3.2.10 Toma y Registro de Datos

3.2.10.1 Crecimiento de las plantas

Se realizó 5 mediciones de la altura de las plantas en 4 unidades experimentales (UE) de cada tratamiento (5x4= 20 datos de cada tratamiento), a los 7, a los 14 días y a los 21 días de crecimiento. Para ello se utilizó una regla y la hoja de registro correspondiente.

3.2.10.2 Rendimiento de biomasa

Se levantó los tapetes a los 21 días de crecimiento, tomando cuatro al azar por cada tratamiento, se remojaron por inundación en un balde individualmente para extraer todo el aserrín, separando las plantas entre sí, Se dejó orear las plantas sin aserrín por 15 horas para luego pesar todo el forraje contenido en cada bandeja (0,0912 m^2), luego se calculó el rendimiento total en las 7 bandejas de cada tratamiento y el promedio por m^2.

3.2.10.3 Valor nutritivo

A los 21 días de crecimiento, del forraje libre ya de aserrín se tomó 500 g de cada tratamiento como muestra, se identificó debidamente cada una y se llevó al laboratorio de bromatología de la UNL para determinar su valor nutritivo.

3.2.10.4 Rentabilidad

Se hizo una relación entre los costos de producción generados en el proyecto y los ingresos, utilizando la siguiente fórmula:

$$\mathrm{R} = \frac{IN - CT}{\mathrm{CT}} \mathrm{x}100$$

R: Rentabilidad

I.N: Ingreso

C.T: Costo Total

a) Egresos

Dentro de los egresos se tomó en cuenta aquellas inversiones y gastos que se hicieron durante el desarrollo y producción del FVH de avena, fertilizada con EM-A.
Los rubros considerados son los siguientes:

- Arrendamiento de instalaciones
- Costo de semillas
- Producción de EM-A
- Mano de obra

b) Ingresos

Para los ingresos se tomó en cuenta el rendimiento de biomasa y el precio de venta del forraje hidropónico de avena fertilizada con EM-A.

Para calcular el precio se consideró el porcentaje de proteína del forraje, obtenido mediante el examen bromatológico. Se pesó una cierta cantidad de alfalfa, conociendo el porcentaje de proteína de la misma y su precio actual en el mercado, de igual manera se pesó la misma cantidad de pasto hidropónico de avena y mediante una regla de tres se calculó el precio del mismo.

3.2.11 Análisis Estadísticos

Con la información obtenida del registro de las variables, se realizó el análisis de varianza (ADEVA) y luego se aplicó la prueba de Duncan.

4. RESULTADOS

4.1 Crecimiento de las plantas

En el siguiente cuadro se presenta la altura de las plantas a los 7, 14 y 21 días de crecimiento.

Cuadro 5. Crecimiento de las plantas en los diferentes tratamientos en cm

ALTURA DE LAS PLANTAS (cm)												
TRATAMIENTOS	**DÍAS DE CRECIMIENTO**											
	7				**14**				**21**			
	XM1	XM2	XM3	XM4	XM1	XM2	XM3	XM4	XM1	XM2	XM3	XM4
T1 EM-A 0,1%	10	10,2	10,3	10,3	15	13,6	14,9	14,5	22,5	23	22	23,3
PROMEDIO	**10,2**				**14,5**				**22,7**			
T2 EM-A 0,25%	10,4	10,2	10,3	10,3	16,1	15,6	15,9	15,3	23,9	23,5	24,2	23,7
PROMEDIO	**10,3**				**15,7**				**23,8**			
T3 EM-A 0,5%	10,2	10	10	10,3	14,1	14,3	14,2	14,3	22,3	22,3	22,2	22,4
PROMEDIO	**10,1**				**14,2**				**22,3**			
T4 Testigo	10	10,3	10,2	10,3	13,7	13,8	13,9	13,8	20,9	21,2	21	20,9
PROMEDIO	**10,2**				**13,8**				**21**			

En el presente cuadro se puede apreciar un mayor tamaño en las plantas del Tratamiento 2, tanto a los 14 como a los 21 días con un promedio de 15,7 cm y 23,8 cm respectivamente, mientras que el Tratamiento 4 es el que presenta el menor tamaño tanto a los 14 días con un promedio de 13,8 cm y a los 21 días con un promedio de 21 cm de altura. A los 14 y 21 días el Tratamiento 1 y el Tratamiento 3 presentan valores promedios intermedios a los tratamientos 2 y 4. Sin embargo se observa que a los 7 días la altura de las plantas no presenta mayores diferencias entre tratamientos, siendo sus valores promedios similares.

El análisis muestra diferencia estadística altamente significativa entre tratamientos, excepto entre los tratamientos 1 y 3 donde no hay diferencia estadística significativa.

En la siguiente figura se muestran los datos de altura de las plantas para su mejor comprensión.

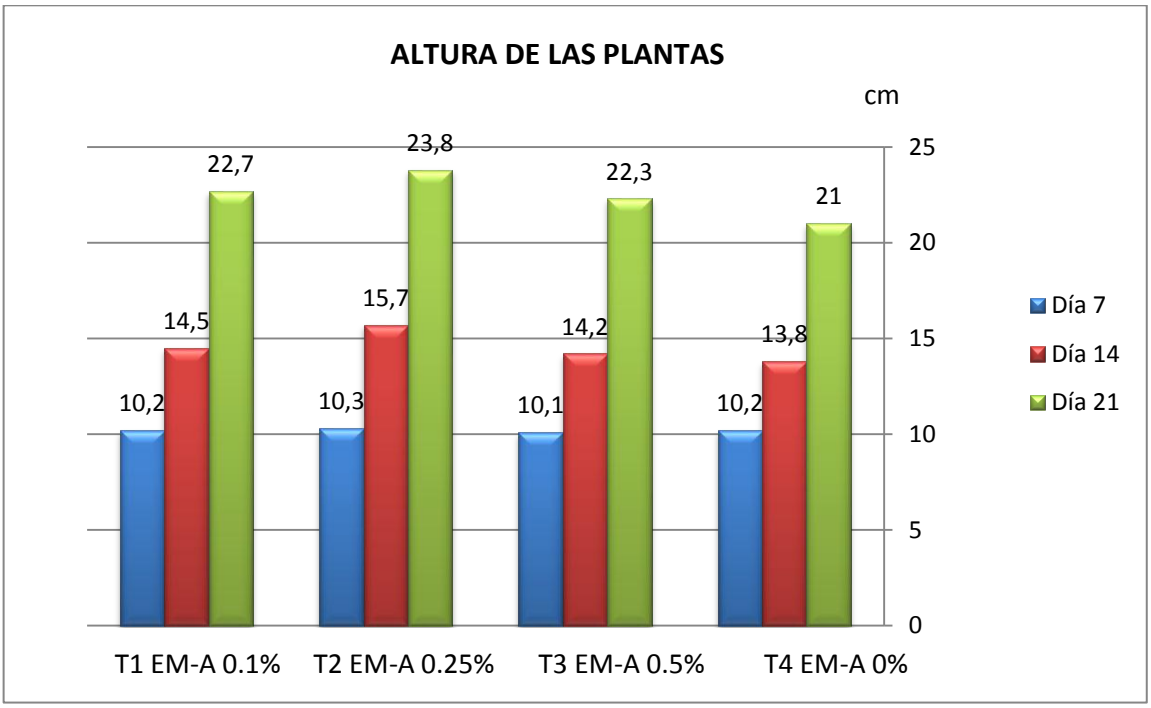

Figura 3. Altura de las plantas del FVH de avena

4.2 Rendimiento de biomasa

Se tomó el peso en cuatro bandejas (UE) de cada tratamiento, luego se calculó la producción en las 7 bandejas de cada tratamiento. En el siguiente cuadro se muestra los promedios de producción de biomasa del FVH de avena.

