



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA



Realizar Análisis bromatológico del forraje verde hidropónico producido con tres soluciones nutritivas para la alimentación del ganado bovino

Rodríguez Verdesoto, Jean Paul y Veloz Cando, Johan Marcelo

Departamento de Ciencias de la vida y la Agricultura

Carrera de Ingeniería Agropecuaria

Trabajo de integración curricular, previo a la obtención del título de Ingeniería
Agropecuaria

Ing. Romero Salguero, Edison Javier Mes.

27 de febrero del 2022

Reporte de verificación de contenido



RODRIGUEZ JEAN PAUL_VELOZ CANDO MARCELO

5% Similitudes

0% Texto entre comillas
0% similitudes entre comillas

< 1% Idioma no reconocido

Nombre del documento: RODRIGUEZ JEAN PAUL_VELOZ CANDO MARCELO.docx
ID del documento: 1bf313fd6d3d0936642405b2b3aedcc65200c082
Tamaño del documento original: 1,5 Mo

Depositante: FREDDY GERMÁN ENRÍQUEZ JARAMILLO
Fecha de depósito: 23/2/2023
Tipo de carga: interface
fecha de fin de análisis: 23/2/2023

Número de palabras: 5524
Número de caracteres: 34.788

Ubicación de las similitudes en el documento:



Fuentes principales detectadas

N°	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	dspace.ups.edu.ec Evaluación de tres niveles de fertilización en forraje verde hidro... http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/8154/1/UPS-C004907.pdf 2 fuentes similares	2%		Palabras idénticas : 2% (120 palabras)
2	repositorio.utc.edu.ec Efecto de la utilización de harina de zanahoria (Daucus caro... http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/70606/PC-000984.pdf.txt 4 fuentes similares	< 1%		Palabras idénticas : < 1% (25 palabras)
3	repositorio.espe.edu.ec Efecto de dos soluciones nutritivas en la producción y cali... http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/6807	< 1%		Palabras idénticas : < 1% (27 palabras)

Fuentes con similitudes fortuitas

N°	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	www.fao.org http://www.fao.org/3/ah472s/ah472s00.pdf	< 1%		Palabras idénticas : < 1% (29 palabras)
2	repositorio.espe.edu.ec Efecto de dos soluciones nutritivas en la producción y cali... http://repositorio.espe.edu.ec:8080/bitstream/21000/6807/5/T-ESPE-002476.pdf.txt	< 1%		Palabras idénticas : < 1% (21 palabras)
3	ciqa.repositorioinstitucional.mx https://ciqa.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1025403/1/Luis Angel Lopez Martinez.pdf	< 1%		Palabras idénticas : < 1% (20 palabras)
4	www.redalyc.org Efecto de la nutrición mineral sobre la producción de forraje ver... https://www.redalyc.org/journal/436/43654191005/html/	< 1%		Palabras idénticas : < 1% (17 palabras)
5	repositorio.utc.edu.ec Utilización de tres dietas alimenticias en base a forraje hidr... http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/800/1/T-UTC-1159.pdf	< 1%		Palabras idénticas : < 1% (13 palabras)



EDISON JAVIER ROMERO SALGUERO

Ing. Edison Javier Romero Salguero
Docente tutor



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA VIDA Y LA AGRICULTURA

CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA

Certificación

Certifico que el trabajo de integración curricular: **“REALIZAR ANÁLISIS BROMATOLÓGICO DEL FORRAJE VERDE HIDROPÓNICO PRODUCIDO CON TRES SOLUCIONES NUTRITIVAS PARA LA ALIMENTACIÓN DEL GANADO BOVINO”** fue realizado por los señores **Rodríguez Verdesoto, Jean Paul y Veloz Cando, Johan Marcelo** el mismo que cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, además fue revisado y analizada en su totalidad por la herramienta de prevención y/o verificación de similitud de contenidos: razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que se lo sustente públicamente.

Santo Domingo de los Tsáchilas, 27 de febrero del 2023

Firma:



Firmado electrónicamente por:
**EDISON JAVIER
ROMERO SALGUERO**

.....
Ing. Romero Salguero, Edison Javier Mgs.

C.C. 1715875751



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA VIDA Y LA AGRICULTURA

CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA

Responsabilidad de autoría

Nosotros, **Rodríguez Verdesoto Jean Paul y Veloz Cando Johan Marcelo**, con cédulas de ciudadanía N° **2350046179** y **2350584070**, declaramos que el contenido, ideas y criterios del trabajo de integración curricular: **"Realizar análisis bromatológico del forraje verde hidropónico producido con tres soluciones nutritivas para la alimentación del ganado bovino"** es de nuestra autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos, y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Santo Domingo de los Tsáchilas, 27 de febrero del 2023

Firmas:

Rodríguez Verdesoto Jean Paul

C.C: 2350046179

Veloz Cando Johan Marcelo

CC.: 2350584070



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA VIDA Y LA AGRICULTURA

CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA

Autorización de publicación

Nosotros, **Rodríguez Verdesoto Jean Paul y Veloz Cando Johan Marcelo**, con cédulas de ciudadanía N° **2350046179** y **2350584070**, autorizamos a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de integración curricular: **"Realizar análisis bromatológico del forraje verde hidropónico producido con tres soluciones nutritivas para la alimentación del ganado bovino"** en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra responsabilidad.

Santo Domingo de los Tsáchilas, 27 de febrero del 2023

Firmas:

.....
Rodríguez Verdesoto Jean Paul

C.C: 2350046179

.....
Veloz Cando Johan Marcelo

CC.: 2350584070

Dedicatoria

A mi madre Amparito, quien ha sido el pilar fundamental en mi vida, por su esfuerzo, por su apoyo y amor incondicional que siempre ha estado conmigo.

A mi padre Yinson, por nunca dejarme solo, por brindarme sus consejos, conocimientos, apoyo durante toda mi vida y mi carrera.

A hermano Samir, quien ha sido parte de mi inspiración a ser alguien mejor.

A mis abuelitos Carmelina y Cristóbal, por su amor y siempre cuidarme, se que desde el cielo seguirán haciendo.

Jean Paul.

Este trabajo de titulación va dedicado en primer lugar a mi madre Carmen Cando, por haber sido mi ejemplo a seguir, mi padre Marcelo Veloz y a mi hermana Erika Veloz, por ser siempre el apoyo incondicional durante el transcurso de este proceso, quienes me han motivado día a día para no rendirme y seguir adelante a pesar de todas las dificultades que se han presentado, ya que sin ellos no hubiera sido posible cumplir con esta meta.

Johan Veloz.

Agradecimiento

Agradezco a mis padres, quienes con su esfuerzo me han permitido llegar a este momento y culminar mi carrera, gracias por siempre ser mi apoyo en todo. Este logro es para ustedes.

A toda mi familia que siempre me ha apoyado.

Al Ingeniero Edison Javier Romero, por ser parte de todo este proceso, por su conocimiento y guía para poder culminar este trabajo.

A Robinson y Kevin, por su amistad y consejos; a Andrea, por su cariño quien me ha apoyado en momentos difíciles.

Por último, a Luis, Andreina, Dome, Alisson quienes me han ayudado en todo momento, gracias.

Jean Paul.

En primer lugar, agradezco a Dios por haberme permitido culminar con este proceso.

A mis padres por todo el sacrificio que ha realizado sin importar las condiciones y circunstancias que se han presentado, a mi hermana que ha estado para apoyarme y aconsejarme siempre.

A mis familiares cercanos que de una u otra forma han estado para ayudarme en cualquier situación que he necesitado.

Agradezco al Ingeniero Edison Javier Romero que con sus conocimientos ha sido la guía para que este proyecto haya sido posible y haberme permitido participar en él.

También agradezco a mis amigos/as con los cuales he compartido muchos momentos durante esta etapa que será recordada.

Johan Veloz.

