UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
CARRERA DE AGRONOMÍA

Evaluación bromatológica de Forraje Verde Hidropónico en dos variedades de Maíz *(Zea mays)*, y Vicia *(Vicia sativa).*

DOCUMENTO FINAL DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN COMO REQUISITO PARA OBTENER EL GRADO DE INGENIERO AGRÓNOMO

AUTOR:

César Alexander Camino Grijalva

TUTOR:

Ing. Olguer Alfredo León Gordon

CEVALLOS, 2024

Evaluación bromatológica de Forraje Verde Hidropónico en dos variedades de Maíz *(Zea mays)*, y Vicia *(Vicia sativa)*.

REVISADO POR:



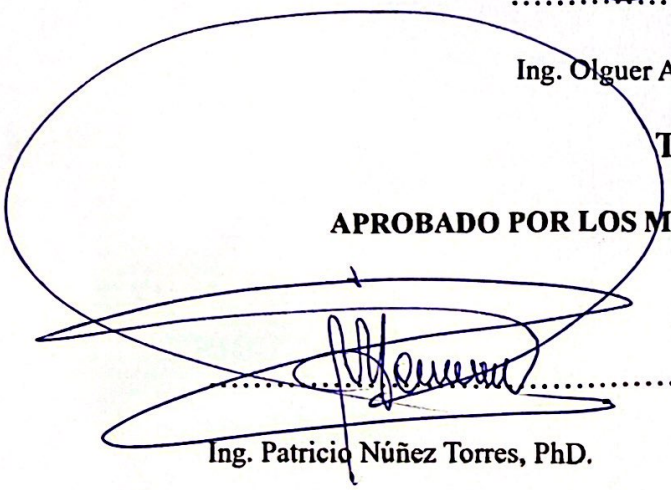
.....

Ing. Olguer Alfredo León Gordon

TUTOR

APROBADO POR LOS MIEMBROS DE CALIFICACIÓN:

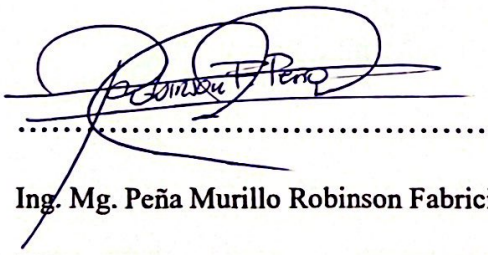
Fecha



..... 08-08-2024.

Ing. Patricio Núñez Torres, PhD.

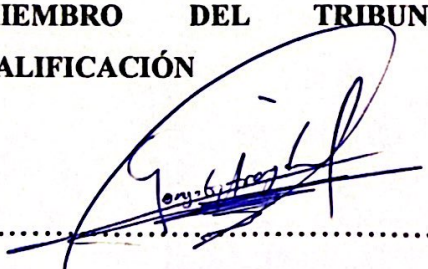
PRESIDENTE DE TRIBUNAL



..... 08-08-2024

Ing. Mg. Peña Murillo Robinson Fabricio

MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE CALIFICACIÓN



..... 08-08-2024

Ing. Aragadvay Yungán Ramón Gonzalo, PhD.

MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE CALIFICACIÓN

Scanned with CamScanner

AUTORIA DE LA INVESTIGACION

El suscrito, **César Alexander Camino Grijalva**, portador de cédula de ciudadanía número: **1805354410**, libre y voluntariamente declaro que el Informe Final del Proyecto de investigación titulado: **"Evaluación bromatológica de Forraje Verde Hidropónico en dos variedades de Maíz (Zea mays), y Vicia (Vicia sativa)."** es original, auténtico y personal. En tal virtud, declaro que el contenido es de mi sola responsabilidad legal y académica, excepto donde se indican las fuentes de información consultadas.



César Alexander Camino Grijalva

Scanned with CamScanner

DERECHO DE AUTOR

Al presentar este Informe Final del Proyecto de Investigación titulado **"Evaluación bromatológica de Forraje Verde Hidropónico en dos variedades de Maíz *(Zea mays)*, y Vicia *(Vicia sativa)*."** como uno de los requisitos previos para la obtención del título de grado de Ingeniero Agrónomo, en la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Ambato, autorizo a la Biblioteca de la Facultad, para que este documento esté disponible para su lectura, según las normas de la Universidad.

Estoy de acuerdo en que se realice cualquier copia de este Informe Final, dentro de las regulaciones de la Universidad, siempre y cuando esta reproducción no suponga una ganancia económica potencial.

Sin perjuicio de ejercer mi derecho de autor, autorizo a la Universidad Técnica de Ambato la publicación de este Informe Final, o de parte de él.



César Alexander Camino Grijalva

Scanned with CamScanner

DEDICATORIA

Con inmensa gratitud y profundo amor, dedico este trabajo de investigación a mis padres Homero Camino y Elizabeth Grijalva a ustedes, quienes han sido pilares fundamentales en mi vida y mi formación. Gracias por su infinito apoyo, por creer en mí desde el principio y por inculcarme valores como la perseverancia, la responsabilidad y el compromiso. Su ejemplo ha sido mi guía y su amor mi motor para alcanzar mis metas.

A mi querida hija Juliana Camino y mi novia Paola Clavijo son mi inspiración de salir adelante gracias por estar en esos buenos y malos momentos.

A mis abuelitos paternos y maternos, pero en especial a mi abuelito Cesar Camino, les agradezco por su cariño incondicional, su aliento constante y su presencia en los momentos más importantes. Gracias por compartir mis alegrías y por brindarme consuelo en los momentos difíciles. Su apoyo ha sido invaluable en mi camino hacia este logro.

A mi hermano Francis Camino y mi mejor amigo Mauricio Albuja, les agradezco por su amistad sincera, su apoyo incondicional y por compartir conmigo momentos inolvidables.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios y a mi San Fernandito por darme la salud, y la sabiduría en guiarme en mis estudios permitiéndome así culminar esta etapa importante de mi carrera profesional.

A la Facultad de Ciencias Agropecuarias, Carrera de Agronomía, de la Universidad Técnica de Ambato, en cuyas aulas los maestros me brindaron todo de sí para crecer en conocimientos.

A mi tutor Ing. Olguer Alfredo León Gordon quien me brindo su colaboración permanente durante el transcurso de este trabajo investigativo. De igual manera agradecer a los Ing. Luciano Valle, Ing. Robinson Peña y en especial a la Ing. Rita Santana que ha sido un pilar muy importante en toda la fase de mi vida Universitaria.

ÍNDICE GENERAL

AUTORIA DE LA INVESTIGACION .....**¡Error! Marcador no definido.**

DERECHO DE AUTOR .....**¡Error! Marcador no definido.**

DEDICATORIA 1

AGRADECIMIENTO 2

ÍNDICE GENERAL 3

ÍNDICE DE TABLAS 6

RESUMEN 8

ABSTRACT 9

CAPÍTULO I 10

INTRODUCCIÓN 10

MARCO TEÓRICO 11

1.1. Antecedentes 11

1.2. Categorías fundamentales 14

1.2.1. El maíz como cultivo 14

1.2.3. Variedades de maíz en el Ecuador 14

1.2.4. La vicia como cultivo 15

1.2.5. Variedades de vicia en el Ecuador 16

1.2.6. Requerimiento edafo-climaticos convencional 16

1.2.6.1. Luz 16

1.2.6.2. Temperatura 16

1.2.6.3. Humedad 17

1.2.6.4. Aireación 17

1.2.6.5. Pre-germinación 17

1.2.7. Ventajas y desventajas del forraje verde hidropónico 17

1.2.8. Importancia del análisis bromatológico en FVH 18
1.3. Objetivos 18
1.3.1. Objetivo General 18
1.3.2. Objetivos Específicos 18
CAPÍTULO II 19
METODOLOGÍA 19
2.1. Ubicación del estudio 19
2.3. Equipos y materiales 19
2.3.1. Materiales 19
2.3.2. Equipos 19
2.3.3. Reactivos químicos 20
2.4. Factores de estudio 20
a). Especies 20
b). Variedades 20
2.5. Tratamientos 20
2.6. Manejo del experimento 21
2.6.1. Selección de la semilla 21
2.6.2. Desinfección de la semilla 21
2.6.3. Bandejas forrajeras 21
2.6.4. Riego 21
2.6.5. Cosecha 21
2.6.6. Análisis bromatológico 22
2.7. Variables respuestas 22
2.8. Diseño experimental 22
CAPÍTULO III 23
RESULTADOS Y DISCUSIÓN 23
3.1. Análisis de resultados 23
3.1.1. Altura de la planta 23
3.1.2. Longitud de la raíz (cm) 24
3.1.3. Peso final del forraje 26
3.1.4. Evaluación comparativa de los análisis bromatológicos de los FVH. 27
3.1.5. Comprobación de la hipótesis 30

CAPITULO IV 31

CONCLUSIONES Y RECONDACIONES 31

4.1. Conclusiones.....31

4.2. Recomendaciones 31

5.1. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS 33

ANEXOS 35

ANEXO DE FOTOGRAFÍAS 40

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Taxonomía del maíz 15
Tabla 2. Taxonomía de la vicia 16
Tabla 3. Tratamientos 20
Tabla 4. Analisis de varianza para la altura de la planta (cm) a los 15 días. 23
Tabla 5. Prueba de Tukey al 5% altura de la planta (cm) a los 15 dias. 24
Tabla 6. Analisis de varianza para la longuitud de la raíz (cm) a los 15 días 25
Tabla 7. Prueba de Tukey al 5% para la longuitud de la raíz (cm) a los 15 dias. 25
Tabla 8. Analisis de varianza para el peso final del forraje (kg) a los 15 días 26
Tabla 9. Prueba de Tukey al 5% para el peso final del forraje (kg) a los 15 dias. 27
Tabla 10. Evaluación comparativa de los análisis bromatológicos de los FVH. ...**¡Error! Marcador no definido.**
Tabla 11. Análisis bromatológico del valor nutricional del FVH en vicia 28
Tabla 12. Análisis bromatológico del valor nutricional del FVH en maíz 29