Cuadro 6. Rendimiento de biomasa en los diferentes tratamientos en Kg.

RENDIMIENTO DE BIOMASA (Kg)					
TRATAMIENTOS	**Unidades de Muestreo**				**Total en 7 UE**
	1	**2**	**3**	**4**	
T1 EM-A 0,1%	1,892	1,897	1,894	1,898	**13,265 Kg**
PROMEDIO	**1,895 Kg**				
T2 EM-A 0,25%	1,949	1,952	1,950	1,953	**13,657 Kg**
PROMEDIO	**1,951 Kg**				
T3 EM-A 0,5%	1,849	1,852	1,854	1,853	**12,964 Kg**
PROMEDIO	**1,852 Kg**				
T4 EM-A 0%	1,782	1,785	1,784	1,781	**12,481 Kg**
PROMEDIO	**1,783 Kg**				

En este cuadro se observa que el rendimiento de biomasa del Tratamiento 2 supera a los demás tratamientos con un valor promedio de 1,951 Kg de forraje verde hidropónico por bandeja, mientras que el Tratamiento 4 es el que presenta el rendimiento más bajo con un promedio de 1,783 Kg por bandeja. El análisis indica que hay diferencia estadística altamente significativa entre tratamientos.

En la siguiente figura se muestran los valores para su mejor comprensión.

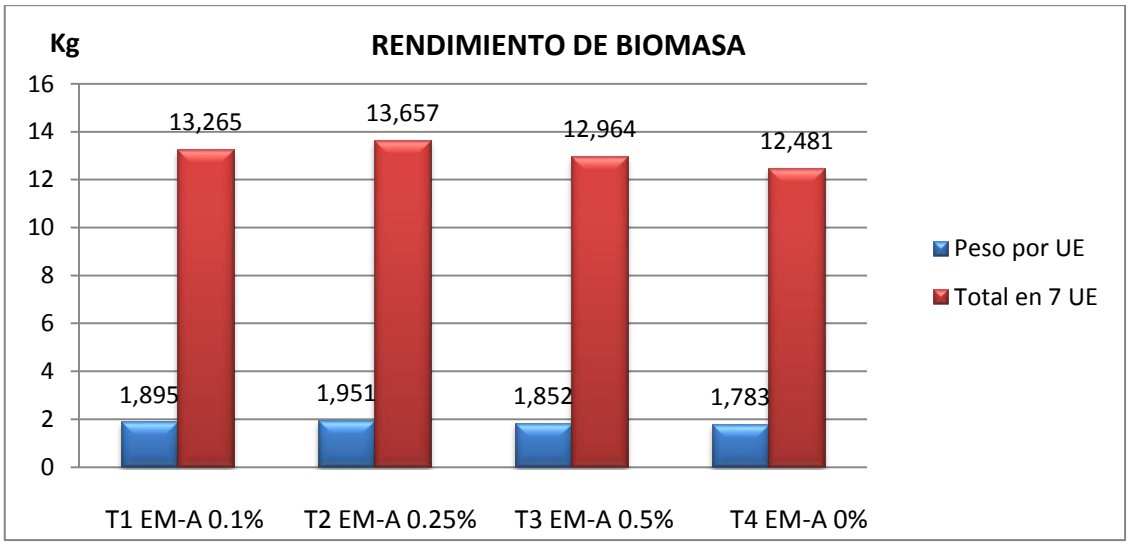

Figura 4. Rendimiento de biomasa del FVH de avena

4.3 Valor nutritivo

Nos enfocamos en los valores de proteína y fibra cruda tanto en TCO como en base seca. En el presente cuadro se muestran los valores.

Cuadro 7. Valor nutritivo

VALOR NUTRICIONAL							
TRATAMIENTOS	**NUTRIENTES %**						
	Base de Cálculo	**M.S.**	**Cz.**	**E.E.**	**P.C.**	**F.C.**	**E.L.N.**
T1 EM-A 0,1%	TCO	14,56	0,66	0,53	1,13	5,57	6,67
	BS	100,0	4,53	3,64	7,76	38,26	45,81
T2 EM-A 0,25%	TCO	14,54	0,69	0,55	0,97	5,96	6,37
	BS	100,0	4,75	3,78	6,67	41,00	43,80
T3 EM-A 0,5%	TCO	13,19	0,67	0,46	0,89	5,08	6,09
	BS	100,0	5,08	3,49	6,75	38,51	46,17
T4 Testigo	TCO	14,37	0,67	0,57	1,38	5,33	6,42
	BS	100,0	4,66	3,97	9,60	37,09	44,68

El porcentaje de proteína del Tratamiento 4 supera significativamente a los valores de los demás tratamientos, con 1,38% en TCO y 9,60% en base seca (BS), sin embargo presenta los valores más bajos en fibra, con 37,09% en BS.

El Tratamiento 2 presenta el valor más bajo en proteína con 0,97% en tal como ofrecido (TCO) y 6,67% en BS, mientras que la fibra es el valor más alto con 5,96% en TCO y 41% en BS.

En la siguiente figura se expresan los valores para mayor comprensión.

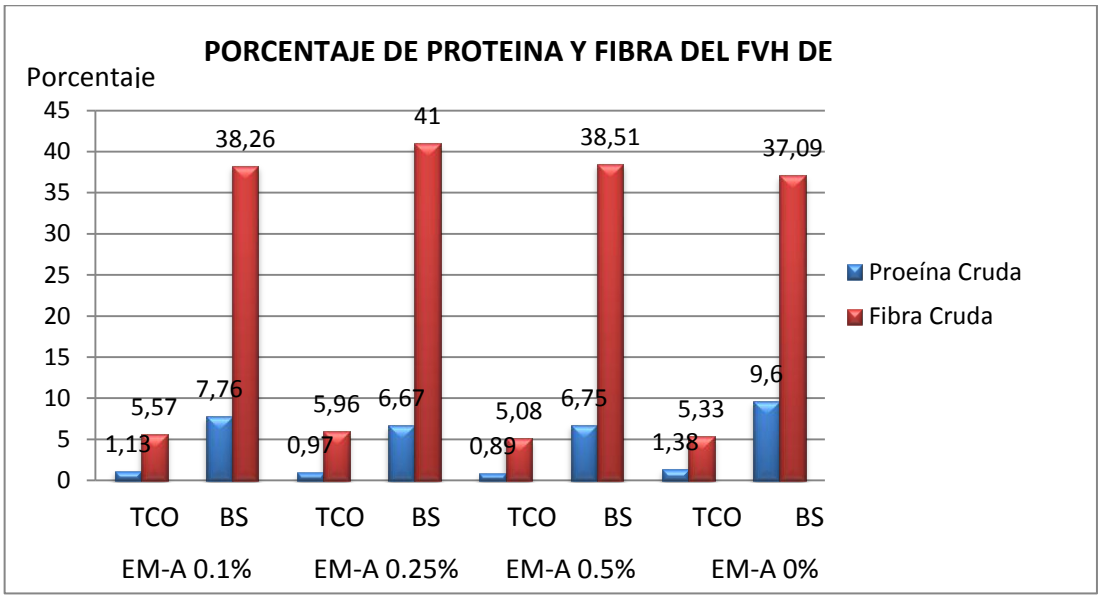

Figura 5. Porcentaje de proteína y fibra del FVH de avena

4.4 Rentabilidad

Se tomó en cuenta la relación entre los costos de producción generados en el proyecto y los ingresos, utilizando la siguiente fórmula:

$$\mathrm{R} = \frac{IN - CT}{\mathrm{CT}} \mathrm{x}100$$

R: Rentabilidad

I.N: Ingreso Neto

C.T: Costo Total

4.4.1 Egresos

Dentro de los egresos se tomó en cuenta aquellas inversiones y gastos que se hicieron durante el desarrollo y producción del FVH de avena fertilizada con EM-A, estos rubros son:

- Arrendamiento de instalaciones y equipos
- Costo de semillas
- Producción de EM-A
- Mano de obra

4.4.1.1 Arrendamiento de Instalaciones

En el invernadero existen 2 perchas con capacidad para 120 bandejas, sin embargo la capacidad total del invernadero es para 4 perchas con 240 bandejas, por ende para calcular la rentabilidad se consideró la producción de FVH en 240 bandejas.

Para obtener los costos de producción del proyecto, se realizó la depreciación del invernadero e instalaciones por los años de vida de los mismos luego se calculó la depreciación por mes.

Cuadro 8. Depreciación de activos fijos

Instalaciones	Costos	Utilidad	Depreciación/año	Deprec/mes
Invernadero	3036,66	15	202,44	16,87
Perchas	789,42	15	52,62	4,38
Bandejas	540	8	67,5	5,62
TOTAL			**322,56**	**22,49**

La depreciación mensual de las instalaciones es de 22,49 USD, el costo total del arrendamiento es de 30 USD no se considera un rubro elevado debido a las mejoras realizadas por adecuaciones por parte del inversionista, las mismas que se describen más adelante.

4.4.1.2 Costo de semillas

En los insumos están; las semillas y los microorganismos eficientes activados. El gasto en semilla de avena fue de 12,5 USD en 6,2 Kg (2 USD/Kg), y en EM-A 1,15 USD en 4,5 L.

Para calcular la rentabilidad se multiplica estos datos para producir FVH en 240 bandejas, que es la capacidad total de producción del invernadero.

Se necesita 200 g (en seco) de semilla viable de avena por bandeja. De la cantidad de semilla adquirida, el 9% se desecha. Para las 240 bandejas se debe adquirir 53 Kg de semilla, de esta cantidad se utiliza 48 Kg y el resto se elimina.

Comprar semilla de avena por sacos resulta mucho más económico, el saco de 45 Kg cuesta 45 USD, por tanto el Kg cuesta 1,00 USD. Este dato tomaremos en cuenta para el análisis de rentabilidad.

4.4.1.3 Producción de EM-A

La cantidad de microorganismos producida con los ingredientes en las cantidades descritas anteriormente equivalente a 4,5 L, esto es suficiente para fertilizar 240 bandejas con FVH.

Cuadro 9. Insumos, semilla de avena y EM-A

RUBRO	COSTO TOTAL
Semilla de Avena	53,00
EM-A	1,15

4.4.1.4 Mano de obra

Para obtener el dato del valor a pagar al operario para la producción de FVH, se dividió el salario diario mínimo (15 dólares / 8 horas), este resultado se multiplicó

por las horas que se necesitan en el invernadero (que es 1), el valor a pagar fue de 1,87 USD por día. En total la inversión en mano de obra fue de 56,10 USD/mes, considerando que se requiere únicamente de un operario para la producción de FVH.

Los costos de producción se detallan en el siguiente cuadro.

Cuadro 10. Costos de producción

COSTOS DE PRODUCCION DEL FVH de Avena (Egresos) USD		
Rubros	**Costo/mes**	**Costo/año**
Arrendamiento instalaciones	30,00	360
Semillas	53,00	848
mano de obra	56,10	673,20
EM-A	1,15	13,8
TOTAL	**140,25**	**1895**

Considerando los días de crecimiento de la semilla que son 21, más los días de pre germinación que son 3-4, el tiempo de cultivo dura 25 días. En el año se hacen 16 cosechas, por lo tanto el gasto en semillas y EM-A, se multiplica por 16.

4.1.2 Ingresos

Para los ingresos se tomó en cuenta el rendimiento de biomasa y el precio de venta del forraje hidropónico de avena fertilizada con EM-A.

Para calcular el precio del FVH se consideró el porcentaje de proteína del forraje de los distintos tratamientos, obtenido mediante el examen bromatológico. Se investigó el precio actual de la alfalfa en el mercado, se tomó en cuenta el atado de alfalfa que venden en los mercados de Loja, el cual cuesta 0,50 USD, tiene un peso promedio de 1250 g, y como el porcentaje de proteína de la alfalfa es de 17%, significa que en 1250 g de alfalfa hay 212,5 g de proteína con un valor de 0,50 USD. Se realizó el cálculo para obtener la cantidad de proteína y su valor, en 1000 g de atado de alfalfa, el cual fue de 170 g de proteína a 0,40 USD.

Con estos datos se hizo la comparación con el FVH de avena producida en los distintos tratamientos para calcular el precio y rentabilidad del mismo. En el siguiente cuadro se explica para mejor comprensión.

Cuadro 11. Ingreso anual de la producción de FVH de avena a los 21 días

FVH de Avena	Cantidad de FVH en 21 días/en gramos	Porcentaje de Proteína del FVH	Cantidad promedio de proteína del FVH en 1000 g	Precio promedio de 170 g PC en 1000 g de alfalfa, en el mercado en USD.	Costo de venta del FVH al mercado por Kg en USD.
FVH+EM-A al 0,1%	1895	7,76	77,60	0,40	0,18
FVH+EM-A al 0,25%	1951	6,67	66,70		0,15
FVH+EM-A al 0,5%	1852	6,75	67,50		0,16
FVH+EM-A al 0%	1783	9,60	96,00		0,23

Como se indica en el presente cuadro, en cada tratamiento se considera la cantidad en gramos de FVH de avena producido a los 21 días en cada bandeja de 0,0912m^2 y el porcentaje de proteína respectivo, luego se calcula la cantidad de proteína del FVH de avena en 1000 g. Tomando en cuenta la cantidad de proteína del FVH de avena en 1000 g y el precio de 170 g de proteína en 1000 g de alfalfa, que es de 0,40 USD, se obtuvo el valor del Kg de FVH de avena producido a los 21 días en cada tratamiento.

En este análisis se considera como si cada tratamiento se cultivara en la capacidad total de las instalaciones del invernadero, es decir en 240 bandejas, durante 16 cosechas en 365 días, mediante este cálculo se obtendrá los ingresos anuales.

Del presente cuadro se deduce que debido al mayor porcentaje de proteína del pasto en el Tratamiento testigo, a pesar de la menor producción en kilogramos, el precio del mismo es mayor, es decir 0,23 USD por Kg. Contrariamente el Tratamiento 2, a pesar del mayor rendimiento de biomasa, el porcentaje de

proteína es el menor, y consecuentemente el costo por Kg es menor, siendo de 0,15 USD.

En el presente cuadro se muestran un análisis económico del FVH de avena.