Índice de contenido

Carátula.....	1
Reporte de verificación de contenido	2
Certificación	3
Responsabilidad de autoría.....	3
Autorización de publicación.....	5
Dedicatoria	6
Agradecimiento.....	8
Índice de contenido.....	10
Índice de ilustraciones	14
Índice de tablas.....	15
Resumen.....	16
Abstract.....	17
Capítulo I.....	18
Introducción.....	18
Objetivos	19
Objetivo general	19
Objetivos específicos	19
Capítulo II.....	20
Revisión de literatura	20
Forraje Verde Hidropónico (FVH).....	20

Generalidades del FVH	20
Ventajas y desventajas del FVH.....	21
Ventajas.....	21
Desventajas.....	22
Factores que influyen en la producción de FVH	22
Etapas de producción del forraje verde hidropónico	23
Lavado y desinfectado de las semillas	24
Pregerminado o siembra directa de las semillas	24
Ubicación de las semillas en las charolas para FVH.....	24
Riego.....	25
Cosechar el Forraje	25
El cultivo de maíz en hidroponía.....	25
Contenido nutricional del maíz hidropónico	26
Soluciones nutritivas	26
Alimentación de diferentes tipos de animales con FVH de maíz.....	28
Producción de biomasa del FVH de maíz.	29
Análisis bromatológico del FVH de maíz.....	29
Capítulo III.....	30
Metodología	30
Ubicación del área de investigación	30
Ubicación Política	30

Ubicación Geográfica	30
Ubicación Ecológica	31
Materiales	32
Materiales de laboratorio	32
Materiales de campo	32
Métodos	33
Diseño Experimental	33
Croquis del diseño	34
Análisis estadístico	35
Variables evaluadas	36
Métodos Específicos del Manejo	37
Fase de laboratorio	37
Elaboración de soluciones nutritivas	37
Fase de campo	37
Preparación de la semilla (material de siembra)	38
Procedimiento de germinación	38
Procedimiento de producción	39
Capítulo IV	40
Resultados y Discusión	40
Calidad de la semilla de maíz	40
Altura de la planta	41

Examen bromatológico	43
Costos	44
Proyección de costos por año.....	46
Capítulo V	47
Conclusiones.....	47
Recomendaciones	48
Capítulo VI	49
Bibliografía	49

Índice de ilustraciones

Figura 1 Ubicación del sitio de investigación	31
Figura 2 Croquis de distribución de unidades experimentales	34
Figura 3 Diseño de la estructura para la producción de FVH.....	38
Figura 4 Evolución de la altura promedio por tratamiento en relación a los días de corte	42

Índice de tablas

Tabla 1 Parámetros que influyen directamente en la producción de FVH.....	23
Tabla 2 Rango de días respecto a la etapa fenológica del maíz de hidroponía.....	25
Tabla 3 Concentración promedio de nutrientes para maíz y sorgo en FVH.....	27
Tabla 4 Soluciones concentradas para hidroponía	27
Tabla 5 Suministro en kg de forraje verde hidropónico de maíz para diferente tipo de ganado de pastoreo	28
Tabla 6 Composición bromatológica promedio de FVH de maíz de 15 días desde la germinación.....	29
Tabla 7 Identificación de los tratamientos evaluados.....	33
Tabla 8 Análisis de varianza	35
Tabla 9 Dosis de las diferentes soluciones nutritivas para la producción de FVH	39
Tabla 10 Análisis de varianza de la variable altura de planta, evaluando el maíz con tres soluciones nutritivas.....	41
Tabla 11 Análisis bromatológico a los días 15, 18, 21 del FVH producido con la solución nutritiva comercial.....	43
Tabla 12 Costos de la estructura utilizada para la producción de FVH	44
Tabla 13 Costo de estructura por cosecha de FVH	45
Tabla 14 Costo para producción de FVH	45
Tabla 15 Costo por cosecha de FVH producido.....	45
Tabla 16 Proyección de costos por año para la producción de FVH.....	46

Resumen

El Forraje Verde Hidropónico (FVH) es un sistema de producción de biomasa vegetal de alta calidad nutricional que se logra a partir de la germinación rápida de semillas de especies forrajeras (maíz, sorgo, maní, etc), el objetivo del presente ensayo es realizar análisis bromatológico del forraje verde hidropónico producido con tres soluciones nutritivas para la alimentación del ganado bovino. El desarrollo de la tesis fue en la parroquia Luz de América, dentro de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, para ello se realizó una estructura metálica donde se colocó 27 bandejas de acero inoxidable para la siembra de 60 x 40 cm, dentro de estas se sembró 1,5kg de semilla d maíz, la cual previamente se clasificó para retirar impurezas y semillas defectuosas, además se desinfectó con un solución de cloro al 1%, las semillas se pasó por un proceso de oreo para promover la germinación, luego de la siembra se cubrió con un plástico negro por 6 días. Durante la producción de FVH, se aplicaron 3 tratamientos con soluciones nutritivas, las cuales fueron; T1: Solución elaborada, T2: solución comercial y T3: solución orgánica, se realizó riegos con un aspersor manual, se evaluó la altura de los 3 tratamientos en los días 6,15, 18, 21, además se realizó el análisis bromatológico del tratamiento con mejor desarrollo en los mismos días de corte. En los resultados se obtuvo que en base de la altura evaluada mediante un análisis estadístico, presentó el T2 mejor desarrollo y además con el análisis bromatológico se determinó que el contenido de proteína fue mayor al día 18 con un 15,22%, por lo que se concluyó que el mejor día para hacer el corte es en el día 18 ya que es donde el animal va a aprovechar más el FVH producido.

Palabras Claves. Hidropónico, Germinación, Análisis Bromatológico, Soluciones nutritivas, Maíz.

Abstract

Hydroponic green fodder (HVF) is a system of production of vegetable biomass of high nutritional quality that is achieved from the rapid germination of seeds of forage species (corn, sorghum, peanuts, etc.), the objective of this trial is to perform bromatological analysis of hydroponic green fodder produced with three nutrient solutions for cattle feeding. The development of the thesis was in the parish Luz de America, within the University of the Armed Forces ESPE, for it was made a metal structure where 27 stainless steel trays were placed for planting of 60 x 40 cm, inside these were planted 1.5kg of corn seed, The seed was previously classified to remove impurities and defective seeds, and was disinfected with a 1% chlorine solution. The seeds went through an airing process to promote germination, and after sowing they were covered with black plastic for 6 days. During the production of FVH, 3 treatments with nutritive solutions were applied, which were: T1: elaborated solution, T2: commercial solution and T3: organic solution, irrigation was carried out with a manual sprinkler, the height of the 3 treatments was evaluated on days 6, 15, 18, 21, and the bromatological analysis of the treatment with the best development was carried out on the same days of cutting. The results showed that based on the height evaluated by statistical analysis, T2 presented the best development and also with the bromatological analysis it was determined that the protein content was higher on day 18 with 15.22%, so it was concluded that the best day to make the cut is on day 18 since it is where the animal will take more advantage of the FVH produced.

Key words: Hydroponics, Germination, Bromatological analysis, Nutrient solutions, Corn.

Capítulo I

Introducción

El Forraje Verde Hidropónico (FVH) es un sistema de producción de biomasa vegetal de alta calidad nutricional que se logra a partir de la germinación rápida de semillas de especies forrajeras (maíz, sorgo, maní, etc) (Juárez López et al., 2013). El FVH brinda una serie de ventajas, como la utilización de espacios con áreas pequeñas, la producción en cualquier época del año y en cualquier localidad. El FVH tiene la peculiaridad de ser producido en ausencia del suelo en condiciones controlables, en corto tiempo se obtiene un alimento de alta sanidad.

La limitación de la producción bovina se ve influenciada por el desconocimiento de alternativas alimenticias, continuando con la producción de manera tradicional (Casa Hernández, 2008). La serie de cambios climáticos producidos durante los últimos años en el país, ha conseguido estancar la producción forrajera de forma tradicional.

Para no disminuir la actividad ganadera mejorando o manteniendo los recursos disponibles se debe implementar un sistema de producción agropecuario sostenible. A fin de frenar la degradación de tierras y al buscar producir se encuentran oportunidades sustentables y sostenibles en donde se disminuye el uso de los recursos naturales, de ahí nace las alternativas como los forrajes verdes hidropónicos (Jacome Quinaluisa, 2018).

Dentro de las variedades forrajeras el maíz destaca por su disponibilidad, rápido crecimiento, lo que refleja rendimientos altos (Elizondo y Boschini, 2002), siempre y cuando las condiciones mínimas sean las óptimas. La producción de FVH resulta una alternativa propicia para evadir las dificultades encontradas en tiempos de verano, donde la escasez de precipitaciones es un factor limitante para la producción de pasto de forma tradicional (Morales

et al., 2012). Dentro de los valores normales, el maíz producido de forma tradicional alcanza un 8,8% de contenido de proteína mientras que si se emplea el sistema de FVH llega a 14,80% de contenido proteico (Jacome Quinaluisa, 2018).