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía 1. Elaboración de la estructura mixta metálica y madera con el sistema de riego mediante nebulizadores 40
Fotografía 2. Selección de las variedades de maíz y vicia 41
Fotografía 3. Desinfección de las variedades con hipoclorito de sodio al 5% con una dosis de 2ml/l. 41
Fotografía 4. Colocación de las semillas en las bandejas forrajeras. 42
Fotografía 5. Germinación de los forrajes a los 6 días después de la siembra. 43
Fotografía 6. Forrajes verdes hidropónicos a los 15 días. 44
Fotografía 7. Toma de muestras para el análisis bromatológico 45
Fotografía 8. Análisis bromatológico maíz blanco y maíz amarillo. 46

RESUMEN

El forraje verde hidropónico (FVH) surge como una alternativa sostenible para la producción de alimento en ganado bovino en zonas áridas y semiáridas, la demanda de productos agropecuarios ha impulsado la introducción de la agricultura y la ganadería en estas zonas frágiles, lo que puede ocasionar degradación ambiental. El FVH se cultiva en un entorno libre de químicos y promotores de crecimiento, utilizando semillas viables y un método sin suelo. El maíz y la vicia son dos de los mejores cultivos para FVH. Los sistemas hidropónicos se adaptan al clima local, permitiendo el cultivo de especies específicas y garantizando un suministro constante de alimento rico en nutrientes para el ganado. La presente investigación tuvo como objetivo evaluar bromatológicamente el forraje verde hidropónico de maíz y vicia. Se determinó el rendimiento de la producción hidropónica de los forrajes. El ensayo se realizó en el barrio Bellavista, cantón Ambato provincia de Tungurahua. Por lo tanto, el sistema de posicionamiento global (GPS) se encuentra a una altitud de 2650 msnm y en coordenadas geográficas: Latitud 1°14′56″ Sur y de longitud 78°37′00″ Oeste. Se aplicó un diseño completo al azar con arreglo factorial 2x2 con 3 repeticiones y se realizó la prueba de tukey al 5%. Se empelaron 12 bandejas de 45 x 32 cm con una densidad de 1kg de semillas, se utilizó dos variedades de maíz y vicia. Los resultados obtenidos de la evaluación bromatológica muestran que la especie de la variedad vicia común con el tratamiento FVHB1 reportó un mayor porcentaje de proteína bruta, materia seca y cenizas. Por otro lado, con un mayor porcentaje de extracto etereo la especie de la variedad de maíz amarillo con el tratamiento FVHA1, así mismo el tratamiento FVHB2 reporto un mayor porcentaje de fibra bruta. El rendimiento de la producción hidropónica de los forrajes. La vicia común (FVHB1) presenta un mayor rendimiento en la variable altura de la planta con 29,33 cm de igual manera la variable longitud de raíz con el tratamiento FVHA2 de 7,00 cm en tanto que, al mayor rendimiento en la variable peso final del forraje fue el tratamiento FVHA2 con 3,60 kg lo que convierte en una opción más atractiva para la producción hidropónica a gran escala.

Palabras clave

forrajes verdes hidropónicos, análisis bromatológico, rendimiento, maíz, vicia.

ABSTRACT

Hydroponic green fodder (HGF) emerges as a sustainable alternative for the production of feed for cattle in arid and semi-arid areas. The demand for agricultural products has driven the introduction of agriculture and livestock in these fragile areas, which can cause environmental degradation. HGF is grown in an environment free of chemicals and growth promoters, using viable seeds and a soil-less method. Corn and vetch are two of the best crops for HGF. Hydroponic systems adapt to the local climate, allowing the cultivation of specific species and ensuring a constant supply of nutrient-rich feed for livestock. The objective of this research was to bromatologically evaluate hydroponic green fodder of corn and vetch. The performance of hydroponic production of the fodders was determined. The test was carried out in the Bellavista neighborhood, Ambato canton, Tungurahua province. Therefore, the global positioning system (GPS) is located at an altitude of 2650 meters above sea level and in geographic coordinates: Latitude 1 ° 14′56 "South and longitude 78 ° 37′00" West. A design (BCA) with a 2x2 factorial arrangement with 3 repetitions was applied and the Tukey test was performed at 5%. The results obtained from the bromatological evaluation show that the common vetch variety species with the FVHB1 treatment reported a higher percentage of crude protein, dry matter and ash. On the other hand, with a higher percentage of ether extract, the yellow corn variety species with the FVHA1 treatment, likewise the FVHB2 treatment reported a higher percentage of crude fiber. The performance of hydroponic forage production. Common vetch (FVHB1) has a higher yield in the variable plant height with 29.33 cm as well as the variable root length with the FVHA2 treatment of 7.00 cm while, the highest yield in the variable final weight of the forage was the FVHA2 treatment with 3.60 kg which makes it a more attractive option for large-scale hydroponic production.

Keywords

hydroponic green fodder, bromatological analysis, yield, corn, vetch.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

El forraje verde hidropónico (FVH) es una metodología para la producción de alimento en ganado u otras especies que resulta propicia para evadir las principales dificultades encontradas en zonas áridas y semiáridas para la producción tradicional de pastos. Las zonas áridas han sido consideradas como terrenos marginales para el desarrollo del sector agropecuario, siendo las razones principales para esta consideración la escasez permanente de lluvia, alta evaporación, suelos y aguas de riego de baja calidad. No obstante, estas limitaciones, la creciente demanda de productos agropecuarios ha ocasionado que tanto la agricultura como la ganadería hayan sido introducidas en ecosistemas frágiles de zonas áridas y semiáridas, los cuales son muy susceptibles a la degradación y en donde es improbable sostener altos rendimientos de manera sostenible para intentar satisfacer las necesidades (Nardone et al., 2004).

La producción de forraje hidropónico es una técnica de cultivo que se efectúa en un entorno libre de químicos y promotores de crecimiento. Dentro de esto, surge como una alternativa la producción de (FVH), que constituye una tecnología de producción de biomasa adquirida a partir del desarrollo inicial de las plantas en los estados de germinación y crecimiento temprano de plántulas a partir de semillas viables, siendo una siembra de cultivo sin suelo, método que facilita el desarrollo productivo, sostenible y ecológico de las plantas (Núñez et al., 2021)

El maíz y la vicia se encuentran entre los mejores cultivos forrajeros hidropónicos estos cultivos contribuyen a la salud general y la productividad del ganado, además la belleza de los sistemas hidropónicos radica en su adaptabilidad a las condiciones climáticas locales. A diferencia de la agricultura tradicional, las instalaciones hidropónicas permiten a los agricultores cultivar cultivos específicos que se adaptan bien al clima de su región. Esta adaptabilidad no sólo mejora la eficiencia del sistema, sino que también garantiza un suministro sostenible y constante de alimento rico en nutrientes para el ganado (Rivera et al. 2010).

MARCO TEÓRICO

1.1. Antecedentes

La primera información escrita fue en el año 1600, cuando el Belga Jan Van Helmont, documentó acerca de cómo las plantas obtienen sustancias nutritivas a partir del agua, en 1699 el inglés John Woodward cultivó plantas utilizando diversos sustratos y encontró que el crecimiento de las plantas era el resultado de ciertas sustancias en el agua. Los primeros en perfeccionar las soluciones nutricionales para el cultivo sin suelo fueron los botánicos alemanes Julius Von Sachs y Wilhelm Knop en 1860, en 1928, el docente William Frederick Gericke de la Universidad de Berkeley en California, sugirió sobre la posibilidad de producción vegetal sin el uso de suelo, y en 1940 escribió el libro, "Guía Completa del Cultivo sin Suelo". Actualmente la hidroponía es practicada en todo el mundo y es parte de la agricultura protegida; según datos en México, se cuenta con 15.300 ha. De invernaderos, el 50% de la producción total de cultivos se encuentra en los estados de, Sinaloa (22%), Baja California (14%), Baja California Sur (12%) y Jalisco (10%), (Juárez, et al., 2011).

El Forraje Verde Hidropónico (FVH) se establece a través del crecimiento inicial de gramíneas y leguminosas en un estado de germinación, esto se pudo obtener bajo condiciones ambientales controladas como (humedad, luz, temperatura) y principalmente en ausencia de la tierra principalmente se utiliza las semillas de maíz, avena, trigo, cebada, vicia y sorgo (Trevizan et al., 2020).

De acuerdo con Valverde-Lucio et al. (2018) el forraje verde hidropónico es una técnica para producir alimento de alta calidad para todo tipo de ganado empleando $1m^3$ de agua en varios tipos de forrajes en tierra, por otra parte se utilizó otro método con la misma cantidad de agua donde podemos obtener alrededor de 70 – 80 kilogramos de materia seca (MS) de una excelente calidad de forraje. De la misma forma en la zona de Manabí existen ganaderos que poseen un rebaño de 20 a 30 vacas donde tienen que pastar en las llanuras, en si su ganado sufre por alimento, pero este método FVH resulta una alternativa viable donde nos podríamos ahorrar unas 9 o 10 veces la cantidad de agua riego en campo abierto de potreros para el ganado.

Según Castro et al. (2022) los forrajes hidropónicos son considerados como excelente opción para complementar la alimentación de los rumiantes, el propósito de este sistema es ofrecer al ganado un alimento de excelente calidad, bajo costo y a cualquier época del año, en especial en temporada seca.

La producción de forraje verde hidropónico, es capaz de producir alimentos con un alto contenido de minerales como; hierro, calcio y fosforo y cantidades pequeñas de lignina y celulosa. La producción de FVH es más eficiente que producir forraje de manera convencional: en el forraje convencional una hectárea produce anualmente alrededor de 181.000 kg. Mientras que el forraje hidropónico, una infraestructura de 60 m^2 con módulos de bandejas es capaz de producir anualmente 173.200 kg $año^{-1}$

Por otro lado, el rendimiento hidropónico del asociado de vicia con avena, cebada y trigo en la producción de germinados en este trabajo tuvo como objetivo evaluar la variación de la composición química y el rendimiento de las asociaciones avena-vicia, trigo-vicia y cebada-vicia en diversas proporciones de siembra asociada en la forma de cultivos hidropónicos.