Cuadro 12. Análisis económico del FVH de avena

DETALLE	ANALISIS ECONÓMICO			
	FVH de Avena			
	Tratamiento 1	**Tratamiento 2**	**Tratamiento 3**	**Tratamiento4**
# Kg prom./bandeja (0,0912 m^2)	1,895	1,951	1,852	1,783
# Kg/cosecha (240 bandejas)	454,80	468,24	444,48	427,92
# Kg/año (16 cosechas)	7276,80	7491,84	7111,68	6846,72
Precio/Kg (USD)	**0,18**	**0,15**	**0,16**	**0,23**
Ingresos/año (USD)	1309,82	1123,78	1137,87	1574,75
Egresos/año (USD)	**1895**	**1895**	**1895**	**1881,2**
Costo de prod./Kg (USD)	**0,26**	**0,25**	**0,27**	**0,27**

Los egresos anuales en el Tratamiento 4 son inferiores ya que no se considera la producción de microorganismos eficientes.

En este cuadro se observa, que en todos los tratamientos, el precio del Kg de forraje verde hidropónico obtenido mediante relación con el precio de la alfalfa en nuestro medio, es inferior a los costos de producción, por lo que no es rentable venderlo como tal.

Sin embargo, para mayor aclaración, se aplicó la fórmula de la rentabilidad, donde esta es igual al ingreso neto dividido por el costo total, el producto de esta operación se multiplicó por 100, dando como resultado la rentabilidad en porcentaje.

$$R = \frac{IN - CT}{CT} x100$$

Leyenda:

I.N: Ingreso

C.T: Costo Total

Trabajamos con los datos del tratamiento testigo, que es el que presenta los ingresos más altos.

$$\mathbf{R} = \frac{1574{,}75-1895}{1895} x100 = \mathbf{-\ 16{,}89}$$

Este análisis de rentabilidad, basado en calcular el precio del FVH de avena en comparación con el precio del Kg de alfalfa en nuestro medio según el porcentaje de proteína no es adecuado porque el precio por Kg es inferior a los costos de producción. Tal como indica la fórmula anterior, en el mejor de los casos, en el tratamiento testigo, que presenta mayor precio por Kg, 0,23 USD, se pierde el 16,89 % de la inversión.

Para obtener rentabilidad económica al comercializar el forraje verde hidropónico de avena por kilogramos, se debe incrementar el precio del forraje sobre los costos de producción por kilogramo señalado en el cuadro anterior.

Además cuando se considera la rentabilidad desde el punto de vista del rendimiento de biomasa entre el forraje verde hidropónico de avena y la alfalfa la diferencia es impresionante, en condiciones de nuestro medio, en 40 m^2 en 16 cosechas al año se obtiene 7491,84 Kg de avena de los cuales 499,70 Kg son proteína. Mientras que en el caso de la alfalfa en 40 m^2 en 8 cortes al año se obtienen únicamente 64 Kg de forraje de los cuales 10,8 Kg son proteína, conociendo que en una hectárea el rendimiento de biomasa es de 2 toneladas de alfalfa por corte con 17% de proteína.

5. DISCUSIÓN

5.1 Crecimiento de las plantas

A los 7 días la altura de las plantas no presenta mayores diferencias entre tratamientos, siendo sus valores similares, la fertilización con EM-A se aplicó desde el día 4, por tanto en 3 días no se aprecia diferencias.

El forraje verde hidropónico del Tratamiento 2 presenta mayor altura, tanto a los 14 como a los 21 días con un promedio de 15,7 cm y 23,8 cm respectivamente debido a la fertilización con microorganismos eficientes al 0,25% que resultó ser la mejor dosis para el desarrollo del forraje; mientras que el Tratamiento 4 es el que presenta el menor tamaño tanto a los 14 días con un promedio de 13,8 cm y a los 21 días con un promedio de 21 cm de altura debido a que no recibió fertilización y esto se refleja en el desarrollo de las plantas disminuido en comparación con los otros tratamientos. A los 14 y 21 días el Tratamiento 1 y el Tratamiento 3 presentan valores promedios intermedios a los tratamientos 2 y 4.

5.2 Producción de biomasa

Para el estudio de la producción de biomasa, de las 7 bandejas correspondientes a cada tratamiento, se escogieron 4 al azar, las cuales fueron liberadas del aserrín utilizado como sustrato, luego se pesó el forraje y se obtuvo el promedio del peso de las mismas. El mejor resultado se obtuvo en el Tratamiento 2, con EM-A al 0,25%, con un promedio de 1,951 Kg por bandeja, con una producción de biomasa de 13,657 Kg de forraje verde hidropónico en las 7 bandejas. La menor producción de biomasa se dio en el Tratamiento testigo con un promedio de 1,783 Kg por bandeja y un total de 12,481 Kg en las 7 bandejas.

Estos resultados no difieren de manera significativa en comparación con los valores presentados por Rodríguez (2003), el cual indica que de 1 Kg de semilla, en un lapso de 8 a 17 días se produce de 9 a 10 Kg de FVH, dependiendo este resultado de las condiciones climáticas y del desarrollo de las plantas.

5.3 Valor nutritivo

Para el cálculo del valor nutritivo se tomó en cuenta, el porcentaje de fibra y de proteína.

5.3.1 Fibra

Con relación al porcentaje de fibra del forraje verde hidropónico de avena, el mayor porcentaje se presentó en el Tratamiento 2, EM-A al 0,25%, tanto en las muestras TCO como en la de BS, con 5,96% y 41% respectivamente, esto se debe a que en este tratamiento el forraje tuvo un mayor desarrollo tanto en hojas como en raíces, ricas en contenido de fibra, valor que se incrementa en las plantas fisiológicamente para el día 21. Además hay que tener en cuenta que la semilla de avena es rica en fibra, por su envoltura.

5.3.2 Proteína

En lo que concierne al porcentaje de proteína del forraje verde hidropónico de avena, se ha podido concretar que el mayor porcentaje se dio en el Tratamiento testigo, tanto en la muestra de TCO y en BS, con 1,38 y 9,60% respectivamente.

Los valores más bajos se presentaron en el Tratamiento 2 con 0,97% en TCO y 6,67% en BS.

La cantidad de proteína en todos los tratamientos sin embargo es baja, debido probablemente a que como en otras investigaciones en cultivo de forraje verde hidropónico ha ocurrido que al día 21 de crecimiento el porcentaje de proteína disminuye para aumentar el porcentaje de fibra y luego se incrementa nuevamente los niveles de proteína superando a los de fibra. Torres (2013), en las mismas instalaciones (invernadero de la Quinta Experimental Punzara) en cultivo de FVH de avena fertilizada con Agroverdol donde para el estudio de las variables consideró los días de crecimiento, cosechando el forraje a los 17, 21 y 25 días; obtuvo a los 21 días de crecimiento en BS 9,86% de proteína, siendo este valor inferior a 9,93% al día 17, y al día 25 vuelve a incrementarse a 11,50%.

Jiménez (2013), en las mismas instalaciones, en cultivo hidropónico de trigo obtuvo a los 17 días de edad 12,69 % de proteína en BS, a los 21 días de edad la cantidad disminuyó a 11,77 % y a los 25 días de crecimiento la proteína aumentó a 13,91 %. Sin embargo en cultivo de FVH de cebada el porcentaje de proteína en BS fue mayor a los 17 días de crecimiento, con 11,39 %, a los 21 días disminuyó a 11,08 % y a los 25 días de edad, el porcentaje de proteína fue menor con 9,83 %.