Objetivos

Objetivo general

Realizar análisis bromatológico del forraje verde hidropónico producido con tres soluciones nutritivas para la alimentación del ganado bovino

Objetivos específicos

Evaluar el desarrollo del forraje de maíz (*Zea mays* L.) hidropónico a diferentes tiempos de corte.

Determinar la mejor solución nutritiva en base a las características organolépticas y físicas del maíz hidropónico producido.

Establecer un análisis de costo de producción de maíz hidropónico

Hipótesis

Ho: La interacción de las soluciones nutritivas en la producción de maíz hidropónico no tiene diferencia significativa entre los tratamientos aplicados.

Ha: La interacción de las soluciones nutritivas en la producción de maíz hidropónico presenta diferencia significativa entre los tratamientos aplicados

Capítulo II

Revisión de literatura

Forraje Verde Hidropónico (FVH)

La producción de forraje verde hidropónico (FVH) es un sistema de cultivo forrajero de alto rendimiento que requiere de poco espacio y de una mínima cantidad de agua por ciclo del forraje. Esto representa una alternativa para la alimentación de animales estabulados o en lugares de explotación ganadera donde presenten limitaciones en cuanto a la disponibilidad de agua o tierras de cultivo. Se puede emplear FVH en ganadería intensiva, a precios que pueda competir en el mercado, también se puede incluir el sistema extensivo o de pastoreo rotativo, donde el uso de FVH puede suplementar la escasez de alimento de calidad durante la época seca, según (Cobeña, 2021).

Generalidades del FVH

Según Morales et al, (2020), el FVH es el producto de la germinación de semillas forrajeras, donde se limita el desarrollo de las plántulas obtenidas en un tiempo que varía de 10 a 15 días. Gracias a esto se obtiene un alimento de alta digestibilidad y buena calidad nutricional para animales de pastoreo. López, (2005) indica que las especies forrajeras más utilizadas son el trigo, maíz, avena, sorgo, cebada, pasto marandú y saboya, siendo una fuente de alimento óptima para animales de pastoreo destinados a la producción de carne y leche.

Ventajas y desventajas del FVH

Ventajas

Las ventajas principalmente se basan en la optimización de fuentes alimenticias para ganado, gracias a la producción programada de acuerdo a las necesidades surgidas en el momento, logra reemplazar los suplementos adquiridos como piensos, heno, pasteles de proteínas, etc. Es un producto de alta digestibilidad y calidades nutricionales, excepcionalmente apto para la alimentación animal, (Amaguaña, 2012).

Mirabá, (2015), manifiesta que los forrajes verdes hidropónicos se pueden producir en cualquier clima y época del año con un alto ahorro de agua y bajo condiciones controladas, adicionalmente, se logra un aumento en la producción de leche con aumentos del 12 al 20% de la producción promedio normal de un establecimiento. Permite un adecuado manejo de la estabulación del ganado. Es muy apetecido por los animales, además al estar en época temprana de desarrollo vegetativo, el FVH provee enzimas digestivas que ayudan a una mejor asimilación del resto de la ración, teniendo incluso efectos de insalivación por parte del animal que le permite digerir con mayor facilidad.

Orellana, (2015) destaca como ventaja el alto contenido nutricional que provee los FVH, tiene un alto contenido de proteína y logra aportar una gran cantidad de vitaminas y minerales a los animales, como complejo B, vitaminas A, E y C, por el alto contenido de carotenos de los forrajes hidropónicos en general. Gracias a estas vitaminas, se ha registrado en vacas lecheras un aumento en la fertilidad, dado que el periodo de descanso después del parto o el periodo de vientre vacío, pasa de 4 – 5 meses a 2 meses aproximadamente, por el suministro rico en vitamina E que puede acelerar la involución uterina. Además, da solución a problemas con el alto costo de producción generado por la adquisición de suplementos proteínicos.

Tomalá, (2021) por su parte, destaca las ventajas a nivel de optimización de recursos, en los forrajes verdes hidropónicos se reducen las pérdidas de agua por evapotranspiración, escurrimiento e infiltración, en comparación con la producción convencional de pastos y forrajes. En términos de rendimiento de agua, la producción de 1 kg de FVH, independientemente de las especies forrajeras, requiere de 2 a 3 litros de agua, con un porcentaje de materia seca entre un 12% a 18%, lo que se traduce en un consumo total de 15 a 20 litros de agua por kilogramo de materia seca obtenida a los 14 días.

Desventajas

Las desventajas descritas por Mirabá, (2015) y Tomalá, (2021), son sobre la sobrevaloración de la tecnología, es decir la desinformación acerca de las soluciones minerales que debe existir para un correcto desarrollo de las plántulas, además de los escasos o vagos conocimientos que tienen los productores acerca de la producción de cultivos en hidroponía. Su costo de fabricación e instalación inicial es alto, aun así, con estructuras denominadas invernáculos hortícolas comunes, se logran buenos resultados a bajo costo.

Factores que influyen en la producción de FVH

Existen varios factores a tomar en cuenta para la producción de forrajes verdes hidropónicos, los más influyentes son las condiciones climáticas o que debe existir dentro del ambiente controlado donde se desarrollen las plántulas, que, por lo general, es un ambiente rustico adecuado a las necesidades de producción de forrajes verdes hidropónicos y al espacio disponible para su fabricación. A continuación, en la siguiente tabla se destacan los parámetros más importantes para una correcta producción de FVH.

Tabla 1*Parámetros que influyen directamente en la producción de FVH*

Parámetro	Rangos óptimos	Observaciones
Luminosidad	2,800 - 40,000 luxes	La semilla debe estar en oscuridad por 2 días. Se puede implementar sombra del 25% y 35 %, la exposición a la luz debe ser bajo cubierta plástica de color blanco y ayudar con iluminación eléctrica por un total de 12 a 15 horas, no exponer a sol directo.
Temperatura	18 – 26°C	Temperaturas altas influye en la proliferación de hongos dentro del invernadero, temperaturas bajas limitan el crecimiento.
Humedad relativa	65 – 80%	Para lograr una humedad en estos rangos, lo ideal es trabajar dentro de un invernadero con anaqueles y con un sistema de riego por aspersión o por nebulizado.
Aireación	Flujo de aire continuo	Si hay poco movimiento de aire dentro del invernadero, se le estará proporcionando poco carbono a nuestro Forraje Verde Hidropónico.
Calidad de semilla	90-100% de germinación	Determinado por la pureza de la semilla adquirida, se debe cumplir estos rangos para evitar pérdidas del 20% en el rendimiento forrajero.
pH del agua de riego	5,5 – 6,2	Forrajes de leguminosas toleran hasta 7,2 de acidez, no superar esos rangos para evitar daños permanentes en las raíces.
Conductividad eléctrica del agua de riego	1,5 - 2,0 ms/cm de sales disueltas	Evitar el uso desmedido de sales minerales dentro de la solución hidropónica, manejarse a un rango de 50 a 150 mg de cloruros por litro de agua.

Nota: Los rangos establecidos fueron tomados de varias fuentes: (Amaguaña, 2012), (Cobeña, 2021) y (Villota Camacho, 2013)

Etapas de producción del forraje verde hidropónico

Según Ramírez & Soto, (2017), las etapas para la producción de FVH son el lavado y desinfectado de semillas, el pregerminado y siembra de las semillas en charolas, la administración de riego y la cosecha del forraje, estas etapas se describen a continuación.

Lavado y desinfectado de las semillas

Primero se purifica la semilla, sumergiendo dentro de un contenedor y eliminando todo residuo o semilla que flote, porque son de mala calidad, luego se desinfecta con 2 ml de hipoclorito de sodio diluido por cada litro de agua, para eliminar esporas y residuos de hongos o bacterias presentes, se deja en inmersión bajo esta solución por 15 minutos, luego de ese tiempo sacar las semillas, enjuagarlas con agua (Ramírez & Soto, 2017).