El estudio se realizó en la ciudad de Huancavelica, Perú, a 3692 msnm. Se emplearon 90 bandejas de 704 cm^2, con una densidad de 2.5 kg de semilla/m^2. Se utilizaron asociados de avena/vicia (A/ V), cebada/vicia (C/V) y trigo/vicia (T/V) con seis proporciones de gramínea/leguminosa: 100/0, 80/20, 60/40, 40/60, 20/80 y 0/100. Se determinó la producción de la biomasa en fresco (PBF) y la composición química de las fracciones porcentuales de materia seca (MS%), materia orgánica (MO%), fibra detergente neutra (FDN%), extracto etéreo (EE%), proteína cruda (PC%) y minerales totales (MT%). Se utilizó un diseño experimental completamente al azar, con arreglo factorial de 3x6 (asociado x proporciones) con 5 repeticiones. El asociado, la proporción y la interacción presentaron diferencias ($p<0.0001$) sobre el PBF (kg/m^2) y la composición química. Los resultados muestran un mayor PBF en C/V (6,79 kg/m^2), %MS en A/V (19,58%), %FDN en C/V (57,15%), EE% en A/V (4,87%), %MM en C/V (4,19%) y %MO en T/V (95,35%). Las asociaciones C/V y A/V presentaron los mejores resultados en PBF y composición química (Guillermo et al., 2006).

El trabajo investigado por Morales et al., (2020). Sobre la producción de forrajes de avena y trigo bajo sistemas hidropónico y convencional en la Región Sur del Ecuador se comparó la producción de avena *(Avena sativa L.)* y trigo *(Triticum vulgare L.)* obtenida

a partir de un sistema de forraje verde hidropónico (FVH), frente al sistema de producción convencional o a campo abierto (CA). El experimento para cada sistema y cultivo se estableció bajo un diseño de bloques al azar, instalando cuatro tratamientos (dos en FVH y dos a CA), con tres repeticiones cada uno. Se evaluó la altura de la planta (AP) de cada cultivo para cada sistema productivo, mientras que para cada sistema y cultivo se determinó la producción de biomasa, la proteína cruda (PC) ($p < 0,05$) y el cociente de la relación beneficio-costo (B/C). La mayor altura se obtuvo en trigo FVH con 17,67 cm y en avena CA con 83,73 cm. En relación con la producción de biomasa, el trigo FVH alcanzó 23,57 kg/m^2 de materia verde (MV) o 3,13 kg/m2 de materia seca (MS); el resto de tratamientos estuvo por debajo de 12,5 kg/m^2 de MV (1,39 kg/m^2 de MS); el porcentaje de proteína en el trigo CA fue mayor con 19,95%, seguido de avena CA, mientras que el trigo y la avena FVH tuvieron valores de alrededor del 10%; en beneficio-costo, el trigo FVH obtuvo un puntaje mayor de 1,46 frente a la avena FVH (0,69), el trigo CA (0,23) y la avena CA (1,03). Por esta razón, la complementariedad de los dos sistemas de producción, especialmente en el cultivo de trigo, podría ser una opción para la alimentación animal.

Con respecto al estudio bromatológico de forraje verde hidropónico de maíz *(Zea mays)* con fertilización orgánica que se llevó a cabo en un invernadero rústico en la Granja Didáctica Experimental de la Facultad de Ciencias Veterinarias de la Universidad Nacional de Asunción - Filial Concepción; situada en ruta V General Bernardino Caballero a 4,5 km de la Ciudad de Concepción – Paraguay.

Ovelar y Lugo, (2013) menciona que se realizó un estudio experimental, para la selección de las semillas el muestreo fue no probabilístico por conveniencia. Luego de la siembra del maíz al quinto día se procedió a la distribución en las bandejas y la disposición de las unidades experimentales de forma aleatoria en tres grupos con 4 (cuatro) repeticiones cada uno. Se identificaron en; T1: bandejas de FVH fertilizado con té de vermicompost. T2: bandejas de FVH fertilizado con té de compost y T3 (Control): bandejas de FVH sin fertilizante y se procedió a la fertilización con las soluciones preparadas que al día 12 se cosechó y el forraje fresco obtenido por bandeja se pesó en una balanza electrónica para establecer el rendimiento de MV y se extrajeron muestras representativas de cada tratamiento para análisis laboratorial y determinación de valores porcentuales de MS, PB, EE, FAD y FND. Para el rendimiento de MV y MS se utilizaron las siguientes fórmulas: Rendimiento de materia verde (Kg/m^2) = Peso de forraje de maíz producido/Total de m^2

de cultivo. Rendimiento de materia seca (Kg/m²) = Rend. MV (Kg/m²) x % de MS/100. Rendimiento promedio Kg/m² = /Total muestreo. Los resultados obtenidos de la composición bromatológica fueron sometidos a análisis estadístico de varianza, con un nivel de significancia de $p<0,05$. Se realizó la comparación de las medias con el Test de Duncan para determinar si existen diferencias estadísticas significativas.

1.2.Categorías fundamentales

1.2.1. El maíz como cultivo

Donal et al (2004), mencionan que el maíz es uno de los cultivos de cereales más importantes del mundo, actualmente el maíz se cultiva en todos los continentes, excepto en la Antártida, y es más productivo donde las precipitaciones o el riego son adecuados. Se puede obtener muchos productos diferentes de maíz. Aproximadamente el 25% de las cosechas producidas en los USA no se exporta es trasformado para alimentos, alcohol y usos industriales. Los Estados Unidos de América producen aproximadamente el 42% de la producción mundial de maíz. Otros productores importantes son: China, Brasil, Europa, México, Argentina y Sudáfrica, una cuarta parte del maíz producido en los Estados Unidos es exportado a otros países. El éxito del maíz como un cultivo importante para la alimentación de las personas y del ganado se puede atribuir en gran parte al hecho de que se cultiva como híbrido. Los agricultores aceptaron estos híbridos debido a sus rendimientos superiores y a su crecimiento más vigoroso. Estos híbridos se emplean también en muchas aéreas productoras de maíz del mundo, excepto donde se practica la agricultura de subsistencia con bajos medios de producción.

Los autores Deinum et al (1986), mencionan que el maíz forrajero es utilizado principalmente como fuente de energía en la alimentación animal. Como alimento es insuficiente para cubrir los requerimientos de proteína de categorías de alta producción; a la vez que también es deficiente en algunas vitaminas y minerales. El valor nutritivo del maíz está determinado por factores que afectan la distribución de la (MS), el envejecimiento y la preservación. También nos indica los factores involucrados en el valor agronómico de un cultivo de maíz forrajero.

1.2.3. Variedades de maíz en el Ecuador

- Amarillo duro
- Blanco duro
- Blanco dentado

- Amarillo dentado
- Harinoso y Morocho
- Reventón dulce y ceroso

La mayoría de las variedades para forraje verde pertenecen a la subespecie 'indurata' que algunos autores clasifican como simples variedades botánicas, es decir maíces "duros o morochillo" cuyo grano se utiliza en la alimentación animal. Para la sierra ecuatoriana las variedades aconsejadas son INIAP 176 e INIAP 178. Para la costa INIAP 525, 547, 548, 522 y Criollo de Quevedo.

Tabla 1.

Taxonomía del maíz

Reino	Plantae
División	Mangoliophyta
Clase	Liliopsida
Orden	Poales
Familia	Poaceae
Tribu	Andropogoneae
Especie	Zea
Nombre científico	Zea mays
Nombre común	Maíz Amarillo, Blanco

1.2.4. La vicia como cultivo

Vanzolini et al., (2011), recomiendan que el cultivo de vicia debe utilizarse en rotaciones agrícolas especialmente asociado con una gramínea anual (avena, centeno o cebada).

Es muy importante el aporte que hace de Nitrógeno (N), por su eficiencia en el uso del agua se recomienda para las zonas subhúmedas y semiáridas, pero también se puede utilizar en suelos profundos bien drenados y como acompañante en verdeos de invierno aportando a la calidad forrajera y productividad, se adapta bien al manejo de pastoreo dejando remanente suficiente para asegurar su rebrote. En calidad de forraje menciona que tiene una elevada digestibilidad y un alto contenido de proteína bruta (PB) con un porcentaje entre 16-28%. Es muy palatable, pero puede causar meteorismo, es destacada

para producción lechera por su alto contenido proteína y calcio, además este forraje aporta entre 4 y 6 (T) de MS durante el invierno y primavera.

1.2.5. Variedades de vicia en el Ecuador

- Vicia sativa
- Vicia villosa

Tabla 2.

Taxonomía de la vicia

Reino	Plantae
División	Mangoliophyta
Clase	Mangoliophyta
Orden	Fabales
Familia	Fabaceae
Tribu	Fabeae
Especie	Vicia
Nombre científico	Vicia sativa
Nombre común	Vicia común, velluda

1.2.6. Requerimiento edafo-climaticos convencional

El maíz y la vicia son un cultivo muy adaptable que puede crecer en una variedad de condiciones edafoclimáticas. Sin embargo, para el cultivo de maíz en forraje verde hidropónico, hay algunos requerimientos específicos que se deben considerar. Los factores ambientales que ejercen mayor influencia en la producción de (FVH) son la luz, la temperatura, la humedad, y la oxigenación (Almanza, 1984).

1.2.6.1. Luz

Se requiere una buena cantidad de luz entre 12 y 16 horas diarias, el maíz requiere una exposición adecuada a la luz solar para realizar la fotosíntesis. En un hidropónico, es común utilizar iluminación artificial para proporcionar la cantidad necesaria de luz, especialmente en interiores o en condiciones de luz insuficiente (Almanza, 1984).

1.2.6.2. Temperatura

El maíz necesita por lo general temperaturas cálidas para un crecimiento óptimo. La temperatura ideal para el crecimiento del maíz oscila entre los 17° y 25°C durante el día,

y no debe descender por debajo de los 10°C durante la noche. En un sistema hidropónico, es posible controlar la temperatura del ambiente para optimizar el crecimiento (Almanza, 1984).

1.2.6.3. Humedad

El maíz necesita una humedad relativa de 60% a 80% para crecer totalmente. En un hidropónico, se debe mantener una humedad constante en la solución para asegurar un crecimiento saludable de los forrajes (Almanza, 1984).

1.2.6.4. Aireación

Es importante ejecutar una adecuada aireación del hidropónico para evitar la asfixia de las raíces y promover un buen intercambio de gases en el cultivo, a menudo suelen utilizar bombas de aire para asegurar una excelente oxigenación de raíces (Valdivia, 1997).