A pesar de presentarse las dos situaciones mencionadas en cuanto al porcentaje de proteína en un cultivo de forraje verde hidropónico, la teoría de la tendencia del forraje a disminuir el porcentaje de proteína a medida que pasan los días de crecimiento es la más aceptada por los autores. (Bonner y Galston, 1961; Koller, 1962; y otros) afirman, que la producción de FVH apto para alimentación animal tiene un ciclo de 10 a 12 días. En ciertos casos, por estrategia de manejo interno de los establecimientos, la cosecha se realiza a los 14 o 15 días, a pesar que el óptimo definido por varios estudios científicos, no puede extenderse más allá del día 12. Aproximadamente a partir de ese día se inicia un marcado descenso en el valor nutricional del FVH.

Además el día de la cosecha se lavó y oreó por 15 horas el forraje para extraer el sustrato y enviar muestras al laboratorio únicamente de las plantas y evitar alteración de resultados por la elevada cantidad de fibra del aserrín. Según (Uset, *et al*., 2009) durante el secado del forraje cosechado para henificar se pierden proteínas, azucares y vitaminas, además si está expuesto al medio ambiente se lavan nutrientes por acción de la lluvia. Esta información explica el bajo contenido de proteína en todos los tratamientos de esta investigación.

5.4 Rentabilidad

El precio por kilogramo de forraje verde hidropónico de avena es de 0,23 USD en el Tratamiento testigo a pesar que este tratamiento arrojó el resultado más bajo en rendimiento de biomasa, esto se debe a que el precio del forraje en el mercado es de acuerdo al porcentaje de proteína, y en este caso fue de 9,60%. El Tratamiento 2, EM-A al 0,25%, presentó el mayor rendimiento de biomasa, sin

embargo por poseer el más bajo porcentaje en proteína, 6,67%, es el de menor precio con un valor de 0,15 USD el kilogramo de forraje.

Estos resultados difieren de los valores obtenidos en una investigación realizada en la Escuela Politécnica Superior de Chimborazo, de Riobamba, (Sinchiguano - 2008), donde la rentabilidad se determinó mediante el rendimiento de forraje en materia seca por Kg, obteniendo el forraje verde hidropónico de avena un valor de 0,25 USD en un periodo de 15 días.

La venta de forraje verde hidropónico de avena a los 21 días de crecimiento, considerando el porcentaje de proteína, no es rentable. Sin embargo es un recurso alimenticio incomparable por su alto rendimiento y valor nutricional para el consumo interno de los animales. Además para incrementar el contenido de proteína, se puede cultivar simultáneamente en otras bandejas otro tipo de forraje como leguminosas, dentro de las mismas instalaciones.

La técnica del cultivo de forraje verde hidropónico, permite producir pasto en terrenos no cultivables y optimizar la producción en espacios de poca extensión, tal es el caso de esta investigación, en el tratamiento 2, señala que en 40 m^2 se puede producir hasta 7491,84 Kg de forraje al año dentro de un invernadero no industrial, lo que en cultivo tradicional se produce en 1500 m^2, considerando que un metro cuadrado produce aproximadamente 500g de avena por corte en nuestro medio. Debemos resaltar además que arrendar un invernadero en nuestro medio resulta mucho más económico que si se arrendara un terreno de 1500m^2. Si consideramos la producción de FVH dentro de un invernadero industrial, con las condiciones adecuadas para obtener mayor rendimiento de forraje por metro cuadrado, y mayor número de cortes al año, los rendimientos se incrementarían considerablemente, como señala la FAO, (2001) que productores en Chile han estimado que 170 metros cuadrados de instalaciones con bandejas modulares en 4 pisos para FVH de avena, equivalen a la producción convencional de 5 ha de avena de corte.

Otra ventaja dentro del rendimiento del forraje verde hidropónico es que los animales consumen la totalidad de la planta, siendo sus nutrientes de alto valor biológico; al contrario del forraje cultivado en suelo donde hay un desperdicio aproximado del 10%, que es lo que los animales no consumen y los nutrientes del pasto son de menor digestibilidad en comparación al FVH.

6. CONCLUSIONES

- El tratamiento 2, EM-A al 0,25%, presenta el mayor desarrollo de las plantas con un promedio de 23,8cm de altura al día 21, y el mayor rendimiento de biomasa con un promedio de 1,951 Kg de FVH por bandeja de 0,0912m^2.

- El porcentaje de proteína del tratamiento 4 es superior a los demás tratamientos, con 9,60% en base seca, sin embargo presenta los valores más bajos en fibra, con 37,09% en base seca.

- El porcentaje de proteína del FVH en todos los tratamientos es bajo, debido a que al día 21 los valores de proteína del FVH disminuyen e incrementa el porcentaje de fibra, como también probablemente se afectó el contenido nutricional por el proceso de lavado y oreo del forraje enviado al laboratorio.

- Producir forraje verde hidropónico de avena de 21 días de crecimiento para la venta, no genera ganancia económica en nuestro medio, por lo que se lo debe destinar para el consumo interno de animales por ser un alimento de alto rendimiento y valor nutricional.

7. RECOMENDACIONES

- Realizar el análisis químico proximal del contenido de nitrógeno, fósforo y potasio de la solución de microorganismos eficientes activados producida para tener un conocimiento preciso del fertilizante utilizado.

- En invernaderos donde las condiciones de microclima no son debidamente controladas, se debe cultivar con sustrato para asegurar un aporte adecuado de humedad a las plantas.

- Debe cosecharse el forraje y no extraer el sustrato, en casos de que se utilice aserrín, debido a que al suministrar a los animales el forraje verde hidropónico, el aserrín también puede ser consumido y así evitar alteraciones en la composición nutricional.

- Realizar nuevas investigaciones a fin de establecer en el forraje verde hidropónico fertilizado con microorganismos eficientes el día en que tanto el porcentaje de proteína como el rendimiento de biomasa sea el más rentable.

8. BIBLIOGRAFIA

ALBA, F. 2010. Pastos y Forrajes. Col. Tec. Sal. Agronómico Salesiano.

ALBORNOZ, R. 2014, Aspectos a considerar en una instalación de cultivo hidropónico, Articulo para Navarra Agraria

ALONSO, J. 2012. Guía completa del Cultivo sin Suelo, Escuela de la Ciudad de Cuernavaca. Disponible en: http://www.acmor.org.mx/cuamweb/reportescongreso/2012/SecCiencias/922-EscCiudCuernav-Hidroponia.pdf

ALVAREZ, E. 2012. Modo de Activar EM, Disponible en: http://www.alaguaecotec.com/%28S%28rpo5im555x4v54550ujtybf1%29%29/imagenes/pdf/alagua-em-activador-ph10.pdf

ARANO, C. 1988, FVH y otras técnicas de cultivos en tierra. pp. 54-56. Editado por el propio autor. Provincia de Buenos Aires Argentina.

BIOSCA, A. 2001. Qué son microorganismos eficientes. Disponible en: http://es.answers.yahoo.com/question/index?qid= 20080731132 826aa6mgbr

CALDERON S. F y CEBALLOS F., 2001, Los Sustratos.

CARBALLIDO, C. 2007. Forraje verde hidropónico, cómo realizar el cultivo, mejora la salud animal. Disponible en: Html (Curso de invernaderos, ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/field/009/ah472s/ah472s01.pdf)

CARBALLO, M. C. R. 2000, Manual de procedimientos para la elaboración de FVH, Ganadería Holística.

