



Evaluar dos híbridos de maíz y tres densidades de siembra (1.5, 2, 2.5 kg/m²) en la producción de forraje verde hidropónico.

Cabrera Zambrano, Yurmy Yardley y Velasco Gómez, Romario Pablo

Departamento de Ciencias de la Vida y Agricultura

Carrera de Ingeniería Agropecuaria

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

Ing. Mgs. Romero Salguero, Edison Javier

29 de Agosto del 2023

Reporte de verificación de contenido



TESIS-CABRERA_VELASCO.pdf

Scan details

Scan time:
August 29th, 2023 at 15:37 UTC

Total Pages:
35

Total Words:
8566

Plagiarism Detection



Types of plagiarism		Words
● Identical	1.6%	139
● Minor Changes	0.4%	31
● Paraphrased	6.4%	552
● Omitted Words	0%	0

AI Content Detection



Text coverage
● AI text
○ Human text

Firma:



Firmado digitalmente por:
EDISON JAVIER
ROMERO SALGUERO

Ing. Mgs. Romero Salguero, Edison Javier

Director



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA VIDA Y LA AGRICULTURA

CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA

Certificación

Certifico que el trabajo de integración curricular: "**Evaluar dos híbridos de maíz y tres densidades de siembra (1.5, 2, 2.5 kg/m²) en la producción de forraje verde hidropónico**" fue realizado por los señores **Cabrera Zambrano Yurmy Yardley y Velasco Gómez Romario Pablo**, 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 analizado 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, 29 de agosto de 2023

Firma:



Ing. Mgs. Romero Salguero, Edison Javier
C. C: 1715875751



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA VIDA Y LA AGRICULTURA

CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA

Responsabilidad de Autoría

Nosotros, **Cabrera Zambrano Yurmy Yardley y Velasco Gómez Romario Pablo**, con cédulas de ciudadanía N° 0805285517 y 2300175987, declaramos que el contenido, ideas y criterios del trabajo de integración curricular: : **"Evaluar dos híbridos de maíz y tres densidades de siembra (1.5, 2, 2.5 kg/m²) en la producción de forraje verde hidropónico"** 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, 29 de agosto de 2023

Firmas

Cabrera Zambrano Yurmy Yardley

C.C.: 0805285517

Velasco Gómez Romario Pablo

C. C: 2300175987



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA VIDA Y LA AGRICULTURA

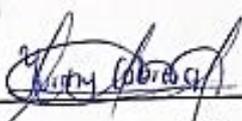
CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA

Autorización de Publicación

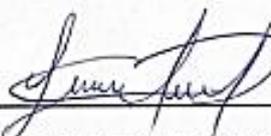
Nosotros **Cabrera Zambrano Yummy Yardley y Velasco Gómez Romario Pablo**, con cédulas de ciudadanía N° 0805285517 y 2300175987, autorizamos a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de integración curricular: **"Evaluar dos híbridos de maíz y tres densidades de siembra (1.5, 2, 2.5 kg/m²) en la producción de forraje verde hidropónico"** en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi/nuestra responsabilidad.

Santo Domingo de los Tsáchilas, 29 de agosto de 2023

Firmas



Cabrera Zambrano Yummy Yardley
C.C.: 0805285517



Velasco Gómez Romario Pablo
C. C: 2300175987

Dedicatoria

En reconocimiento a la guía y respaldo que han marcado un hito en mi camino académico, dedico este trabajo de tesis a mis padres, Narcisa y Klever, cuyo amor incondicional y ejemplo incansable forjan el camino que sigo.

A mi hermano Marlon, quien comparto risas y desafíos, y a mi dulce sobrina Marlyn, una chispa de alegría y futuro. Este logro lleva el eco de sus nombres, y dedico esta tesis con amor y gratitud por su constante inspiración. Esta tesis no solo es un producto de mi empeño, sino también una expresión de la contribución inapreciable de aquellos que me rodean.

Yurmy Yardley Cabrera Zambrano.

A Dios todopoderoso que me ha regalado la gracia de mi salud y vida

A mis padres Pablo Velasco y Lucrecia Gómez, por el apoyo incondicional que siempre me han brindado desde que tengo uso y razón; por enseñarme a luchar por lo que quiero y no dejar que nadie destruya mis sueños, por heredarme lo más grande y valioso que puedo tener el día de hoy, mis estudios, que me servirán a lo largo de mi vida profesional, gracias, queridos padres por todo el apoyo y amor brindado siempre.

A mis hermanos, Javier, Magaly y Jenny, por las enseñanzas, el aliento y los consejos en todo momento a lo largo de mis estudios, gracias por enseñarme que con perseverancia, dedicación y corazón puedo lograr todo lo que me proponga.

A mi familia en general por brindarme sus consejos en base a sus experiencias.

A todos mis amigos quienes siempre han estado acompañándome, formando parte de mi crecimiento como persona.

Romario Pablo Velasco Gómez.