1.2.6.5. Pre-germinación

La pre-germinación tenemos como resultado la germinación de granos de semillas de cereales o leguminosas (maíz, sorgo, cebada, vicia, trigo, alfalfa) sobre bandejas, durante un periodo de 9 a 15 días, las cuales captan y transforman la energía del sol y asimilan los minerales de la solución nutritiva (Valdivia, 1997).

1.2.7. Ventajas y desventajas del forraje verde hidropónico

De acuerdo con Nardone et al. (2004), los forrajes verdes hidropónicos son el resultado de las germinaciones de las leguminosas y granos de cereales (cebada, avena, maíz, soja, vicia entre otras) además de eso, no se utilizó ningún sustrato solo semillas, bandejas y agua

Franco et al. (2016), señala las siguientes ventajas y desventajas de (FVH).

- Reemplazo de suplementos alimenticios costosos (heno, ensilaje, balanceados, etc.)
- Altas cantidades nutricionales y excelente digestibilidad apta para la alimentación de animales.
- Su ahorro de agua es sumamente significativo además se puede producir en cualquier época del año.
- Posee un aumento en la producción de leche entre un 12 y 20%.
- Permite la semiestabulación y la estabulación de ganado.
- El FVH provoca un aumento de la fertilidad en los animales. Esto es por el aumento en el consumo de Vitamina E originado por el FVH.

- Además, posee un bajo contenido en contaminantes para los animales, al estar producido en una atmosfera controlada.
- Se produce alimento totalmente natural, puesto que esta tecnología no hace uso de herbicidas ni pesticidas y, consecuentemente, los productos están libres de residuos tóxicos.
- Posee un alto contenido en proteínas y una gran cantidad de vitaminas, por ejemplo: vitamina E, complejo B, vitamina A, y vitamina C, por tener una cantidad de carotenos.

Desventaja

- La poca cantidad de fibra que tiene y es ese el motivo que se recomienda como suplemento alimenticio y no como dieta completa para suministrar a los animales.
- Entre los problemas fitosanitarios más comunes, existe la presencia de hongos saprófitos en la semilla por exceso de humedad, además de la aparición de larvas de mosquitos, que pueden causar daño en las raíces tiernas en las bandejas de crecimiento, por lo cual es necesario aplicar medidas de control, tales como la desinfección de semilla.

1.2.8. Importancia del análisis bromatológico en FVH

Salvador Castillo et al. (2022), menciona que la calidad del forraje verde hidropónico en general se debe determinar mediante un análisis bromatológico donde se puedan medir variables de manera porcentual en proteína bruta (%PB), materia seca (%MS), extracto etereo (%EE), fibra bruta (%FB), y % de cenizas. Además, 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 forrajes.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo General

- Evaluar bromatológicamente, el forraje verde hidropónico de maíz y vicia.

1.3.2. Objetivos Específicos

- Determinar el rendimiento de la producción hidropónica de forraje de maíz y vicia.
- Establecer el contenido nutricional de forrajes verdes hidropónicos.

CAPÍTULO II

METODOLOGÍA

2.1. Ubicación del estudio

El presente trabajo de investigación se desarrolló en el barrio bellavista, cantón Ambato provincia de Tungurahua, el sistema de posicionamiento global (GPS) se encuentra con las coordenadas geográficas: Latitud 1°14′56″ Sur y de longitud 78°37′00″ Oeste.

2.2. Características del lugar

El barrio Huachi loreto está ubicado a 2650 msnm en su parte más baja, la temperatura del barrio tiene un promedio anual de 15 °C. y una temperatura máxima de 25 °C.

2.3. Equipos y materiales

2.3.1. Materiales

- Estructura mixta metálica y madera (1,10 x 1,40 m.)
- Bandejas de germinación (45 x 32 x 2 cm)
- Semillas de maíz y vicia
- Plástico negro
- Nebulizadores
- Baldes
- Manguera de jardín
- Sellos de seguridad

2.3.2. Equipos

- computador
- cámara fotográfica
- balanza
- termómetro

- flexómetro

2.3.3. Reactivos químicos

- Hipoclorito de sodio (cloro)

2.4. Factores de estudio

a). Especies

- Maíz
- Vicia

b). Variedades

Código	Variedades
A1	Maíz amarillo
A2	Maíz blanco
B1	Vicia común
B2	Vicia morada

2.5. Tratamientos

Tabla 3.

TRATAMIENTOS	CÓDIGO	R1	R2	R3
Forraje verde hidropónico maíz amarillo	FVH A1	I	I	I
Forraje verde hidropónico maíz blanco	FVH A2	I	I	I
Forraje verde hidropónico vicia común	FVH B1	I	I	I
Forraje verde hidropónico vicia morada	FVH B2	I	I	I
TOTAL		12 unidades experimentales		

2.6. Manejo del experimento

2.6.1. Selección de la semilla

Para la selección de semilla se contactó con un proveedor de una empresa privada donde nos ayudó con las diferentes variedades nos garantizaba que las semillas son certificadas, el maíz blanco de la Parroquia Huambalo, el maíz amarillo de la cuidad de Salcedo, la vicia común de la Cuidad de Ibarra zona de Pimampiro y la vicia morada de la cuidad de Alausí de la provincia de Chimborazo.

2.6.2. Desinfección de la semilla

La desinfección de las semillas de maíz y vicia fue tratada con hipoclorito de sodio al 5% a dosis de 2 ml/l. Se desinfecto por 30 minutos después se colocó en remojo durante 12 horas con el fin de mejorar la germinación y posteriormente colocar en sus respectivas bandejas. En esta etapa será fundamental para activar el proceso de germinación de las semillas, lo cual asegurará el éxito en la producción de FVH.

Durante esta fase, las semillas serán sumergidas en agua limpia durante un tiempo máximo de 24 horas, con aeración a las 12 horas, donde además se eliminarán impurezas y/o semillas inviables.

2.6.3. Bandejas forrajeras

Seguidamente, las semillas estarán distribuidas de manera uniforme en las bandejas de germinación con una dimensión de (40 x 35 x 2), se colocó en 12 bandejas 1 kg de las cuatro variedades en las tres repeticiones y serán sometidas a oscuridad, usando un plástico negro durante aproximadamente 5 días.

2.6.4. Riego

Las bandejas con las semillas recibirán tres riegos diarios de un minuto mediante riego por nebulizadores, además no recibirán sustancias nutritivas.

2.6.5. Cosecha

Idealmente de los 13 a 15 días de haber sembrado, como resultado tendremos un gran tapete radicular ya que las raíces se entrecruzan unas con otras por la alta densidad de siembra, este tapete contiene semillas que no alcanzaran a germinar, las raíces y la parte aérea de 25 cm de altura.

2.6.6. Análisis bromatológico

Para enviar las muestras de los forrajes primeramente se tomó 66 gramos de cada bandeja en donde se envió un total de 200 gr de cada tratamiento. Las muestras fueron enviadas al Laboratorio de control de análisis y alimentos (Laconal) de la Facultad De Ciencias e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología.

2.7. Variables respuestas

Rendimiento: definido como la cantidad de un producto de un cultivo por unidad de superficie. Para su medición se tomó la muestra de cada repetición, se tomó la variable longitud de la planta, longitud de la raíz y el peso final del forraje y los resultados fueron expresados en kg

El tiempo de producción de forraje verde hidropónico de maíz y vicia: Se determinó cuando los pastos alcanzaron una altura de 13 a 33 cm siendo este un indicador que el FVH está listo para alimentar a los animales.

Contenido nutricional de FVH: se destaca por su alto valor nutricional en comparación con los forrajes tradicionales. Esta característica lo convierte en un alimento de alta calidad para el ganado, ya que proporciona una fuente concentrada de nutrientes esenciales para el crecimiento y desarrollo animal.

Métodos realizados en análisis bromatológicos

MÉTODO	PARAMETRO
POE-UBA-02 Basado en AOAC ed 22.2023.923.11	Cenizas
POE-UBA-02 Basado en AOAC ed 22.2023.925.10	Materia seca
POE-UBA-01 Basado en AOAC ed 22.2023.2001.11	Proteína
POE-UBA-01 Basado en AOAC ed 22.2023.2003.06	Grasa
INEN 522	Fibra cruda

2.8. Diseño experimental

Se utilizó el diseño experimental de bloques al azar (BCA) en arreglo factorial de 2x2 con 3 repeticiones y se realizó la prueba de tukey al 5% con las medias de los tratamientos que fueron significativos.

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Análisis de resultados

3.1.1. Altura de la planta

El análisis de varianza de la altura de la planta se observó que a los 15 días se obtuvo una diferencia significativa para el factor tratamientos (p-valor =0,0005) con un coeficiente de variación del 12,17

Tabla 4.

Análisis de varianza para la variable altura de la planta (cm) a los 15 días.

Fuentes de variación	**Suma de cuadrados**	**Grados de libertad**	**Cuadros medios**	**Valor de F**	**P-valor**
Repeticiones	3,58	2	1,79	0,26	0,7767
Tratamientos	624,0	3	208,00	30,63	0,0005
Grupos	603,50	1	603,50	93,05	<0,0001
Variedades maíz	16,34	1	16,34	13,09	0,0224
Variedades vicia	4,17	1	4,17	0,42	0,5506
Error	40,75	6	6,79		
Total	40,75	11			
CV			12,17		

Los resultados obtenidos al realizar la prueba de Tukey al 5%, se determinó que las especies de vicia, con los tratamientos FVHB1 obtuvo un rendimiento de 29,33 cm y el tratamiento FVHB2 con un valor de 27,67 cm para la variable altura de la planta (Tabla 5) en donde presenta una diferencia significativa, ubicándose en el rango A. Caso opuesto sucedió con las especies de maíz, con los tratamientos FVHA2 obtuvo una altura 15,97 cm, y el tratamiento FVHA1 con un valor de 12,67 cm ubicándose en el rango B. Este análisis se compara con el estudio de Zagal et al. (2016), quienes analizaron la altura media de (30.45 ± 4.5 cm) en la variedad de maíz amarillo hibrido DK 2020, además obtuvo un mejor rendimiento al día 13. Por otro lado, concuerdo con el autor donde menciona que se podría haber obtenido un mejor rendimiento aplicando sustancias nutritivas.

Tabla 5.