CASA, H. C. R. 2008, Efecto de la utilización de FVH de Avena, Cebada, Maíz y Trigo en la Alimentación de Cuyes, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Disponible en:http://dspace.espoch.edu.ec/bitstream/123456789/1724/1/17T0809.pdf

CORREA, M. 1997, Efecto del tiempo de almacenaje y el tipo de embalaje en el potencial de crecimiento radicular para plantas de Pinus Radiata. Universidad de Concepciòn, Facultad de Ciencias Forestales, Departamento Silvicultura, Concepciòn Chile.

DONOSO, P. 1999. Determinación de la eficiencia en el uso del agua y relación de atributos morfofisiológicos en plantas de Eucalyptus glóbulos Lábil. Producidas a raíz cubierta. Universidad de Concepción. Facultad de ciencias Forestales, Departamento Silvicultura. Concepción. Chile.

DOSAL ALADRO, J.J.M.1987, Efecto de la dosis de siembra. Época de Cosecha y Fertilización sobre la Calidad y la Cantidad de Forraje de Avena Producido Bajo las Condiciones de Hidroponía. Facultad de Ciencias Agropecuarias y Forestales de la Universidad de Concepción. Sede Chillan. Chile.86: 60-76

ELIZONDO, J. 2001. Forraje verde hidropónico: Una alternativa para la alimentación animal.

ELIZONDO, J y C. BOSCHINI. 2001. Efecto de la densidad de siembra sobre el rendimiento y calidad de forraje de maíz. Rev. Agronomía Mesoamericana, 12(2): 181-187.

ESPINOSA, M. 2005. Proyecto de inversión para la producción de FVH en Santa María Chachoapan Nochixtlan, Oaxaca. Universidad Tecnológica de la Mixteca. Disponible en: http://jupiter.utm.mx/~tesis_dig/9735.pdf

FAO, 2001. Producción de Forraje Verde Hidropónico, Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe

GILSANZ, J. C. 2007. Hidroponía. Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria de Uruguay, Programa Nacional de Producción Hortícola.

GRICKE William F. 1929. La hidroponía: Agua que trabaja.

GUTIERREZ, I. et. al. 2000, Cultivos Hidropónicos. Fascículo 9. Bogotá, Colombia.

GUZMÁN, 2004. Hidroponía – Ministerio de Agricultura y Ganadería, Disponible en: www.mag.go.cr/bibioteca_virtual_ciencia/Hidroponia

HIGA, T. et al., **1994** Traducido por FUNDASES. Microorganismos benéficos y efectivos para una agricultura y medio ambiente sostenible.

HIGA, T. 1997, Manual sobre el uso de los microorganismos eficaces (EMI) y EM BOKASHI en la agricultura natural. Fundación Mokitiokada. Centro de Pesquisas-Ipeuna. Brasil. 45: 32-41

IZQUIERDO, J. Publicado por la FAO en 2002. El forraje verde hidropónico como tecnología apta para pequeños productores agropecuarios (manual).

JIMENEZ, J. 2013. Producción de FVH de trigo y cebada en diferentes épocas de cosecha en la Quinta Experimental Punzara.

KYAN, T. et al., 1999. Nature Farming and the Technology of Effective Microorganisms. Guidelines for Practical Use. INFRC, Atami, Japan and APNAN, Bangkok, Thailand.

MARULANDA C. he IZQUIERDO, J. 1993, Manual Técnico "La Huerta Hidropónica Popular" FAO. Santiago, Chile.

MOA. 2003. Estracto del manual Microorganismos Eficaces EM en la agricultura Nacional.

MORALES O, A. F. 1987, Forraje hidropónico y su utilización en la alimentación de corderos precozmente destetados. Facultad de Ciencias Agropecuarias y Forestales de la Universidad de Concepción, Sede Chillan. Chile.

MORGAN, J.; Hunter, R.; O'Haire, R.1992 Limiting factors in hydroponic barley grass production. In: Proceedings of the 8th International Congress on SoillessCulture. Netherland.

MOYA, J. 2012. Como hacer microorganismos eficientes. Ministerio de Agricultura y Ganadería. Disponible en: http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/drocc-hoja-04-2012.pdf

PAREDES, R. 2010, Comparación de Medios Nutricionales en Cultivo Hidropónico de Maíz (Zea mays).Facultad de Ingeniería Zootecnia. Universidad Nacional "Pedro Ruiz Gallo". Lambayeque. Perú, 56:35-50.

PENNINGSFELD F., KURZMAN P. 1983, Cultivos hidropónicos y en turba. 2ª Edición. Madrid España. Editorial Mundial Prensa.

PICHILINGUE, C. 1994. Utilización de cebada (Hordeum vulgare), germinada en la alimentación de cuyes hembras durante el empadre, gestación y lactación.

QUIÑONES, E. 2011. Producción de forraje hidropónico de cebada (Hordeum vulgare L.), maiz (Zea mays L.) y arroz (Oryza sativa L.), utilizando microorganismos eficaces en el agua de riego. Universidad Nacional Pedro Luis Gallo. Disponible en: http://cip.org.pe/imagenes/temp/tesis/43249372.pdf

RAMIREZ M., F. y CORTES V., F.J. 2012, Comparación Productiva Y Reproductiva en Conejas Utilizando Dos Niveles de Sustitución de Alimento Convencional por FVH (50% y 25%) Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo

REGALADO, F. 2009, Cultivos Hidropónicos. Facultad de Agronomía, Universidad Nacional "Pedro Ruiz Gallo". Lambayeque, Perú, 48:1-8.

RODRIGUEZ, S. 2000, Hidroponía: Una solución de producción en Chihuahua, México. Boletín informativo de la Red Hidroponía Nº. 9 Lima, Perú.

RODRIGUEZ, L 2002, Hidroponía Agricultura y Bienestar, Doble Hélice, Universidad Autónoma de Chihuahua-México. 96: 23-60.

SANCHEZ, A. 1997, Informes Técnicos de Estadía. Informes Internos de la Dirección Nacional de Empleo (DINAE – Ministerio de Trabajo y Seguridad Social) Montevideo, Uruguay

SANCHEZ, A. 2000, Una experiencia de FVH en el Uruguay. Boletín Informativo Red Hidroponía Nº 7 CIHNM. UNALM. Lima, Perú.

SIMÕES, C. 2013. Informe sobre los avances de la Tecnología EM™ en Brasil en el campo de Hidroponía.

SILVA, M. 2009. Microbiología General. Disponible en: http://microbiologiageneral.blogspot.com/2009/05/microorganismoseficientes.html.

TARRILLO, H. 2007, FVH, forraje de alta calidad, para la alimentación animal. Arequipa Perú.

TOALOMBO, R. 2012. Evaluación de microorganismos eficientes autóctonos aplicados en el cultivo de cebolla blanca (Allium fistulosum).

TORRES, D. 2013. Establecimiento de un invernadero para FVH y siembra de dos gramíneas, maíz y avena, en la "Quinta Experimental Punzara."

TORRES, J. 2009. La hidroponía: El cultivo sin necesidad de tierra

USET, O. et al., 2009. Reservas Forrajeras

ZAMBRANO, G. M. P. 2007. Engorde de conejos de raza Neozelandés con FVH de maíz, con varios sistemas de alimentación, Universidad Técnica de Manabí Disponible en:.http://repositorio.utm.edu.ec/bitstream/123456789/416/1/tesis%20ciencias%20veterinarias.pdf

SITIOS WEB:

AICC. 2011. Disponible en: http://www.cannabiscafe.net/foros/showthread.php/227557-EM%28microorganismos-eficientes%29.