Pregerminado o siembra directa de las semillas

En esta etapa se tiene en consideración el rompimiento de latencia de las semillas, para el caso de semillas comerciales de maíz, avena y cebada, con el paso anterior es suficiente para el rompimiento de latencia, además de mantener un adecuado control de la temperatura, humedad y aireación durante la pregerminación, donde se visualiza diariamente el porcentaje de germinación de todo el lote de semillas, observando la aparición de la radícula de una muestra del total del lote de semillas, si alcanza más del 90% al segundo día, está listo para pasar a las charolas, (Ramírez & Soto, 2017).

Ubicación de las semillas en las charolas para FVH

Después de la pregerminación, se ubica las semillas en las charolas destinadas para FVH, que son bandejas especializadas con una base sólida donde se mantiene una solución nutritiva. Dichas bandejas deben estar desinfectadas previamente, con un lavado de inmersión en 1ml de cloro por litro de agua durante 15 minutos, para evitar la proliferación de enfermedades, luego se enjuaga con abundante agua para eliminar residuos de cloro.

Riego

Luego de la siembra, las charolas deben ser colocadas en un sitio destinado para el desarrollo vegetativo, se aplica riego permanente, de 4 a 8 riegos diarios, realizando ciclos de riego un minuto cada vez. Este factor depende directamente del sitio donde se desarrolla el FVH, en lugares cálidos o de 0 a 800 msnm, los riegos deben ser más frecuentes y bien distribuidos a lo largo del día (Ramírez & Soto, 2017).

Cosechar el Forraje

Luego de que el forraje alcanza en promedio los 25 cm de altura, se retira de las charolas, donde se visualiza un tapete radicular debido a la alta densidad de simbra, todo el material vegetal desde las raíces hasta la parte vegetativa es alimento para los animales, por lo que una vez retirado de la bandeja, debe suministrarse al instante (Ramírez & Soto, 2017).

El cultivo de maíz en hidroponía

El maíz en general es un pienso o forraje vivo que se suministra a varios animales de granja, debido a que obtiene buenas cantidades de materia seca, además de la alta palatabilidad por parte del animal. En hidroponía el maíz se obtiene a partir de la germinación y crecimiento temprano de las plántulas, con un máximo estimado de 10 a 15 días para suministrarlo como alimento forrajero, ya que en esos días se encuentra con un alto contenido de proteína bruta y los carotenos presentes en las hojas contienen altas concentraciones de vitamina E y C, según (Mejía & Reyes, 2020).

Tabla 2

Rango de días respecto a la etapa fenológica del maíz de hidroponía

Etapa fenológica del maíz	Días
---------------------------	------

Siembra	1
Germinación	2 – 4
Desarrollo vegetativo 1	5 – 9
Desarrollo vegetativo 2	10 – 15

Obtenido de: (Mera, 2018)

Contenido nutricional del maíz hidropónico

Mirabá, (2015) menciona que las mejores propiedades nutritivas del maíz forrajero en hidroponía, no debe superar los 15 días desde la siembra, de lo contrario, mermará el contenido de proteína de manera significativa. De manera general se hace mención de los rangos más importantes que se toman en cuenta para la medición de la calidad del maíz forrajero como FVH:

- La materia seca entre un 8.8 a un 13.4%.
- La proteína cruda de 18.3 a 26.3%.
- Nutrientes digeribles totales en un 80% aproximadamente.

Soluciones nutritivas

Narvaez & Guerrero, (2022) afirman que la solución nutritiva esta constituida por 13 elementos esenciales, entre macro y microelementos. Con esta base se plantea una formula para llegar a la solución nutritiva adecuada de manera general y suplementando los requerimientos nutricionales de cada especie forrajera para hidroponia, donde se debe preparar 3 soluciones concentradas, una solución concentrada A donde se incorporan los macronutrientes N-P-K, otra solución concentrada B, donde se incorporan fertilizantes ricos en calcio, azufre, magnesio y hierro, y la solución concentrada C donde lo componen los microelementos esenciales, según (Orellana, 2015).

Tabla 3

Concentración promedio de nutrientes para maíz y sorgo en FVH

Fuente fertilizante	Nutrientes (mg/l)							
	N	P	K	Ca	Mg	S	Fe	Micro
Solución nutritiva a base de fertilizantes minerales	207	83	178	81	71	90	10	65

Nota: la solución nutritiva base es bajo los requerimientos nutricionales del maíz y sorgo,

Obtenido de (Narvaez & Guerrero, 2022)

Villota (2013), menciona una solución nutritiva para la utilización de sistemas hidropónicos. Donde se incorpora la metodología de las soluciones concentradas A, B y C, aunque también indican que en hidroponía es común el empleo de las soluciones concentradas A y B.

Tabla 4

Soluciones concentradas para hidroponía

Solución concentrada A: (para 5 litros de agua, volumen final)	Pesos
Nitrato de potasio	550 g
Nitrato de amonio	350 g
Superfosfato triple	180 g
Solución concentrada B: (para 2 litros de agua, volumen final)	Pesos
Sulfato de magnesio	220 g
Quelato de hierro al 6%	17 g
Solución de Micronutrientes	400 ml
Solución concentrada C: Micronutrientes para 1 litro de agua	Pesos
Sulfato de magnesio	5 g
Ácido bórico	3 g
Sulfato de zinc	1,7 g
Sulfato de cobre	1 g
Molibdato de amonio	0,2 g

Obtenido de: (Villota Camacho, 2013)

Alimentación de diferentes tipos de animales con FVH de maíz

El forraje verde hidropónico de maíz tiene una alta digestibilidad y es palatable para la mayoría de animales de pastoreo, a continuación, se muestran las cantidades de suministro del FVH de maíz para diferentes animales.

Tabla 5

Suministro en kg de forraje verde hidropónico de maíz para diferente tipo de ganado de pastoreo

Tipo de ganado	Etapa o finalidad para el suministro	Cantidad de FVH (kg) al día
Ovino	Gestación	2,5
	Lactancia	3,5 – 4
	Borregos de engorde	3
	Corderos	1
	Carneros	2,5
Bovino	Toretas de levante	13
	Toretas de engorde	17
	Vacas lecheras	12 – 18
	Vaonas	4,5
	Reproductores	18 – 20
Cuyes y Conejos	Cuy de 500 a 800 g de PV	0,15 – 0,24
	Conejo de 500 a 800 g de PV	0,12 – 0,25

Nota: PV: peso vivo, los rangos establecidos fueron tomados de las siguientes fuentes: (Ramírez & Soto, 2017).

Mejía & Reyes, (2020) indican que el ganado caprino por tener un rumen pequeño, el tránsito de alimento es muy rápido, comparado con el ganado ovino y bovino, la ingesta de alimentos es muy alta y la digestibilidad de estos animales es baja, por lo tanto, estas condiciones limitan el acceso a una adecuada alimentación con FVH de maíz, pues lo

desperdiciarían. En el caso del equino, solo es recomendable para caballos de exhibición, ya sea de paso o reproductores, donde se suministra 18 kg de FVH de maíz al día.

Producción de biomasa del FVH de maíz.

Según Ramírez & Soto, (2017), la conversión de semilla de maíz a forraje tiene una relación de 1:12, siempre y cuando se maneje adecuadamente la germinación, se seleccione una buena calidad de semillas, entre otros factores. El maíz en FVH alcanza una altura de 20 cm a los 15 días recomendados, aunque según comenta Amaguaña, (2012), el maíz logra alturas de 23,33 cm con una densidad de siembra de 3 kg/m². La producción estándar de biomasa del maíz según Narvaez & Guerrero, (2022) es de 17,65 kg/m² en biomasa fresca y de 4,56 kg/m² en biomasa seca, con alturas de plantas de 20 a 26 cm aproximadamente, obtenida de 15 a 20 días.

Análisis bromatológico del FVH de maíz

La calidad del forraje verde hidropónico en general se determina mediante un análisis bromatológico, donde se miden variables de manera porcentual en materia seca (%MS), proteína bruta (%PB), fibra detergente ácido (%FDA), fibra detergente neutra (%FDN), Contenido de humedad (%H), % de digestibilidad y % de cenizas. Determinar la calidad bromatológica es de suma importancia, debido a que interviene en aspectos relacionados con la nutrición de los animales y la productividad de los mismos (Salvador Castillo et al., 2022)

Tabla 6

Composición bromatológica promedio de FVH de maíz de 15 días desde la germinación

Composición bromatológica	Cantidad (%)
Proteína bruta (PB)	9,22
Humedad (H)	63,05

Fibra detergente ácida (FDA)	18,89
Fibra detergente neutra (FDN)	40,21
Digestibilidad <i>in vitro</i> de la materia seca (DIVMS)	66,50
Cenizas	1,84

Nota: Los valores porcentuales obtenidos son en promedio de las investigaciones realizadas en composición bromatológica de FVH de maíz de las siguientes fuentes: (Mirabá, 2015), (Mera, 2018) y (Narvaez & Guerrero, 2022).