Prueba de Tukey al 5% para tratamiento en la variable altura de la planta (cm) a los 15 días

	15 Días	
Tratamientos	**Medias**	**Rango**
FVHB1	29,33	A
FVHB2	27,67	A
FVHA2	15,97	B
FVHA1	12,67	B

FVHB1 (Vicia común); FVHB2 (Vicia morada); FVHA2 (Maíz blanco); FVHA1 (Maíz amarillo).

3.1.2. Longitud de la raíz (cm)

El análisis de varianza de la variable longitud de la raíz se observó que a los 15 días se obtuvo una diferencia significativa para el factor tratamientos (p-valor =0,0077) con un coeficiente de variación del 20,65

Tabla 6.

Análisis de varianza para la variable longitud de la raíz (cm) a los 15 días.

Fuentes de variación	**Suma de cuadrados**	**Grados de libertad**	**Cuadros medios**	**Valor de F**	**P-valor**
Repeticiones	0,18	2	0,09	0,11	0,9011
Tratamientos	28,01	3	9,34	10,89	0,0077
Grupos	8,00	1	8,00	3,16	0,1059
Variedades maíz	17,34	1	17,34	14,88	0,0182
Variedades vicia	2,67	1	2,67	16,00	0,0161
Error	5,15	6	0,86		
Total	33,34	11			
CV			20,65		

Los resultados obtenidos al realizar la prueba de Tukey al 5%, se determinó que la especie de maíz FVHA2, obtuvo una longitud de 7,00 cm para la variable longitud de raíz (Tabla 7) en donde presenta una diferencia significativa, ubicándose en el rango A, caso opuesto sucedió con una especie de maíz y dos de vicia con los tratamientos FVHB1 obtuvo una longitud 4,33 cm, el tratamiento FVHA1 obtuvo un valor de 3,60 y el finalmente el tratamiento FVHB2 con un valor 3,00 cm ubicándose en el rango B. Este análisis se compara con el estudio de Valverde et al., (2017) quienes mencionan que la longitud de la raíz de maíz blanco variedad 528 a 12 días de la cosecha puede llegar a un rango de 10,78 cm, con una densidad de siembra de 1kg, además, el autor menciona que estos resultados se alcanzaron aplicando fertilizantes orgánicos (micorrizas) e inorgánicos (raízfares) dos veces al día.

Tabla 7.

Prueba de Tukey al 5% para tratamiento en la variable longitud de la raíz (cm) a los 15 días

	15 Días	
Tratamientos	**Medias**	**Rango**
FVHA2	7,00	A
FVHB1	4,33	B
FVHA1	3,60	B
FVHB2	3,00	B

FVHB1 (Vicia común); FVHB2 (Vicia morada); FVHA2 (Maíz blanco); FVHA1 (Maíz amarillo).

3.1.3. Peso final del forraje

El análisis de varianza de la variable longitud de la raíz se observó que a los 15 días se obtuvo una diferencia significativa para el factor tratamientos (p-valor =0,0156) con un coeficiente de variación del 17,40

Tabla 8.

Análisis de varianza para la variable peso final del forraje (kg) a los 15 días

Fuentes de variación	**Suma de cuadrados**	**Grados de libertad**	**Cuadros medios**	**Valor de F**	**P-valor**
Repeticiones	0,31	2	0,15	0,68	0,5424
Tratamientos	5,47	3	1,82	8,11	0,0156
Grupos	0,52	1	0,52	0,79	0,3953
Variedades maíz	2,67	1	2,67	40,00	0,0032
Variedades vicia	2,28	1	2,28	6,58	0,0623
Error	1,35	6	0,22		
Total	7,12	11			
CV			17,40		

Los resultados obtenidos al realizar la prueba de Tukey al 5%, se determinó que la especie de maíz, con el tratamiento FVHA2 obtuvo un rendimiento de 3,60 kg para la variable peso final del forraje (Tabla 9) a los 15 días de la cosecha, en donde presenta una

diferencia significativa ubicándose en el rango A, caso opuesto sucedió con la especie de vicia, con el tratamiento FVHB2 obtuvo un peso de 1,90 kg ubicándose en el rango B. Las otras dos especies de maíz y vicia con los tratamientos FVHB1 con un valor de 3,13 kg y el tratamiento FVHA1 obtuvo un peso de 2,27 kg se ubicaron en rangos intermedios A y B. Valverde, (2018) menciona que la investigación hecha con el maíz, conociendo los resultados de los análisis de varianza y test de Duncan, se concluye que el maíz hidropónico Trueno NB7443 alcanza su mayor peso de 4kg en un periodo de siembra de 14 días, logrando una alta producción de cultivo en etapa germinativa a corto plazo.

Tabla 9.

Prueba de Tukey al 5% para tratamiento en la variable peso final del forraje (kg) a los 15 días

	15 Días		
Tratamientos	**Medias**	**Rango**	
FVHA2	3,60	A	
FVHB1	3,13	A	B
FVHA1	2,27	A	B
FVHB2	1,90		B

FVHB1 (Vicia común); FVHB2 (Vicia morada); FVHA2 (Maíz blanco); FVHA1 (Maíz amarillo).

3.1.4. Evaluación comparativa de los análisis bromatológicos de los FVH.

Variables	**Unidad**	**Maíz blanco**	**Maíz amarillo**	**Vicia común**	**Vicia morada**
Proteína Bruta	%	2,47	1,61	4,77	3,76
Materia Seca	%	74,8	84,9	85,7	85,5
Extracto Etereo	%	1,03	0,31	0,32	0,1
Fibra Bruta	%	0,83	1,06	1,58	1,69
Cenizas	%	0,59	0,43	0,6	0,55

FVHB1 (Vicia común); FVHB2 (Vicia morada); FVHA2 (Maíz blanco); FVHA1 (Maíz amarillo).

En la tabla 10 se observa que el tratamiento con un mayor porcentaje en proteína bruta (PB) es FVHB1 (4,77 %) en comparación a los tratamientos FVHB2 (3,76%), FVHA1

(2,47%) caso opuesto con un menor porcentaje fue el tratamiento FVHA2 (1,61%) según Valverde, (2018) el examen bromatológico del forraje maíz hidropónico (Tabla. 11) Pioneer P3862 dio como resultado un porcentaje bajo de proteína de 2,24%. En este caso el porcentaje de la especie vicia común fue mayor que la investigación del autor en proteína bruta (PB). Con base a los resultados obtenidos en materia seca (MS) se muestra que el tratamiento FVHB1 obtuvo mayor porcentaje de (85,7%) en comparación a los otros tratamientos FVHB2 (85,5%), FVHA2 (84,9%) en tanto que, el menor porcentaje fue FVHA1 (74,8%) en donde se observó la (Tabla 12) establecida por el autor Poma (2020), quien menciona en su trabajo de investigación los resultados obtenidos de (FVH) en (*vicia villosa),* obtuvo un valor (13%) de materia seca (MS). En este caso el porcentaje de la especie vicia común fue mayor que la investigación del autor. De igual manera el resultado con un mayor porcentaje en extracto etéreo (EE) es el tratamiento FVHA1 (1,03%) en comparación a los otros tratamientos FVHA2 (0,32%), FVHB1 (0,32%) en tanto que, el menor porcentaje fue FVHB2 (0,1%). Según Valverde (2018) la investigación en los resultados obtenidos de los análisis bromatológicos en maíz (Tabla 11) obtuvo un porcentaje (0,02%) en extracto etéreo (EE). En este caso el porcentaje de la especie maíz amarillo fue mayor que la investigación del autor en extracto etéreo (EE). De igual manera se encontró un significativo porcentaje de fibra bruta (FB) en el tratamiento FVHB2 (1,69%) en comparación de los otros tratamientos FVHB1 (1,58%), FVHA2 (1,06%) en tanto que, el menor porcentaje fue FVHA1 (0,83%). Según INAI (2012) menciona que en su trabajo de investigación los resultados de los análisis bromatológicos de vicia forrajera (Tabla 12) obtuvo un porcentaje (0,02%) en fibra fruta (FB). En este caso el porcentaje de la especie de vicia morada fue mayor que la investigación del autor en (FB). Se observó que el tratamiento con un mayor porcentaje en cenizas es FVHB1 (0,6%) en comparación a los otros tratamientos FVHA1 (0,59%), FVHB2 (0,55%) en tanto que, el menor porcentaje fue FVHA2 (0,43%). Según Poma (2020) el examen bromatológico del forraje vicia (Tabla. 12) obtuvo un porcentaje de 7 a 9 % en cenizas. En este caso el porcentaje de la especie vicia común fue menor que la investigación del autor.

Tabla 10

Tabla de análisis bromatológico del valor nutricional del forraje verde hidropónico en maíz (Zea mays)

MÉTODO	PARAMETRO	RESULTADOS
POE-UBA-01 Basado en AOAC 17th 984.13	Proteína	2.24 %
Folch Modificado	Grasa	0.02 %
POE-UBA-02 Basado en AOAC 930.15	Humedad	84.81 %
POE-UBA-02 Basado en AOAC 942.05	Ceniza	0.29 %
AOAC 978.1	Fibra	1.28 %
Clegg-Antrone	Carbohidratos totales	8.72 %
Codex CAC-GL2-EN (calculo)	Energía	44,02 Kcal/100g
AOAC 968.08	Hierro	1.87 mg/kg
AOAC 965.17	Fosforo	505.05 mg/kg
AOAC 927.02	Calcio	264.99 mg/kg

Fuente: Valverde (2018)

Tabla 11.

Tabla de análisis bromatológico del valor nutricional del forraje verde hidropónico en vicia (Vicia villosa).

Variedades	Tratamiento	Dosis	Proteina Cruda %	Ceniza %	Materia Seca %	Materia Organica %
V1	T1	D1	51	7	13	93
	T3	D2	53	8	11	92
	T5	D3	52	8	12	92
	T7	D4	50	7	14	93
V2	T2	D1	53	8	14	92
	T4	D2	52	9	12	91
	T6	D3	53	9	13	91
	T8	D4	53	8	13	92

Fuente Poma (2020)

Tabla 13

Valor nutritivo del forraje verde hidropónico de vicia forrajera (Vicia sativa)

VALOR NUTRITIVO	CANTIDAD	UNIDAD DE MEDIDA
Proteína	22	%
Energía	2,250	Kcal
Grasa	2,8	%
Vitamina C	2500	Mg kg
Digestibilidad	90-95	%

Fuente INAI,(2012).