(**Bonner y Galston**, 1961; Koller, 1962; Simon y Meany, 1965; Fordham et al, 1975, citados todos ellos por Hidalgo, 1985.) Disponible en: ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/field/009/ah472s/ah472s00.pdf

(INAMHI, 2014) http://www.serviciometeorologico.gob.ec/

Iñigo Biain. 2012. Disponible en: http://www.infonegocios.info/nota.asp?nrc=36070&nprt=1

EMRO América Latina, 2008 Disponible en: http://www.em-la.com/activacion_del_emy1%C2%AE.php? idioma=1

Novoa. 2013 http://maurnovoa.wordpress.com/2013/12/19/45/

9. ANEXOS

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

AREA AGROPECUARIA Y DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES

CARRERA DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA

9.1 Registros utilizados

Registro 1. Crecimiento de las plantas en los diferentes tratamientos en cm

ALTURA DE LAS PLANTAS (cm)												
TRATAMIENTOS	**DÍAS DE CRECIMIENTO**											
	7				**14**				**21**			
	XM1	XM2	XM3	XM4	XM1	XM2	XM3	XM4	XM1	XM2	XM3	XM4
T1 EM-A 0,1%												
PROMEDIO												
T2 EM-A 0,25%												
PROMEDIO												
T3 EM-A 0,5%												
PROMEDIO												
T4 Testigo												
PROMEDIO												

Registro 2. Rendimiento de biomasa en los diferentes tratamientos en Kg

RENDIMIENTO DE BIOMASA (Kg)					
TRATAMIENTOS	**Unidades de Muestreo**				**Total en 7 UE**
	1	**2**	**3**	**4**	
T1 EM-A 0,1%					
PROMEDIO					
T2 EM-A 0,25%					
PROMEDIO					
T3 EM-A 0,5%					
PROMEDIO					
T4 EM-A 0%					
PROMEDIO					

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

AREA AGROPECUARIA Y DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES

CARRERA DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA

9.2 Resultados de laboratorio del análisis de los microorganismos eficientes activados.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

ÁREA AGROPECUARIA Y DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES

LABORATORIO DE DIAGNOSTICO VETERINARIO

MUESTRA: arroz cocinado, suelo de montaña, melaza, Agua **FECHA:** 18-12-13

PROPIETARIO: Marisol Villalta Castillo **SITIO:**

FECHA DE RECOLECCIÓN: 12-12-13

ANALISIS MICROBIOLÓGICO

			Limite Deseable	Límite máximo
Recuento total de Aerobios Mesófilos:	Incontables	UFC/ grs o cm3	ausencia	ausencia
Enterobacterias :	Incontables	UFC / grs o cm3	ausencia	ausencia
Staphycocos :	Incontables	UFC / grs o cm3	ausencia	ausencia

Coloración de colonias: subtilis

Levaduras: 46×10^{-3}

Hongos: 4×10^{-3}

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA ÁREA AGROPECUARIA Y DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES LABORATORIO DE DIAGNOSTICO VETERINARIO

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

AREA AGROPECUARIA Y DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES

CARRERA DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA

9.3 Resultados de laboratorio del análisis bromatológico del FVH de avena.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

ÁREA AGROPECUARIA Y DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES

LABORATORIO DE NUTRICIÓN ANIMAL

Para: Srta. Egda. Marisol Villalta

Informe de Análisis Químico Proximal

Nro. Lab.	Nro. Mues.	Clase de muestra	Base de Cálculo	M.S.	Cz.	E.E.	P.C.	F.C.	E.L.N.
				%	%	%	%	%	%
3845	1	AVENA FORRAJERA *Avena sativa,* grano, cultivo hidrphónico de 21 días, solución 0% ME	TCO	14.37	0.67	0.57	1.38	5.33	6.42
			BS	100.0	4.66	3.97	9.60	37.09	44.68
3846	2	AVENA FORRAJERA *Avena sativa,* grano, cultivo hidrphónico de 21 días, solución 1% ME	TCO	14.56	0.66	0.53	1.13	5.57	6.67
			BS	100.0	4.53	3.64	7.76	38.26	45.81
3847	3	AVENA FORRAJERA *Avena sativa,* grano, cultivo hidrphónico de 21 días, solución 2.5% ME	TCO	14.54	0.69	0.55	0.97	5.96	6.37
			BS	100.0	4.75	3.78	6.67	41.00	43.80
3848	4	AVENA FORRAJERA *Avena sativa,* grano, cultivo hidrphónico de 21 días, solución 5% ME	TCO	13.19	0.67	0.46	0.89	5.08	6.09
			BS	100.0	5.08	3.49	6.75	38.51	46.17

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA AARNR LABORATORIO DE QUÍMICA

Ing. Omar Ojeda, Mg. Sc.
RESPONSABLE DE LABORATORIO

Dr. Vicente Saca, Mg. Sc
TÉCNICO DE LABORATORIO

Nota: TCO = Tal Como Ofrecido, BS = Base Seca, M.S. = Materia Seca, Cz = Cenizas, E.E. = Extracto Etéreo, P.C. = Proteína Cruda, F.C. = Fibra Cruda, E.L.N. = Extracto Libre de Nitrógeno.

9.4 Análisis Estadísticos

9.4.1 Crecimiento de las plantas a los 21 días de crecimiento en cm

ALTURA DE LAS PLANTAS (cm)				
Tratamientos	**Unidades de muestreo**			
T1 EM-A 0.1%	22.5	23	22	23,3
PROMEDIO	**22.7 cm**			
T2 EM-A 0.25%	23.9	23.5	24.2	23.7
PROMEDIO	**23.8 cm**			
T3 EM-A 0.5%	22.3	22.3	22.2	22.4
PROMEDIO	**22.3 cm**			
T4 Testigo	20.9	21.2	21	20.9
PROMEDIO	**21 cm**			

a. Hipótesis estadísticas

$H_0 = \bar{X}_1 = \bar{X}_2 = \bar{X}_3 = \bar{X}_4$
$Hi = \bar{X}_1 \neq \bar{X}_2 \neq \bar{X}_3 \neq \bar{X}_4$

b. Modelo matemático

$Xij = u + Ti + eij$

En donde

i = 1…t (número de tratamientos)

j = 1… r (número de repeticiones)

c. Término de corrección (TC)

Es igual al cuadrado de la sumatoria total de todas las observaciones, dividida para el total de observaciones de todo el experimento.

$$TC = \frac{(\Sigma X_{ij})^2_{ij}}{r.t} = \frac{(359.3)^2}{16} = 8068.53$$

d. Suma de cuadrados total (SCT)

Se calcula sumando el cuadrado de todas las observaciones y restándole el término de corrección.

$$SCT = \Sigma X^2 ij - TC$$

SCT = 8086.17 - 8068.53 = **17,63**

e. Suma de cuadrados de tratamientos (SCt)

Se eleva al cuadrado los totales de cada tratamiento, que en este caso son las raciones; se suman estos valores, se divide para el número de repeticiones, y se le resta el término de corrección.

$$SCt = \frac{\Sigma X^2_{1t}}{r} - TC$$

SCt = 8084.84 - 8068.53 = **16.31**

f. Suma de cuadrados del error (SCe)

También llamada suma de cuadrados dentro de grupos, o suma de cuadrados residual; se la obtiene restando la suma de cuadrados de tratamientos de la suma de cuadrados total.