Agradecimiento

En este punto culminante de mi tesis, deseo expresar mi gratitud a Dios por brindarme la fuerza y la determinación para llevar a cabo esta labor. A mis queridos padres, cuyo apoyo inquebrantable y amor incondicional han sido la base de mi éxito académico.

Así mismo, no puedo pasar por alto la significativa contribución del Ingeniero Javier Romero. Sus consejos expertos, su dedicación a la excelencia y su profundo compromiso con mi crecimiento profesional han sido cruciales en la construcción de este trabajo.

A mis amigos Jordy, Romario, cuya amistad y aliento constante han iluminado mis días de estudio. Al grupo twenty four seven por formar parte de esta bonita carrera. Y a Ale, cuyo apoyo constante ha sido una fuente de inspiración en este viaje. Sus contribuciones han sido esenciales para alcanzar este logro.

Yurmy Yardley Cabrera Zambrano.

Agradecemos a Dios, por permitirnos culminar nuestra formación académica de tercer nivel a lo largo de este tiempo, brindándonos vida, salud, sabiduría y por poner en nuestro camino a personas maravillosas que nos apoyaron en nuestra vida estudiantil.

A mis padres Pablo Velasco y Lucrecia Gómez, por ser mi guía. Gracias por ese apoyo incondicional, amor, paciencia y consejos brindados que fueron fundamentales en mi formación personal, enfatizando siempre, en los factores más importantes para la vida: los principios y valores.

Especiales agradecimientos al ingeniero Javier Romero, por el apoyo incondicional, los conocimientos, la confianza, por estar con nosotras en todas las etapas de la investigación, pero sobre todo, gracias por sembrar en nosotras la pasión por la investigación.

Mis más sinceros agradecimientos a mi compañera de tesis Yurmy Cabrera por la confianza que depositó en mí y su predisposición en esta parte que fue fundamental para obtener mi título profesional

Finalmente quiero agradecer a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE y a todos los docentes que conforman la carrera, siendo mis tutores y amigos durante el transcurso de mi formación académica, compartiendo conocimientos y hoy forman parte de los mejores recuerdos que llevo por delante para ejercer una vida profesional.

Romario Pablo Velasco Gómez.

Índice de contenido

Caratula	1
Reporte de verificación de contenido	2
Certificación	3
Responsabilidad de Autoría.....	4
Autorización de Publicación	5
Dedicatoria	6
Agradecimiento	8
Resumen.....	16
Abstract.....	17
Capítulo I.....	18
Introducción.....	18
Objetivos	19
Objetivos generales.....	19
Objetivos específico	19
Hipótesis.....	19
Hipótesis Nula	19
Hipótesis Alternativa.....	19
Capítulo II.....	20
Revisión de Literatura	20
Hidroponía.....	20
Forraje.....	20
Forraje Verde Hidropónico	20

	11
Ventajas y desventajas del Forraje Verde Hidropónico	21
Ventajas	21
Reducción del consumo de agua.....	21
Menor inversión requerida y optimización del espacio.	21
Optimización en el tiempo.....	22
Atributos nutricionales del FVH.....	22
Inocuidad.....	23
Desventajas del Forraje Verde Hidropónico	23
Costes de implementación.....	23
Bajo contenido de materia seca.....	23
Conocimiento.....	24
Factores que influyen en la producción de FVH	24
Condición de las semillas.	24
Iluminación.	24
Temperatura.	24
Humedad.....	25
Baja humedad y excesiva ventilación.	25
Condición del agua.....	25
Acidez del agua de riego.	25
Conductividad Eléctrica del agua y solución nutritiva.....	25
Sitios de producción de FVH.....	26
Proceso de producción de FVH	26
Costos de producción del FVH	27

	12
Maíz para la producción de FVH.....	28
El cuy (<i>Cavia porcellus</i>)	29
Alimentación del cuy.....	30
Alimentación en bovinos	31
Capítulo III.....	32
Materiales y Métodos	32
Ubicación del lugar de la investigación	32
Ubicación política	32
Ubicación geográfica.....	32
Ubicación Ecológica	33
Materiales	33
Métodos.....	34
Diseño experimental.....	34
Factores a evaluar:	34
Tratamiento a comparar	35
Tipo de diseño.....	35
Análisis estadístico.....	36
Coeficiente de variación	36
Análisis Funcional	36
Variables de estudio	36
Selección del grupo Experimental	37
Metodología para (MFVH)	38
Preparación de la semilla.....	38