3.1.5. Comprobación de la hipótesis

La hipótesis que fue planteada como alterna si se cumple en este caso, el porcentaje con mayor proteína bruta (PB) fue el tratamiento FVHB1 (4,77%)

CAPITULO IV

CONCLUSIONES Y RECONDACIONES

4.1. Conclusiones

Se evaluó bromatológicamente los forrajes verdes hidropónicos de las dos variedades de maíz y vicia, se observó que el tratamiento FVHB1 reportó un mayor porcentaje de proteína bruta, materia seca y cenizas, además con mayor porcentaje de extracto etéreo el tratamiento FVHA1, mientras que el tratamiento FVHB2 reportó un mayor porcentaje de fibra bruta.

Se determinó el rendimiento de la producción hidropónica de los forrajes, la vicia común (FVHB1), presenta un mayor rendimiento en la variable altura de la planta con 29,33 cm en la variable longitud de raíz tenemos al tratamiento FVHA2 con 7,00 cm en tanto que, el mayor rendimiento en el peso final del forraje fue el tratamiento FVHA2 con 3,60 kg lo convierte en una opción más atractiva para la producción hidropónica a gran escala.

Se estableció el contenido nutricional de forrajes verdes hidropónicos, seguidamente, el contenido de proteína bruta (PB) según el análisis establecido oscila entre el 15% al 25%, lo que los convierte en una buena fuente de aminoácidos esenciales para el crecimiento y desarrollo animal, el contenido de fibra cruda (FC) en los FVH varía entre 12% y 25%, proporcionando fibra digestible que favorece la salud digestiva y la rumia en los rumiantes. El extracto etéreo (EE) posee un rango de 35% a 50%, lo que representa una fuente de energía disponible para el ganado. El contenido de materia (MS) en los FVH oscila entre 15% y 25%**.** La (MS) representa la cantidad de material seco que queda después de eliminar el agua del forraje. Un contenido importante para garantizar la digestibilidad del forraje y evitar problemas digestivos en los animales. Las cenizas representan la materia inorgánica presente en el forraje con un rango (5,03 – 10,60), y son una fuente importante de minerales como el sodio (Na), el hierro (Fe), el zinc (Zn), el cobre (Cu) y otros elementos.

4.2. Recomendaciones

Seleccionar especies con un contenido adecuado de proteína bruta, fibra cruda, materia seca, vitaminas y cenizas para garantizar una alimentación completa para el ganado.

Es importante implementar prácticas de manejo adecuadas, como riego, aireación y control de plagas y enfermedades, para asegurar la producción de un FVH sano y de alta calidad.

Se debe realizar un seguimiento adecuado de las condiciones ambientales (temperatura, humedad, luz solar) para optimizar el crecimiento de las plantas y su contenido de nutrientes.

5.1. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Albert, Gretel et al. 2016. "Productive Evaluation of Green Fodder Hydroponics Corn, Oats and Wheat." Compendio de Ciencias Veterinarias 6(1): 7–10.
- Albert, G. 2014. Evaluación productiva del forraje verde hidropónico de maíz, avena y trigo, Tesis (Doctor en Ciencias Veterinarias). (Py). 1 (1): 8 – 37.
- Almanza, G.R.J. 1984. Producción Intensiva de Forraje Verde por medio de sistemas Hidropónicos en Cámara de Crecimiento. Memoria Licenciatura. UAAAN Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.
- Alonso, N. 2013. Maíz como forraje para ganado bovino. Perú: Agro al dÍa. Obtenido de https://agroparaguaya.wordpress.com/2013/08/01/maiz-como-forraje-paraganado-bovino/
- FAO, 2001 El Manual Técnico "Producción de Forraje Verde Hidropónico" . En TCP/ECU/066 (A) Mejoramiento de la disponibilidad de alimentos en los Centros de Desarrollo Infantil del INNFA. Santiago de Chile: Oficina Regional de la FAO para América
- Franco, G. P. (2016).Ventajas y desventajas del forraje verde hidropónico. Blogger. Obtenido de http://fvhaprende.blogspot.com/2016/04/ventajas-y-desventajas-del-fvh.html
- INIA. Curso a distancia de sistema de producción de vacuno de leche. Perú. Mayo 2012.
- Lopez y aguilar, MURILLO-AMADOR, Bernardo y RODRIGUEZ-QUEZADA, Guadalupe.El forraje verde hidropónico (FVH): Una alternativa de producción de alimento para el ganado en zonas áridas.
- Leris, y Torres, A. 2020. Estructura para producción de Forraje Verde Hidropónico-FVH
- Poma, (2020). Efecto del abono orgánico líquido aerobico en vicia villosa (vicia velluda), para la producción de forraje biohidroponico en el centro experimental de cota cota" https://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/25655/T-2829.pdf?sequence=1&isAllowed=y

- Pertierra-Lazo, Rosa, Carlos Balmaseda-Espinosa, and Julio Villacrés-Matías. 2020. "Factibilidad Técnica y Económica de La Suplementación Del Ganado Caprino Con Zea Mays L. Hidropónico En Santa Elena, Ecuador." Pastos y Forrajes 43(4): 326–36.
- Saguilán, Pedro Cisneros. 2020. "Forraje Verde Hidropónico En Dietas de Cerdos En Crecimiento."
- Salas Pérez, L. et al. 2018. "Efecto de La Adición de Ácido Ascórbico y Té de Composta En La Producción y Capacidad Antioxidante de Forraje Hidropónico de Maíz
- Soto-Bravo, Freddy, and Carolina Ramírez-Víquez. 2018. "Efecto De La Nutrición Mineral En El Rendimiento Y Las Características Bromatológicas Del Forraje Verde Hidropónico De Maíz." Pastos y Forrajes 41(2): 106–13.
- Trevizan Rispoli, Juan Francisco, and Gloria Angélica Challapa Moscoso. 2020. "Comparación Del Rendimiento de Forraje Verde Hidropónico Con Maíz Lluteño y Maíz Comercial, Utilizando Cuatro Calidades de Agua. Arica, Chile." Idesia (Arica) 38(3): 113–22.
- Valverde-Lucio, Yhony et al. 2018. "Producción de Tres Variedades de Forraje Verde Hidropónico Con Diferentes Dosis de Fertilizante Nitrogenado." Journal of the Selva Andina Research Society 9(2):
- Valverde, Yhony Alfredo, Aurora Mera, Carlos Castro, and Julio Gabriel-Ortega. 2017. " Producción de Forraje Hidropónico de Maíz (Zea Mays L.) Utilizando Fertilizantes Químicos y Orgánicos ." Journal of the Selva Andina Biosphere 5(2): 144–51.
- Valdivia, B. E. 1997. Producción de Forraje Verde Hidropónico, Conferencia Internacional en hidroponía comercial 6 - 8 agosto Universidad Nacional Agraria la Molina. Lima, Perú.
- Vanzolini, JI 2011. La vicia villosa como cultivo de cobertura: efectos de corto plazo sobre el suelo y la productividad del maíz bajo riego en el Valle Bonaerense del río Colorado. tesis de ma- registrarse en Ciencias Agrarias. Universidad Nacional del Sur. pag. 170.

Zagal-Tranquilino, Marcelino, Martínez-González, Sergio, Salgado-Moreno, Socorro, Escalera-Valente, Francisco, Peña-Parra, Bladimir, & Carrillo-Díaz, Fernando. (2016). Producción de forraje verde hidropónico de maíz con riego de agua cada 24 horas. *Abanico veterinario*, *6*(1), 29-34.

ANEXOS

Anexo 1. *Altura de la planta (cm)*

Variable	N	R²	R² Aj	CV
Altura de la planta (cm)	12	0,94	0,89	12,17

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Repeticiones	3,58	2	1,79	0,26	0,7767
Tratamientos	624,00	3	208,00	30,63	0,0005
Grupos	603,50	1	603,50	93,09	<0,0001
Dentro maíz	16,34	1	16,34	13,09	0,0224
Dentro vicia	4,17	1	4,17	0,42	0,5506
Error	40,75	6	6,79		
Total	668,33	11			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=7,36558

Error: 6,7908 gl: 6

Tratamientos	Medias	n	E.E.		
FVHB1	29,33	3	1,50	A	
FVHB2	27,67	3	1,50	A	
FVHA2	15,97	3	1,50		B
FVHA1	12,67	3	1,50		B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

Anexo 2. *Longitud de la raíz(cm)*

Variable	N	R²	R² Aj	CV
Longuitud de la raiz (cm)	12	0,85	0,72	20,65

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Repeticiones	0,18	2	0,09	0,11	0,9011
Tratamientos	28,01	3	9,34	10,89	0,0077
GRUPOS	8,00	1	8,00	3,16	0,1059
Dentro maíz	17,34	1	17,34	14,88	0,0182
Dentro vicia	2,67	1	2,67	16,00	0,0161
Error	5,15	6	0,86		
Total	33,34	11			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=2,61735

Error: 0,8575 gl: 6

Tratamientos	Medias	n	E.E.		
FVHA2	7,00	3	0,53	A	
FVHB1	4,33	3	0,53		B
FVHA1	3,60	3	0,53		B
FVHB2	3,00	3	0,53		B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

Anexo 3. *Peso final del forraje (kg)*

Variable	N	R²	R² Aj	CV
Peso final del forraje (k)..	12	0,81	0,65	17,40

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Repeticiones	0,31	2	0,15	0,68	0,5424
Tratamientos	5,47	3	1,82	8,11	0,0156
GRUPOS	0,52	1	0,52	0,79	0,3953
Dentro maíz	2,67	1	2,67	40,00	0,0032
Dentro vicia	2,28	1	2,28	6,58	0,0623
Error	1,35	6	0,22		
Total	7,12	11			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=1,33989

Error: 0,2247 gl: 6

Tratamientos	Medias	n	E.E.		
FVHA2	3,60	3	0,27	A	
FVHB1	3,13	3	0,27	A	B
FVHA1	2,27	3	0,27	A	B
FVHB2	1,90	3	0,27		B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

Anexo 4.