Capítulo III

Metodología

Ubicación del área de investigación

Ubicación Política

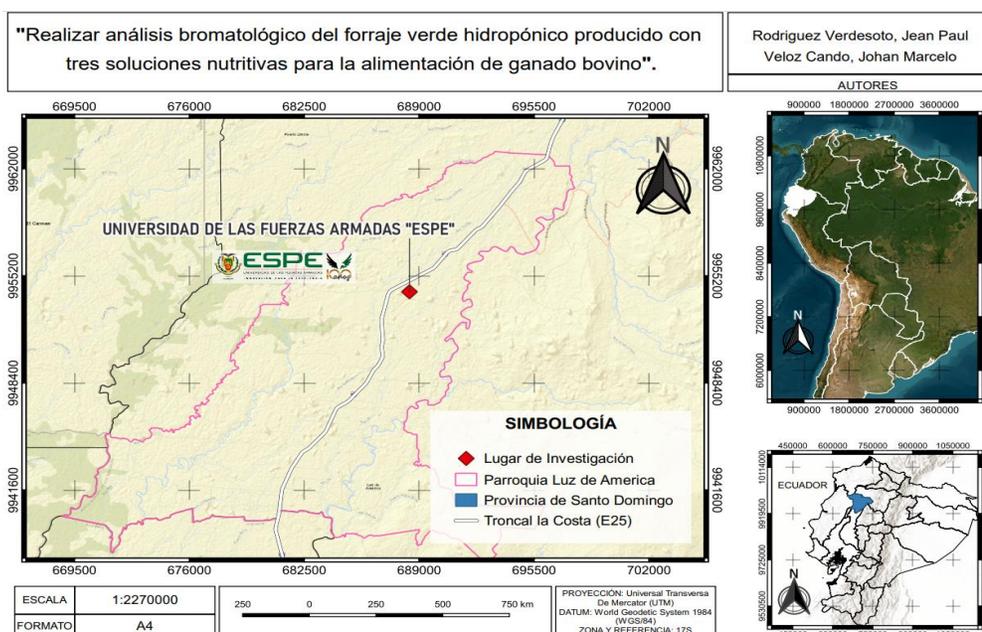
- País: Ecuador
- Provincia: Santo Domingo de los Tsáchilas
- Cantón: Santo Domingo
- Parroquia: Luz de América
- Dirección: Km 24 vía Santo Domingo-Quevedo

Ubicación Geográfica

El proyecto de titulación se llevó a cabo en las instalaciones de la Universidad de las Fuerzas Armadas “ESPE” sede Santo Domingo, específicamente en el área del invernadero.

Figura 1

Ubicación del sitio de investigación



Nota: Ubicación geográfica del lugar donde se instaló y realizó la investigación

Ubicación Ecológica

- Clima: Bosque Húmedo Tropical
- Temperatura: 24-26 C
- Humedad: 89%
- Pluviosidad: 2980 mm anuales
- Altitud: 270 msnm
- Heliofanía: 660 horas de luz

Materiales

Materiales de laboratorio

Elaboración de soluciones nutritivas.

Insumos:

- Nitrato de amonio
- Nitrato de potasio
- Superfosfato triple
- Sulfato de magnesio
- Quelato de hierro 6%
- Solución micronutrientes

Materiales

- Recipientes plásticos

Materiales de campo

Producción de FVH

- Estructura para FVH
- Bandejas metálicas 60x40cm
- Plástico negro
- Bomba de aspersión manual

Toma de datos

- Balanza analítica

- Esferográfico
- Libreta de campo

Métodos

Diseño Experimental

Factor a probar

Los factores a probar en la investigación fue el tipo de solución nutritiva para la producción de FVH y el tiempo de corte

Tratamientos a evaluar

Tabla 7

Identificación de los tratamientos evaluados

Tratamientos	Descripción
T1	Solución nutritiva elaborada
T2	Solución nutritiva comercial
T3	Solución nutritiva orgánica

Nota. Tratamientos evaluados

Tipo de diseño. Se inició con un DBCA (Diseño Bloques Completamente al Azar)

Repeticiones. En esta investigación se tuvo tres repeticiones por cada tratamiento evaluado

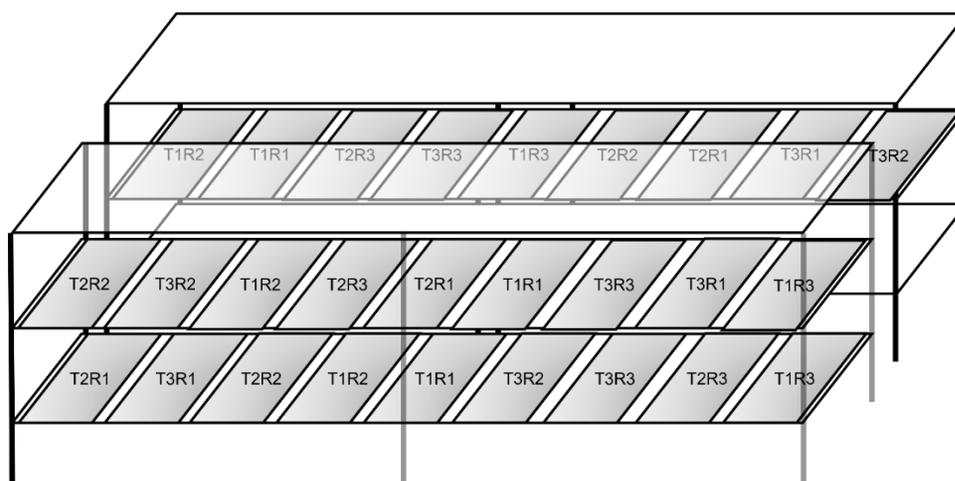
Características de las UE

Número de unidades experimentales	:	27
Forma de unidad experimental	:	Rectangular
Ancho de unidad experimental	:	0,4 m
Largo de la unidad experimental	:	0,6 m
Área de la unidad experimental	:	0,24 m ²
Área neta del ensayo	:	6,48 m ²
Área total del ensayo	:	21 m ²

Croquis del diseño

Figura 2

Croquis de distribución de unidades experimentales



Análisis estadístico

La investigación contó con tres tratamientos de estudio, cada uno con tres observaciones.

Tabla 8

Análisis de varianza

Fuentes de variación	Grados de libertad
Soluciones nutritivas	2
Bloque	2
Día	2
Soluciones*Día	4
Error experimental	70
Total	80

Nota. Análisis de varianza del estudio

Coefficiente de variación

Para determinar el coeficiente de variación se utilizó la siguiente fórmula:

$$CV = \frac{\sqrt{CM_e}}{\bar{x}} * 100$$

Donde:

CV = Coeficiente de variación

$\sqrt{CM_e}$ = Cuadrado medio del error experimental

\bar{x} = Media general del experimento

Variables evaluadas

Calidad de la semilla de maíz. Se pesó 200g de semilla del maíz utilizado y se realizó los siguientes cálculos:

$$\text{Porcentaje de pureza} = \frac{\text{peso de la semilla pura}}{\text{peso total de la muestra}} \times 100$$

$$\text{Porcentaje de germinación} = \frac{N^{\circ} \text{ semillas germinadas}}{N^{\circ} \text{ semillas sembradas}} \times 100$$

$$\text{Valor cultural} = \frac{\% \text{ pureza} \times \% \text{ germinación}}{100}$$

Altura de la planta. Se realizó el control de altura de todas las bandejas seleccionando 5 plantas al azar, cuya medida incluirá la longitud del tallo más la longitud de follaje a los 6, 15, 18 y 21 días.

Análisis bromatológico. El análisis se lo realizó a los 15, 18, 21 días del tratamiento que presento mejores características, para esto se seleccionó 1kg de muestra y se envió al laboratorio.

Métodos Específicos del Manejo

Fase de laboratorio

Elaboración de soluciones nutritivas.