SCe = SCT - SCt

SCe = 17.63 - 16.31 = **1.31**

g. Resumen del ADEVA

FV	O2	SC	CM	FC	F0.05	F0.01
Tratamientos	3	16.311875	5.44	49.45	3.49	5.95
Error	12	1.3175	0.11			
Total	15					

h. Interpretación

Como Fc es mayor a F0,05 y a F0.01, existe diferencia estadística altamente significativa entre los promedios de los tratamientos, por lo que es necesario complementar el análisis con una prueba de Duncan.

Prueba de DUNCAN

SY= √CME /r

=0.11/4

=0.17

Valores de P		2	3
AES	0.05	3.08	3.23
	0.01	4.32	4.53

		2	3
RMS	0.05	0.52	0.55
	0.01	0.73	0.77

Ordenamiento

T2	T1	T3	T4
23.8	22.7	22.3	21

Comparación de Promedios

T2 vs T1	23.8 – 22.7	1.7	> 0.77	Altamente significativo
T2 vs T3	23.8 – 22.3	1.5	> 0.77	Altamente significativo
T2 vs T4	23.8 – 21	2.8	> 0.77	Altamente significativo
T1 vs T3	22.7 – 22.3	0.4	< 0,52	No significativo
T1 vs T4	22.7 – 21	1.7	> 0.77	Altamente significativo
T3 vs T4	22.3 – 21	1.3	> 0.77	Altamente significativo

Presentación de Resultados

Tratamiento	Promedio	Significación
II	23.8	a
I	22.7	b
III	22.3	c
IV	21	d

Interpretación de Resultados

En el crecimiento de las plantas, el mejor tratamiento fue el T2, seguido del tratamiento de T1, luego el T3, y quedando en último lugar al tratamiento T4.

9.4.2 Rendimiento de biomasa de los diferentes tratamientos en Kg

RENDIMIENTO DE BIOMASA (Kg)					
TRATAMIENTOS	**Unidades de Muestreo**				**Total en 7 UE**
	1	**2**	**3**	**4**	
T1 EM-A 0.1%	1.892	1.897	1.894	1.898	**13.265 Kg**
PROMEDIO	**1.895 Kg**				
T2 EM-A 0.25%	1.949	1.952	1.950	1.953	**13.657 Kg**
PROMEDIO	**1.951 Kg**				
T3 EM-A 0.5%	1.849	1.852	1.854	1.853	**12.964 Kg**
PROMEDIO	**1.852 Kg**				
T4 EM-A 0%	1.782	1.785	1.784	1.781	**12.481 Kg**
PROMEDIO	**1.783 Kg**				

a. Hipótesis estadísticas

$H_0 = \bar{X}_1 = \bar{X}_2 = \bar{X}_3 = \bar{X}_4$
$Hi = \bar{X}_1 \neq \bar{X}_2 \neq \bar{X}_3 \neq \bar{X}_4$

b. Modelo matemático

$Xij = u + Ti + eij$

En donde

i = 1…t (número de tratamientos)

j = 1… r (número de repeticiones)

c. Término de corrección (TC)

$$TC = \frac{(\Sigma X_{ij})^2_{ij}}{r.t} = \frac{(29925)^2}{16} = \mathbf{55.726}$$

d. Suma de cuadrados total (SCT)

$$SCT = \Sigma X^2 ij - TC$$

$$SCT = 56.029 - 55.969 = \mathbf{0.059}$$

e. Suma de cuadrados de tratamientos (SCt)

$$SCt = \frac{\Sigma X^2_{1t}}{r} - TC$$

$$SCt = 56.029 - 55.969 = \mathbf{0.059}$$

f. Suma de cuadrados del error (SCe)

SCe = SCT - SCt

SCe = 0.0603 - 0.0604 = **0.00015**

g. Resumen del ADEVA

FV	GL	SC	CM	FC	F0.05	F0.01
Tratamientos	3	0.059	0.020	4254.77	3.49	5.95
Error	12	0.00015	4.729			
Total	15					

h. Interpretación

Como Fc es mayor a F0,05 y a F0.01, existe diferencia estadística altamente significativa entre los promedios de los tratamientos, pero no se sabe cuál de ellos es mejor; por lo que es necesario complementar el análisis con una prueba de Duncan.

Prueba de DUNCAN

SY= √CME /r

=0.11/4

=0.17

Valores de P		2	3
AES	0.05	3.08	3.23
	0.01	4.32	4.53

		2	3
RMS	0.05	0.52	0.55
	0.01	0.73	0.77

Ordenamiento

T2	T1	T3	T4
1.951	1.895	1.852	1.783

Comparación de Promedios

T2 vs T1	1.951– 1.895	56	> 0.77	Altamente significativo
T2 vs T3	1.951–1.852	99	> 0.77	Altamente significativo
T2 vs T4	1.951–1.783	168	> 0.77	Altamente significativo
T1 vs T3	1.895– 1.852	43	> 0,77	Altamente significativo
T1 vs T4	1.895– 1.783	112	> 0.77	Altamente significativo
T3 vs T4	1.852– 1.783	69	> 0.77	Altamente significativo

Presentación de Resultados

Tratamiento	Promedio	Significación
II	1.951	a
I	1.895	b
III	1.852	c
IV	1.783	d

Interpretación de Resultados

En el rendimiento de biomasa, el mejor tratamiento fue el T2, seguido del tratamiento de T1, luego el T3, y quedando en último lugar al tratamiento T4.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

AREA AGROPECUARIA Y DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES

CARRERA DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA

9.5. Fotografías

Figura 1. Invernadero vista frontal

Figura 2. Fundición del contrapiso y revestimiento de paredes

Figura 3. Arroz cocinado sin sal

Figura 4. Captura de EM en suelo de montaña natural

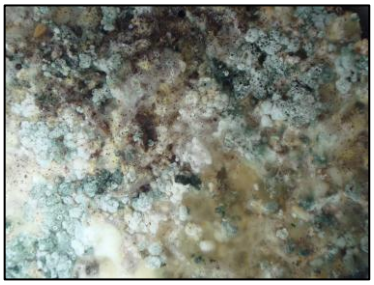

Figura 5. Arroz en descomposición por EM capturados

Figura 6. Activación de EM

Figura 7. Microorganismos eficientes activados (EM-A)

Figura 8. Remojo de semilla de avena

Figura 9. Pre germinación

Figura 10. Germinación

Figura 11. FVH de avena de 4 días de crecimiento

Figura 12. EM-A para aplicar en cultivo de FVH

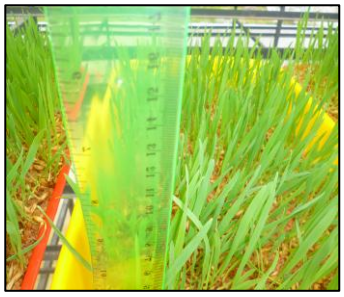

Figura 13. Medición de altura de las plantas, 7 días de crecimiento

Figura 14. FVH de avena a los 14 días de crecimiento

Figura 15. FVH de avena a los 21 días de crecimiento

Figura 16. Muestras de FVH de avena a los 21 días de crecimiento para análisis del contenido nutricional