Grupos

Altura de la planta (cm)

Variable	N	R²	R² Aj	CV
Altura de la planta (cm)	12	0,90	0,89	11,89

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	603,50	1	603,50	93,09	<0,0001
GRUPOS	603,50	1	603,50	93,09	<0,0001
Error	64,83	10	6,48		
Total	668,33	11			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=3,27540

Error: 6,4828 gl: 10

GRUPOS	Medias	n	E.E.	
G2	28,50	6	1,04	A

G1	14,32	6	1,04	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

Longuitud de la raiz (cm)

Variable	N	R²	R² Aj	CV
Longuitud de la raiz (cm)	12	0,24	0,16	35,50

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	8,00	1	8,00	3,16	0,1059
GRUPOS	8,00	1	8,00	3,16	0,1059
Error	25,33	10	2,53		
Total	33,34	11			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=2,04752

Error: 2,5333 gl: 10

GRUPOS	Medias	n	E.E.	
G1	5,30	6	0,65	A
G2	3,67	6	0,65	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

Peso final del forraje (k)

Variable	N	R²	R² Aj	CV
Peso final del forraje (k)..	12	0,07	0,00	29,82

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,52	1	0,52	0,79	0,3953
GRUPOS	0,52	1	0,52	0,79	0,3953
Error	6,60	10	0,66		
Total	7,12	11			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=1,04522

Error: 0,6602 gl: 10

GRUPOS	Medias	n	E.E.	
G1	2,93	6	0,33	A
G2	2,52	6	0,33	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

Anexo 5.

Dentro maíz

Altura de la planta (cm)

Variable	N	R²	R² Aj	CV
Altura de la planta (cm)	6	0,77	0,71	7,80

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	16,34	1	16,34	13,09	0,0224
Tratamientos	16,34	1	16,34	13,09	0,0224
Error	4,99	4	1,25		
Total	21,33	5			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=2,53286

Error: 1,2483 gl: 4

Tratamientos	Medias	n	E.E.	
FVHA2	15,97	3	0,65	A
FVHA1	12,67	3	0,65	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

Longuitud de la raiz (cm)

Variable	N	R^2	R^2 Aj	CV
Longuitud de la raiz (cm)	6	0,79	0,74	20,37

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	17,34	1	17,34	14,88	0,0182
Tratamientos	17,34	1	17,34	14,88	0,0182
Error	4,66	4	1,17		
Total	22,00	5			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=2,44686

Error: 1,1650 gl: 4

Tratamientos	Medias	n	E.E.	
FVHA2	7,00	3	0,62	A
FVHA1	3,60	3	0,62	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

Peso final del forraje (k)

Variable	N	R^2	R^2 Aj	CV
Peso final del forraje (k)..	6	0,91	0,89	8,80

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	2,67	1	2,67	40,00	0,0032
Tratamientos	2,67	1	2,67	40,00	0,0032
Error	0,27	4	0,07		
Total	2,93	5			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,58533

Error: 0,0667 gl: 4

Tratamientos	Medias	n	E.E.	
FVHA2	3,60	3	0,15	A
FVHA1	2,27	3	0,15	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

Anexo 5.

Dentro vicia

Altura de la planta (cm)

Variable	N	R^2	R^2 Aj	CV
Altura de la planta (cm)	6	0,10	0,00	11,00

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor

Modelo	4,17	1	4,17	0,42	0,5506
Tratamientos	4,17	1	4,17	0,42	0,5506
Error	39,33	4	9,83		
Total	43,50	5			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=7,10879

Error: 9,8333 gl: 4

Tratamientos	Medias	n	E.E.	
FVHB1	29,33	3	1,81	A
FVHB2	27,67	3	1,81	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

Longuitud de la raiz (cm)

Variable	N	R²	R² Aj	CV
Longuitud de la raiz (cm)	6	0,80	0,75	11,13

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	2,67	1	2,67	16,00	0,0161
Tratamientos	2,67	1	2,67	16,00	0,0161
Error	0,67	4	0,17		
Total	3,33	5			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,92549

Error: 0,1667 gl: 4

Tratamientos	Medias	n	E.E.		
FVHB1	4,33	3	0,24	A	
FVHB2	3,00	3	0,24		B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

Peso final del forraje (k)

Variable	N	R²	R² Aj	CV
Peso final del forraje (k)..	6	0,62	0,53	23,40

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	2,28	1	2,28	6,58	0,0623
Tratamientos	2,28	1	2,28	6,58	0,0623
Error	1,39	4	0,35		
Total	3,67	5			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=1,33475

Error: 0,3467 gl: 4

Tratamientos	Medias	n	E.E.	
FVHB1	3,13	3	0,34	A
FVHB2	1,90	3	0,34	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

ANEXO DE FOTOGRAFÍAS



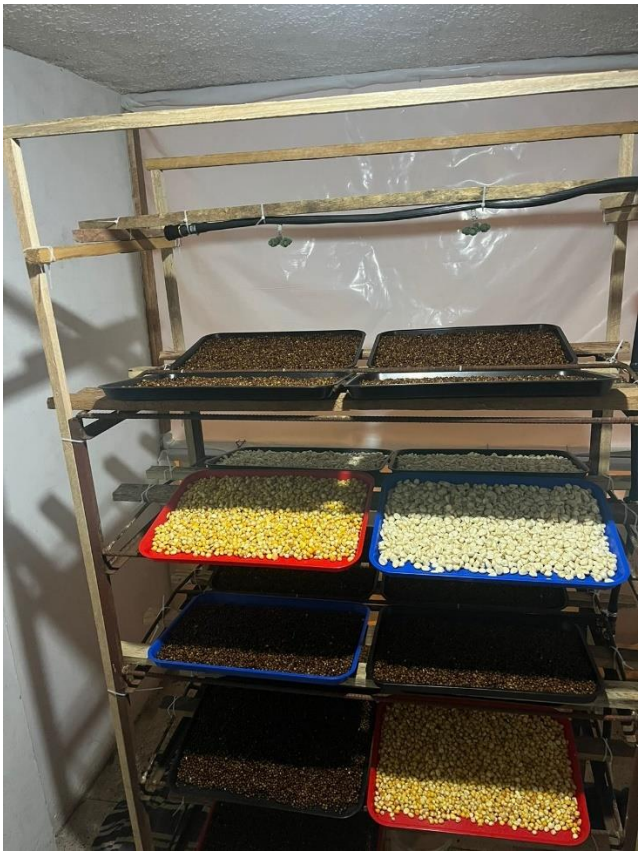
Fotografía 1. Elaboración de la estructura mixta metálica y madera con el sistema de riego mediante nebulizadores



Fotografía 2. Selección de las variedades de maíz y vicia



Fotografía 3. Desinfección de las variedades con hipoclorito de sodio al 5% con una dosis de 2ml/l.



Fotografía 4. Colocación de las semillas en las bandejas forrajeras.



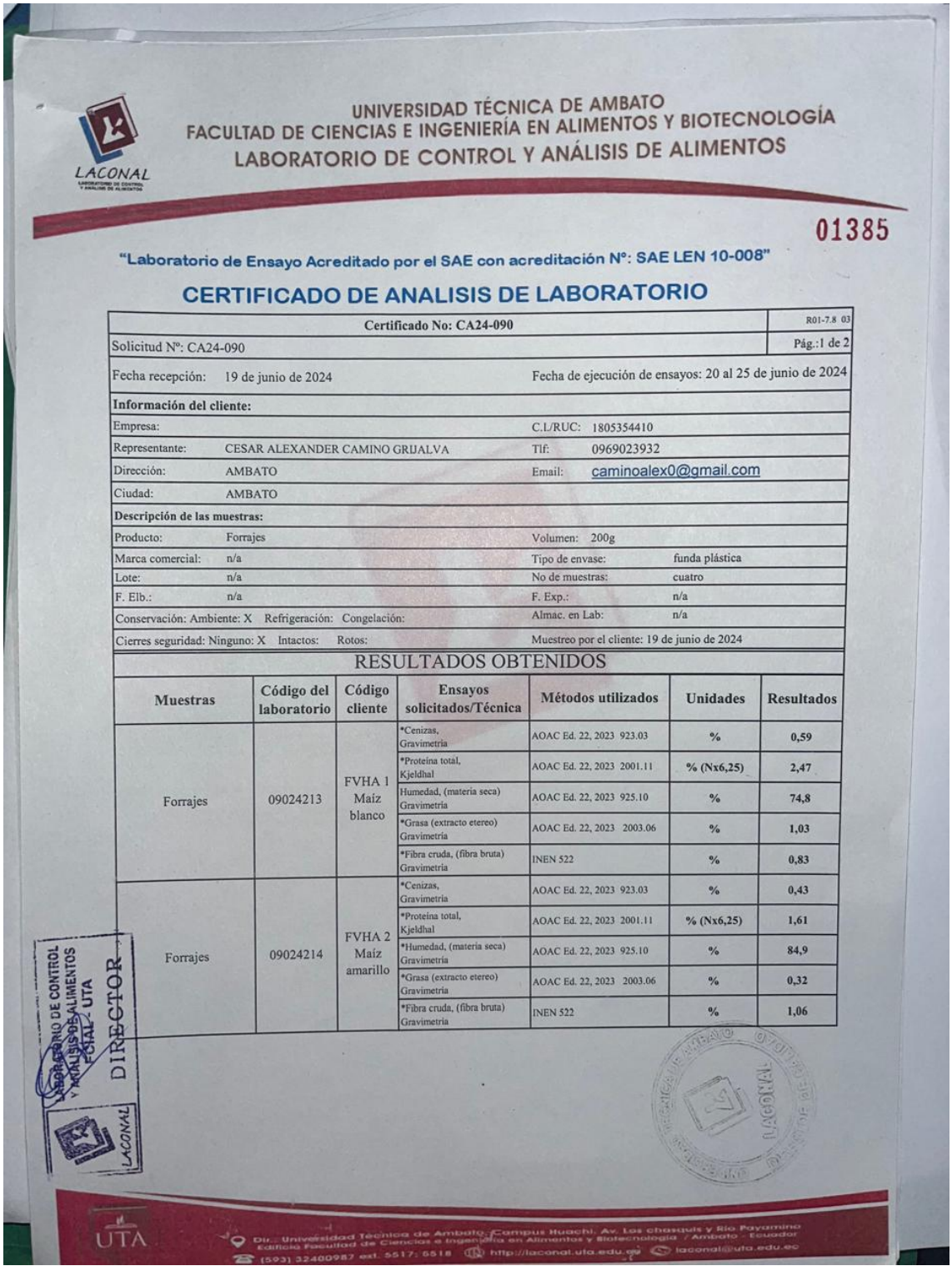
Fotografía 5. Germinación de los forrajes a los 6 días después de la siembra.