Para la elaboración de la solución nutritiva se consideró la compatibilidad de los componentes de la solución madre, ya que pueden crear precipitados los sulfatos, quelatos de hierro, es por ello que se realizó dos soluciones madres una de nitratos y una de quelatos de hierro y sulfatos, que luego fueron implementados en el sistema, las soluciones fueron tomadas del estudio de (Villota Camacho, 2013).

Solución nutritiva A

- Nitrato de amonio 550g
- Nitrato de potasio 350g
- Superfosfato triple 180g

El volumen final de la solución A fue de 5 litros

Solución nutritiva B

- Sulfato de magnesio 220g
- Quelato de hierro 6% 17g
- Se elaboró una solución de micronutrientes 400ml

El volumen final de la solución B fue de 2 litros

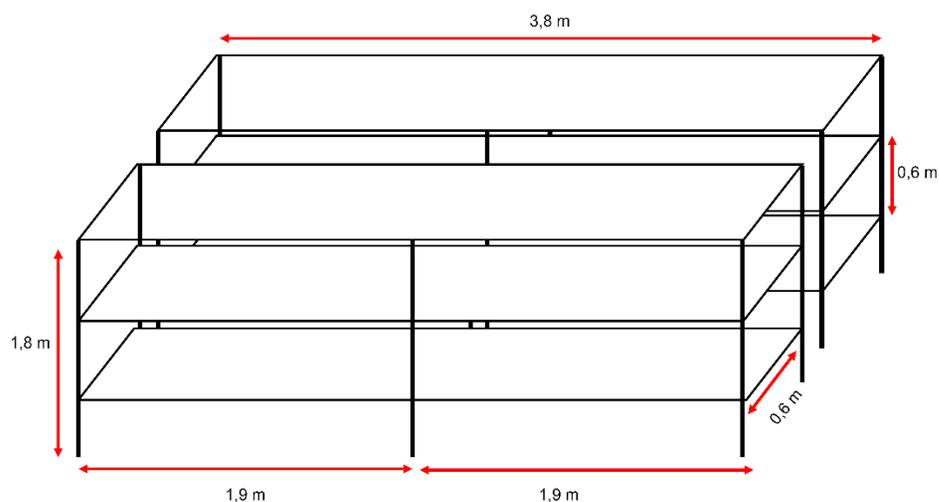
Fase de campo

Estructura para FVH.

Se diseñó la estructura en base al espacio requerido para la producción de FVH, se tomó en cuenta la durabilidad del material utilizado, quedando de la siguiente manera:

Figura 3

Diseño de la estructura para la producción de FVH



Preparación de la semilla (material de siembra).

Se eliminó las semillas que presentaban anomalías (semillas partidas, podridas, con hongos) y demás impurezas para tener un mejor material para trabajar. Se lavó las semillas con agua para eliminar impurezas y polvo que se encontraban en las semillas. Una vez retirado el polvo y las impurezas se procede a desinfectar las semillas con una solución de hipoclorito de sodio al 0,001% durante dos horas. Por consiguiente, se realizó un segundo lavado para eliminar los restos de cloro. Luego se colocó las semillas en un tanque para dejar en imbibición durante 24 horas

Procedimiento de germinación

Se colocó las semillas en baldes de oreo debidamente tapados por un período de 48 horas. La etapa de germinación empezó después del oreo, cuando ya hayan brotado las raíces.

Una vez terminado el proceso de oreo de las semillas, se pesó 1,5kg de semilla para cada bandeja. Luego, se colocó un plástico negro sobre las bandejas para la germinación donde permanecieron por 4 días.

Procedimiento de producción

Se realizó el riego tres veces al día (07:00, 12:00, 16:00 horas) con ayuda de un aspersor manual. En el día 4 post-siembra se inició el riego con las soluciones hidropónicas determinando los tratamientos, colocando las bandejas por bloques. En el día 6 post-siembra se retiró el plástico negro de las bandejas. Se colocó 200ml por bandeja de la solución y se continuó con los riegos de las soluciones durante todo el ensayo.

Tabla 9

Dosis de las diferentes soluciones nutritivas para la producción de FVH

Tratamiento	Dosis
Solución Elaborada	<ul style="list-style-type: none"> • Solución A: 1,5cc/l • Solución B: 0,5cc/l
Solución Comercial	<ul style="list-style-type: none"> • Solución A: 2cc/l • Solución B: 1cc/l • Solución C: 1cc/l
Solución Orgánica	<ul style="list-style-type: none"> • Biol relación 3:1

Nota. Cada tratamiento constó con diferentes dosis

Capítulo IV

Resultados y Discusión

Calidad de la semilla de maíz

$$\text{Porcentaje de pureza} = \frac{154}{200} \times 100 = 77\%$$

$$\text{Porcentaje de germinación} = \frac{346}{405} \times 100 = 85,43\%$$

$$\text{Valor cultural} = \frac{77 * 85,43}{100} = 65\%$$

Los resultados de germinación de semillas de maíz variedad criolla, demostraron un 77% de pureza y un porcentaje de germinación de 85,43 %, siendo esto un valor ideal para el tipo de semillas que no son clasificadas ni conservadas en condiciones controladas, obteniendo valores similares de germinación con (Guillen-de laCruz, Velázquez Morales, & Cruz Lázaro, 2018) Quien obtuvo un resultado similar en 25 muestras de semillas criollas de diferentes poblaciones, mismas que presentaron una germinación mayor del 80%. Esto se debe a que este tipo de semilla es manipulada de forma inadecuada para comercializarla, concordando con el ensayo realizado por (Natera, 2008) quien obtuvo un 94% de germinación de maíz de semillas certificada, siendo estas conservadas y clasificadas bajo condiciones de laboratorio. (Vilchez, 2021) Menciona que, durante el proceso de almacenamiento, son sometidas a daños mecánicos que producen magulladuras y abrasiones que provocan un descenso en vigor y germinación, dando apertura a la colonización de hongos y generando lesiones en semilla dando como resultado plántulas vulnerables. Coincidiendo con (Morales Santos, Peña Valdivia, & García Esteva, 2017) quien obtuvo resultados similares en semillas criollas (silvestres) frente a dos variedades seleccionadas, donde las semillas criollas presentaron menor biomasa de

semillas frente a las semillas clasificadas al momento de germinarlas en condiciones controladas.

Altura de la planta

Tabla 10

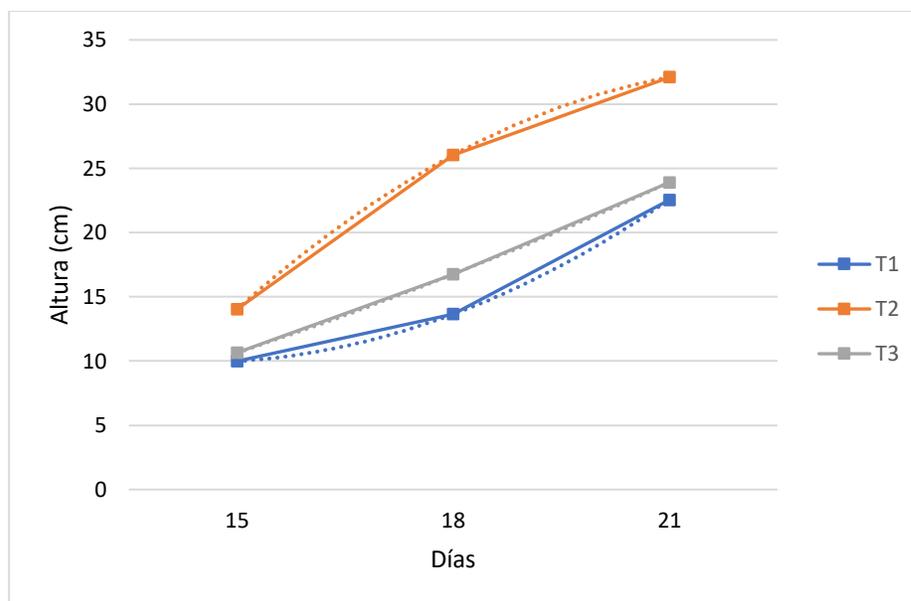
Análisis de varianza de la variable altura de planta, evaluando el maíz con tres soluciones nutritivas

Fuentes de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Fe	p-valor
Soluciones nutritivas	2	1133,93	566,96	152,68	<0,0001
Bloque	2	166,87	83,44	22,47	<0,0001
Día	2	2883,35	1441,67	388,23	<0,0001
Soluciones*día	4	176,79	44,20	11,90	<0,0001
Error	70	259,94	3,71		
Total	80				

En la Tabla 10 se puede observar que en cuanto a la variable altura, el análisis de la Solución Nutritiva tuvo una diferencia altamente significativa, reflejando un p-valor de <0,0001, lo cual indica que las soluciones si tuvieron diferentes efectos en la producción de maíz hidropónico, en cuanto al análisis del Bloque si hubo diferencia significativa, reflejando un p-valor de <0,0001, indicando que si existe diferencias entre los Bloques producidos, en la interacción Soluciones*Día, si hubo diferencia significativa, con un p-valor de <0,0001 indicando que si existe diferencia importante en las soluciones. El coeficiente de variación presenta el 10,22%, indicando ser confiable.