Fotografía 6. Forrajes verdes hidropónicos a los 15 días.



Fotografía 7. Toma de muestras para el análisis bromatológico



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA EN ALIMENTOS Y BIOTECNOLOGÍA
LABORATORIO DE CONTROL Y ANÁLISIS DE ALIMENTOS

LACONAL

01385

"Laboratorio de Ensayo Acreditado por el SAE con acreditación N°: SAE LEN 10-008"

CERTIFICADO DE ANALISIS DE LABORATORIO

Certificado No: CA24-090				R01-7.8 03
Solicitud N°: CA24-090				Pág.:1 de 2
Fecha recepción: 19 de junio de 2024		Fecha de ejecución de ensayos: 20 al 25 de junio de 2024		
Información del cliente:				
Empresa:		C.I./RUC: 1805354410		
Representante:	CESAR ALEXANDER CAMINO GRIJALVA	Tlf:	0969023932	
Dirección:	AMBATO	Email:	caminoalex0@gmail.com	
Ciudad:	AMBATO			
Descripción de las muestras:				
Producto:	Forrajes	Volumen:	200g	
Marca comercial:	n/a	Tipo de envase:	funda plástica	
Lote:	n/a	No de muestras:	cuatro	
F. Elb.:	n/a	F. Exp.:	n/a	
Conservación: Ambiente: X Refrigeración: Congelación:		Almac. en Lab:	n/a	
Cierres seguridad: Ninguno: X Intactos: Rotos:		Muestreo por el cliente: 19 de junio de 2024		

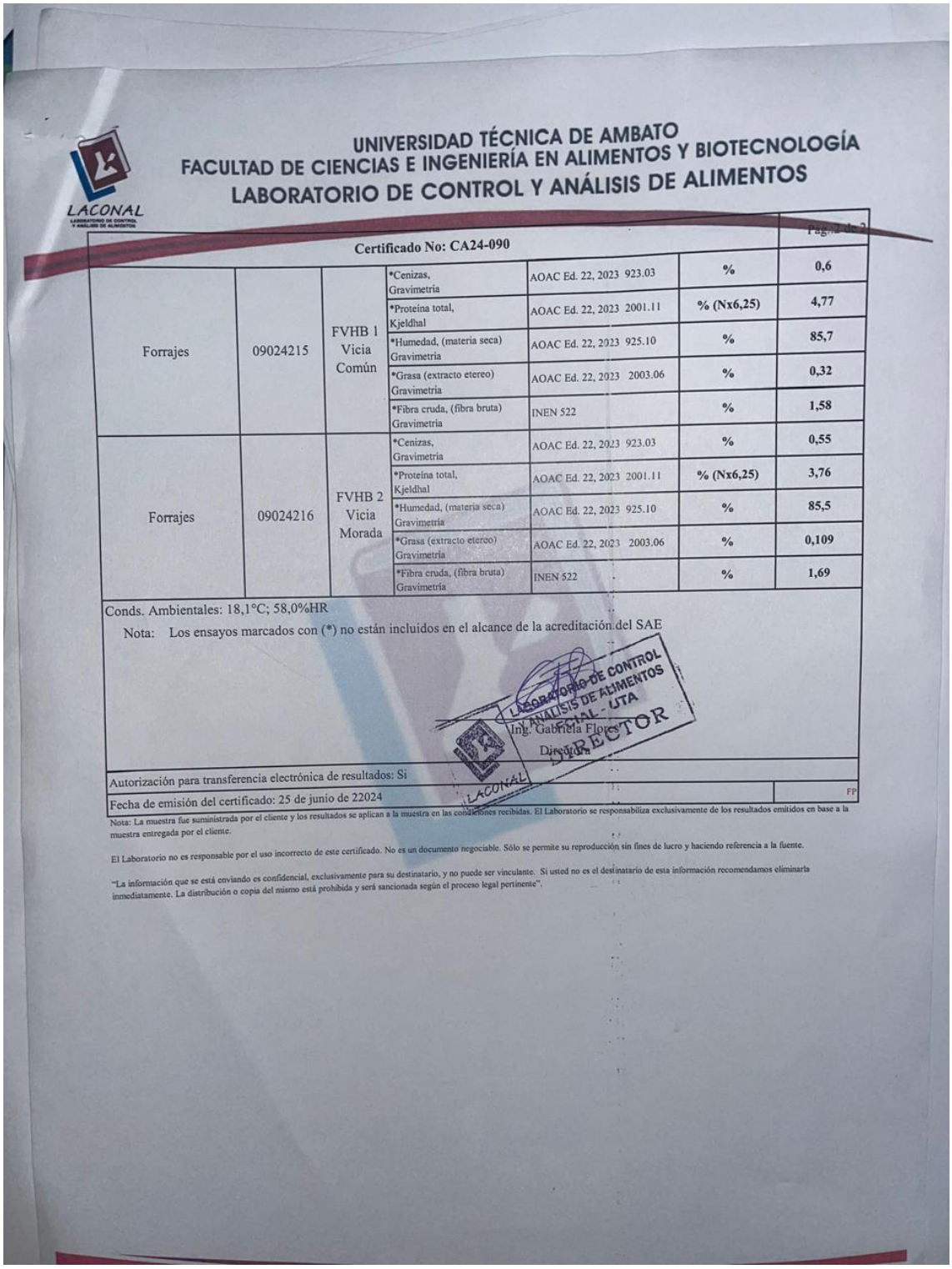
RESULTADOS OBTENIDOS

Muestras	Código del laboratorio	Código cliente	Ensayos solicitados/Técnica	Métodos utilizados	Unidades	Resultados
Forrajes	09024213	FVHA 1 Maíz blanco	*Cenizas, Gravimetría	AOAC Ed. 22, 2023 923.03	%	0,59
			*Proteína total, Kjeldhal	AOAC Ed. 22, 2023 2001.11	% (Nx6,25)	2,47
			Humedad, (materia seca) Gravimetría	AOAC Ed. 22, 2023 925.10	%	74,8
			*Grasa (extracto etereo) Gravimetría	AOAC Ed. 22, 2023 2003.06	%	1,03
			*Fibra cruda, (fibra bruta) Gravimetría	INEN 522	%	0,83
Forrajes	09024214	FVHA 2 Maíz amarillo	*Cenizas, Gravimetría	AOAC Ed. 22, 2023 923.03	%	0,43
			*Proteína total, Kjeldhal	AOAC Ed. 22, 2023 2001.11	% (Nx6,25)	1,61
			*Humedad, (materia seca) Gravimetría	AOAC Ed. 22, 2023 925.10	%	84,9
			*Grasa (extracto etereo) Gravimetría	AOAC Ed. 22, 2023 2003.06	%	0,32
			*Fibra cruda, (fibra bruta) Gravimetría	INEN 522	%	1,06

LABORATORIO DE CONTROL Y ANÁLISIS DE ALIMENTOS LACONAL UTA
DIRECTOR

UTA
Dir.: Universidad Técnica de Ambato, Campus Huachi, Av. Los chasquis y Río Payamino
Edificio Facultad de Ciencias e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología / Ambato - Ecuador
(593) 32400987 ext. 5517; 5518 http://laconal.uta.edu.ec laconal@uta.edu.ec

Fotografía 8. Análisis bromatológico maíz blanco y maíz amarillo.



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA EN ALIMENTOS Y BIOTECNOLOGÍA
LABORATORIO DE CONTROL Y ANÁLISIS DE ALIMENTOS

LACONAL

Certificado No: CA24-090

Forrajes	09024215	FVHB 1 Vicia Común	*Cenizas, Gravimetría	AOAC Ed. 22, 2023 923.03	%	0,6
			*Proteína total, Kjeldhal	AOAC Ed. 22, 2023 2001.11	% (Nx6,25)	4,77
			*Humedad, (materia seca) Gravimetría	AOAC Ed. 22, 2023 925.10	%	85,7
			*Grasa (extracto etereo) Gravimetría	AOAC Ed. 22, 2023 2003.06	%	0,32
			*Fibra cruda, (fibra bruta) Gravimetría	INEN 522	%	1,58
Forrajes	09024216	FVHB 2 Vicia Morada	*Cenizas, Gravimetría	AOAC Ed. 22, 2023 923.03	%	0,55
			*Proteína total, Kjeldhal	AOAC Ed. 22, 2023 2001.11	% (Nx6,25)	3,76
			*Humedad, (materia seca) Gravimetría	AOAC Ed. 22, 2023 925.10	%	85,5
			*Grasa (extracto etereo) Gravimetría	AOAC Ed. 22, 2023 2003.06	%	0,109
			*Fibra cruda, (fibra bruta) Gravimetría	INEN 522	%	1,69

Conds. Ambientales: 18,1°C; 58,0%HR

Nota: Los ensayos marcados con (*) no están incluidos en el alcance de la acreditación del SAE

LABORATORIO DE CONTROL ANÁLISIS DE ALIMENTOS LACONAL - UTA
Ing. Gabriela Flores
DIRECTOR

Autorización para transferencia electrónica de resultados: Si

Fecha de emisión del certificado: 25 de junio de 22024

Nota: La muestra fue suministrada por el cliente y los resultados se aplican a la muestra en las condiciones recibidas. El Laboratorio se responsabiliza exclusivamente de los resultados emitidos en base a la muestra entregada por el cliente.

El Laboratorio no es responsable por el uso incorrecto de este certificado. No es un documento negociable. Sólo se permite su reproducción sin fines de lucro y haciendo referencia a la fuente.

"La información que se está enviando es confidencial, exclusivamente para su destinatario, y no puede ser vinculante. Si usted no es el destinatario de esta información recomendamos eliminarla inmediatamente. La distribución o copia del mismo está prohibida y será sancionada según el proceso legal pertinente".

Fotografía 9. Análisis bromatológico vicia común, vicia morada