Figura 4

Evolución de la altura promedio por tratamiento en relación a los días de corte



En cuanto a la altura de la planta, de acuerdo con la Figura 4, se determinó que T2 (Solución comercial), posee el mejor resultado a los días, 18, 21 días con una altura de planta de 26,03; 32,07 cm respectivamente a diferencia de la solución elaborada que presentó un menor crecimiento con un 9,99; 13,64; 22,53 cm para los mismos días, esto lo dice (Favela Chávez, Preciado Rangel, & Bendavides Mendoza, 2006) la planta para que obtenga el máximo rendimiento, la solución nutritiva debe cubrir sus requerimientos nutrimentales, logrando que se eviten deficiencias.

Los resultados obtenidos en este experimento para la solución nutritiva comercial son superiores mientras que los producidos con la solución elaborada son inferiores a los reportados por Villota G., (2013), quien en su estudio de producción de FVH de cebada, trigo y maíz registró una medida de 10,43 cm a los 15 días evaluados. Por otra parte (Espinosa, 2019) refleja resultados superiores en su estudio en donde obtuvo 24,85 cm de altura a los 12 días evaluados.

Examen bromatológico

Tabla 11

Análisis bromatológico a los días 15, 18, 21 del FVH producido con la solución nutritiva comercial

Días	Proteína	EE	Ceniza	Fibra	Otros
15	14,20	3,22	2,68	4,70	75,38
18	15,22	3,27	2,38	3,80	75,33
21	13,42	3,90	2,89	5,20	74,59

Nota: El análisis bromatológico fue realizado del mejor tratamiento obtenido para elegir el mejor contenido nutricional

En la Tabla 11 refleja el valor de proteína máximo a los 18 días con un contenido de 15,22%, esto concuerda con el ensayo realizado por (Mirabá, 2015), en los que explica que en estos días el maíz está pasando por una etapa fenológica donde está en su pico de producción de proteína el cual puede alcanzar valores hasta 18% e inclusive llegar a 26,3%, ya que después de esta etapa empieza a incrementar el contenido de fibra, así lo muestra (Espinosa, 2019), en donde empieza a disminuir el contenido de proteína y aumentar la fibra, lo que concuerda con los resultados obtenidos en donde a los días 18 a 21, la proteína disminuyó de 15,22 a 13,42; por otra parte la fibra tuvo un aumento de 3,80 a 5,20. De igual manera (Mejía & Reyes, 2020), demostraron que el maíz en su etapa vegetativa inicial es donde tiene un mayor contenido de proteína bruta y carotenos, siendo estas de gran importancia para los animales a los que se les va a suministrar el FVH producido.

Costos

Tabla 12

Costos de la estructura utilizada para la producción de FVH

Materiales	Unidad	Cantidad	Costo Unitario	Costo Total
Bandejas de Acero inoxidable	Unidad	54	4,50	243
Ángulos de 1pulg	Unidad	11	8	88
Pintura anticorrosiva	Litro	1	5,50	5,50
Pernos	Unidad	84	0,20	16,80
Plástico negro	Metros	1,5	2,50	3,75
Cable acerado	Metros	25		6,25
Total				363,3

Nota. En la tabla se muestran los costos de la estructura para establecer una producción de FVH ocupando el 100% de su capacidad.

En el presente ensayo se usaron solo 27 bandejas es decir un 50% de la estructura. Además se tomó como material para la estructura al hierro y no la caña guadua ya que, según informa (NEC, 2016), la caña guadua debe pasar por procesos tanto de secado y preservación para alargar su vida útil, lo cual aumentaría el costo de la estructura, debido a las características que muestra este material, en comparación, se tendría mayor vida útil al usar hierro, como lo muestran (Pertierra Lazo, Torres, & Balsameda Espinosa, 2019) al comparar estructuras de caña guadua para FVH específicamente, lo cual les dio una vida útil de menos de 5 años ocasionando pérdidas considerables en los costos por depreciación, en cambio al usar hierro el costo por depreciación fue menor, además dieron una vida útil de 20 años bajo condiciones de ambientes controlados.

Tabla 13*Costo de estructura por cosecha de FVH*

Tipo	Costo/10 años	Costo/año	Tiempo	Cosechas/año	Costo/cosecha
Estructura	363,30	36,30	18 días	20	1,82

Se consideró que la estructura tendría una vida útil de 10 años, debido a que solo estará bajo techo, pero expuesta a demás factores ambientales que deterioran la estructura y no en ambientes netamente controlados como lo muestran (Pertierra Lazo, Torres, & Balsameda Espinosa, 2019) donde, alcanzaría una vida útil de hasta 20 años.

Tabla 14*Costo para producción de FVH*

Insumos	Unidad	Cantidad	Costo Unitario	Costo Total
Semilla de maíz (criollo)	Libras	90	0,25	22,50
Solución comercial	Mililitros	288	0,03	8,64
Solución elaborada	Mililitros	436	0,002	0,89
Solución orgánica	Litros	15	0,50	7,50
Total				39,53

Nota. La tabla presentada muestra los costos de insumos empleados para el establecimiento y la producción de FVH.

Tabla 15*Costo por cosecha de FVH producido*

Tipo	Tiempo	Costo
Estructura	18 días	1,82
Insumos	18 días	39,53

Total	41,35
-------	-------

Nota. La tabla presentada muestra los costos que se obtuvieron del FVH producido

El tiempo de duración para la producción de FVH se consideró de 18 días ya que en base a los resultados obtenidos de los análisis bromatológicos, se tuvo un mayor contenido de proteína para éste día, además de ello, los análisis estadísticos presentaron diferencia significativa habiendo un mayor pico de crecimiento para el día 18, al igual que en un ensayo realizado por (Amaguaña, 2012), donde se optó por el día que presentó mayor contenido de proteína el FVH producido.

Proyección de costos por año

Tabla 16

Proyección de costos por año para la producción de FVH

Tipo	Costo de producción	Cosechas/año	Costo/año
Producción de FVH	41,35	20	827

Nota. La tabla presenta la proyección de costos al utilizar un 100% de su capacidad

En la presente tabla se muestran los costos de producción de FVH, de una siembra sincronizada con todas las bandejas que tiene capacidad la estructura, sin embargo, acorde a las necesidades del productor, la producción puede ser de forma gradual, lo cual, puede variar la cantidad de cosechas anuales y por consecuente el costo anual se vería afectado.

Capítulo V

Conclusiones

La aplicación de diferentes soluciones nutritivas influye en el desarrollo del maíz hidropónico. El FVH producido con la solución T1 (solución comercial) demostró mejores resultados, presentando en su variable altura de la planta llegando a una media de 32,08cm a los 21 días de corte.

El tiempo adecuado de corte en base al análisis bromatológico fue a los 18 días, llegando a un 15,22% de contenido de proteína y un 3,8% de fibra, evidenciando que mientras transcurren los días el contenido proteico disminuye mientras que el fibroso aumenta.

La producción de FVH tiene un costo accesible, al realizar el análisis de costos se concluyó que, producir FVH es económico y además tiene una larga vida útil su estructura, aparte no demanda de mucha mano de obra por su fácil manejo, pudiendo ser implementado en las actividades cotidianas del productor.

Recomendaciones

En la producción de FVH se recomienda seleccionar la semilla que se va a utilizar eliminando impurezas y semillas dañadas, que pueden producir hongos en las bandejas.

Realizar futuras investigaciones utilizando diferentes densidades de siembra para mejorar el rendimiento del FVH producido.

Incentivar la utilización del sistema de FVH a productores que, debido a su bajo costo de producción y el beneficio que otorga, puede reducir las temporadas duras de escasez de precipitaciones.

Capítulo VI

Bibliografía

Guillen-de laCruz, P., Velázquez Morales, R., & Cruz Lázaro, E. (2018). GERMINACIÓN Y VIGOR DE SEMILLAS DE POBLACIONES DE MAÍZ CON DIFERENTE PROPORCIÓN DE ENDOSPERMO VÍTREO. *Chilean journal of agricultural & animal sciences*.

Alvarado, I. M. (2018). *Repositorio UNA*. Obtenido de Repositorio UNA:
https://repositorio.una.ac.cr/bitstream/handle/11056/14958/TFG_Isaac%20Moreno%20Alvarado.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Amaguaña, F. (2012). *EVALUACIÓN DE LOS FORRAJES HIDROPÓNICOS DE CEBADA (Hordeum vulgare) Y TRIGO (Triticum vulgare L) EN CONDICIONES DE FERTILIZACIÓN ORGÁNICA Y MINERAL EN LA ALIMENTACIÓN DE CUYES (Cavia porcellus)*. San Juan de Pasto: Universidad de Nariño.

Beltrano, J. (2015). *Cultivo en hidroponía*. La Plata: Editorial de la Universidad de La Plata.

Casa Hernández, C. R. (2008). *EFFECTO DE LA UTILIZACIÓN DEL FORRAJE VERDE HIDROPÓNICO DE AVENA, CEBADA, MAÍZ Y TRIGO EN LA ALIMENTACIÓN DE CUYES*. Riobamba. Obtenido de
<http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/1724/1/17T0809.pdf>

Cobeña, N. (2021). *DESARROLLO DE FORRAJE VERDE DE CEBADA (HORDEUM VULGARE) EN CONDICIONES HIDROPÓNICAS*. Guayaquil: Universidad de Guayaquil. Obtenido de
<http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/56260/1/Cove%C3%B1a%20Morales%20Nara%20Estefan%C3%ADa.pdf>

Demin, P. E. (2014). Aportes para el mejoramiento del manejo de los sistemas de riego.

Revista de sistemas de riego, 3-20.

Espinosa, W. (2019). Evaluación de densidades de siembra en maíz, arroz y frijol vigna en la producción de forraje verde hidropónico. *Revista investigaciones agropecuarias* 1.2, 15-27.

Favela Chávez, E., Preciado Rangel, P., & Bendavides Mendoza, A. (2006). *MANUAL PARA LA PREPARACIÓN DE SOLUCIONES NUTRITIVAS*. Torreón, Coahuila: Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.

INCAP. (2006). *Biblioteca virtual INCAP*. Obtenido de Biblioteca virtual INCAP:

file:///C:/Users/Pc24/Downloads/Sistema%20de%20riego%20por%20goteo.pdf

INTAGRI. (2017). La hidroponía: cultivos sin suelo. *Horticultura protegida*.

Jacome Quinaluisa, P. E. (2018). *PROPUESTA DE OTRA ALTERNATIVA DE ALIMENTO PARA EL GANADO LECHERO DEL CANTÓN MEJÍA A BASE DE FORRAJE VERDE HIDROPONICO*. Quito.

Juárez López, P., Cruz Crespo, E., Morales Rodríguez, H., Aguirre Ortega, J., Sandoval Villa, M., Gómez Danés, A., . . . Ortiz Catón, M. (2013). *PRODUCCIÓN DE FORRAJE VERDE HIDROPÓNICO*.

López, R., Murillo, B., & Rodríguez, G. (2009). El forraje verde hidropónico (FVH): Una alternativa de producción de alimento para el ganado en zonas áridas. *SciELO*, 121-126.

- Mejía, D., & Reyes, A. (2020). *Exploración para la producción de forraje verde hidropónico de maíz y sorgo para la alimentación de ganado lechero: Revisión de Literatura*. Honduras: Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. Obtenido de <https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/580adc07-0cef-4213-812a-66450d2a742a/content>
- Mera, A. (2018). *Evaluación hidropónica de dos variedades de Zea mays (Maíz) valorando tiempos y enraizadores orgánicos e inorgánicos*. Jipijapa: Universidad Estatal del Sur de Manabí. Obtenido de <http://repositorio.unesum.edu.ec/bitstream/53000/1276/1/UNESUM-ECUADOR-AGROPECUARIA-2018-08.pdf>
- Mirabá, C. (2015). *CINÉTICA DE DEGRADACIÓN Y DIGESTIBILIDAD DEL FORRAJE VERDE HIDROPÓNICO DE MAÍZ (Zea maíz) EN CABRAS CRIOLLAS EN SANTA ELENA, ECUADOR*. La Libertad: Universidad Estatal Península de Santa Elena.
- Morales Santos, M., Peña Valdivia, C., & García Esteva, A. (2017). Características físicas y de germinación en semillas y plántulas de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) silvestre, domesticado y su progenie. *Agrociencia*.
- Narvaez, J., & Guerrero, E. (2022). HYDROPONIC AND ORGANOPONIC GREEN FORAGE OF CORN AS A NUTRITIONAL SUPPLEMENT FOR SHEEP IN THE AMAZON FOOTHILLS. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, 13(1), 253-266. doi:<https://doi.org/10.22490/21456453.4535>
- Natera, J. R. (2008). Efecto de la colocación de semillas de maíz (*Zea mays* L.), caraota (*Phaseolus vulgaris* L.) y algodón (*Gossypium hirsutum* L.) en papel toallín (enrollados y sin enrollar) sobre la germinación y el vigor. *Revista UDO Agrícola*, 67-71.

- NEC. (2016). *Estructuras de guadúa (GaK)*. Guayaquil: Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda (MIDUVI).
- Orellana, E. (2015). *EVALUACIÓN DE TRES NIVELES DE FERTILIZACIÓN EN FORRAJE VERDE HIDROPÓNICO DE CEBADA (Hordeum vulgare)*. Cuenca: Universidad Politécnica Salesiana.
- Pertierra Lazo, R., Torres, C., & Balsameda Espinosa, C. (2019). Inversión en sistemas hidropónicos: análisis comparativo de materiales, escalas y sistemas. *Revista Científica y Tecnológica UPSE*, 15-23.
- Ramírez, C., & Soto, F. (2017). Efecto de la nutrición mineral sobre la producción de forraje verde hidropónico de maíz. *Agronomía Costarricense* 41(2), 79-91.
doi:<https://dx.doi.org/10.15517/rac.v41i2.31301>
- Salvador Castillo, J. M., Bolaños Gonzáles, M. A., Cedillo Aviles, A. K., Chena, Y. V., Varela de Gante, S. A., & Meza Discua, J. L. (2022). Efecto de la aplicación de soluciones nutritivas en la calidad bromatológica del forraje verde hidropónico de Avena sativa y *Hordeum vulgare*. *Terra Latinoamericana*, 40(1), 1-15.
- Taboada, F. G. (09 de Junio de 2011). *Repositorio digital IPN*. Obtenido de Repositorio digital IPN:
<https://www.repositoriodigital.ipn.mx/bitstream/123456789/8314/1/Tesis%20MODELO%20DE%20PRODUCCION%20DE%20FV.pdf>
- Tórrez, A. C. (2018). El forraje verde hidropónico (FVH), de maíz como alternativa alimenticia y nutricional para todos los animales de la granja. *Revista Iberoamericana de Bioeconomía y Cambio Climático*, 4-8.

Vilchez, P. E. (2021). *Evaluación de la calidad física y fisiológica de semillas de maíz tuxpeño (Zea mays) al desgrane durante cinco meses de almacenamiento bajo condiciones controladas*. Obtenido de <https://bdigital.zamorano.edu/>:

<https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/5232adec-0e42-4880-8925-de3daa854ab4/content>

Villota Camacho, G. M. (2013). *EFECTO DE DOS SOLUCIONES NUTRITIVAS EN LA PRODUCCIÓN Y CALIDAD DE FORRAJE VERDE HIDROPÓNICO DE MAÍZ, TRIGO Y CEBADA EN EL CANTÓN MOCHA PROVINCIA DE TUNGURAHUA. TUNGURAHUA.*