	13
Desinfección.....	38
Pesado y siembra.....	38
Riego.....	38
Riego en germinación.....	38
Riego en producción.....	38
Germinación.....	39
Alimentación de animales.....	39
Pastoreo.....	39
Suplemento.....	39
Capítulo IV.....	40
Variables del Forraje Verde Hidropónico.....	40
Porcentaje de germinación.....	40
Altura.....	41
Análisis de varianza.....	41
Biomasa.....	42
Análisis de varianza.....	42
Prueba de significancia de (tukey $p < 0,05$) para las variables en estudio de la Evaluación de dos híbridos de maíz y tres densidades de siembra (1,5;2;2,5 kg/bandeja) en la producción de forraje verde hidropónico.....	43
Composición bromatológica.....	47
Variables de Producción.....	48
Ganancia de peso vivo final acumulado en cuyes.....	48
Producción de leche diaria acumulada en vacas (I).....	51

	14
Calidad de la leche	52
Capítulo VI	54
Conclusiones.....	54
Recomendaciones.....	55
Bibliografía	56

Índice de tablas

Tabla 1 Análisis bromatológico en la producción FVHM de acuerdo a varios autores.....	23
Tabla 2 Costos de estructura utilizada para la producción de FVH	27
Tabla 3 Producción de FVH de acuerdo a varios autores	29
Tabla 4 Detalles sobre los materiales y herramientas empleados en la investigación.....	33
Tabla 5 Descripción de los materiales utilizados en laboratorio para análisis de proteína y fibra en FVHM	34
Tabla 6 Simbología de los tratamientos a evaluar	35
Tabla 7 Selección de la muestra (bovino) a evaluar.....	37
Tabla 8 Descripción de las horas y actividades para la alimentación de bovinos	39
Tabla 9 Análisis de varianza para la variable altura de planta de maíz de acuerdo a los días evaluados	41
Tabla 10 Análisis de varianza para la variable biomasa verde del FVH de maíz de acuerdo a los días evaluados.	42
Tabla 11 Resultados del análisis de Tukey correspondiente a las variables de la Evaluación de dos híbridos de maíz y tres densidades de siembra (1,5;2;2,5 kg/bandeja) en la producción de forraje verde hidropónico.	43
Tabla 12 Análisis de varianza para la variable peso vivo final acumulado en cuyes.....	48
Tabla 13 Prueba de tukey para la ganancia de peso vivo final en cuyes	49

Índice de figuras

Figura 1 Ubicación del lugar del estudio.....	
Figura 2 Porcentaje de germinación de las dos diferentes variedades.....	40
Figura 3 Prueba de significancia de tukey de la ganancia de biomasa kg/m ²	
Figura 4 Prueba de significancia de la ganancia de altura en (FVHM)	44
Figura 5 Ganancia diaria de altura de FVHM	45
Figura 6 Ganancia diaria de biomasa fresca de FVHM	46
Figura 7 Composición bromatológica del tratamiento V1T1	47
Figura 8 Ganancia de pesos vivo en cuyes con FVHM	50
Figura 9 Producción inicial y final de ganancia de leche	51
Figura 10 Resultados del análisis de calidad de la leche en función de los tratamientos.	52

Resumen

La producción de forraje verde hidropónico es una alternativa para la suplantación en la dieta de animales. El presente ensayo se realizó con la finalidad de “Evaluar dos híbridos de maíz (*Zea mays* L.) y tres densidades de siembra (1.5, 2, 2.5 kg/m²) en la producción de forraje verde hidropónico”; el cual se lo llevó a cabo en las instalaciones de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, ubicada en la parroquia Luz de América. Se comenzó por la selección de una buena calidad de semilla, se desinfectó con hipoclorito de cloro para luego dejar en remojo y oreo, posteriormente se procedió a sembrar en bandejas de 60x40 cm, con un riego más fertilizante completo cada 2 horas. Los mejores resultados se obtuvieron en la densidad D1T1 (1.5kg+ criollo), presentando mayor porcentaje de germinación del 98,4%, con una altura de 30,64 cm, biomasa verde de 23,58 kg/m² a los 12 días de su siembra. Además se evaluó la ganancia de peso de cuyes como respuesta a la suplementación de una dieta a base de FVHDM, presentando una ganancia de peso vivo al final de 406,66 gramos más que la alimentación convencional (Testigo) en cuyes; a su vez se seleccionó 8 vacas productoras que presenten una homogeneidad, adaptando a la dieta por un lapso de 5 días para evaluar la respuesta a la suplementación con FVHM (D1T1) por 15 días donde se presentó una ganancia de 1,9 litros al día a comparación del testigo, se concluye que la mejor densidad de siembra es la de 6,25 kg/m² con la variedad criolla, además se demuestra que la suplementación se FVHM ayuda a la ganancia de peso y la producción de leche .

Palabras clave: Forraje, Maíz, Hidroponía, cuyes, bovinos, bromatológico

Abstract

Hydroponic green fodder production is an alternative for supplementing animals' diets. This study was conducted with the aim of "Evaluating two maize hybrids (*Zea mays* L.) and three planting densities (1.5, 2, 2.5 kg/m²) in hydroponic green fodder production." The study took place at the facilities of the University of the Armed Forces ESPE, located in the Luz de América parish. It began with the selection of high-quality seeds, which were disinfected with chlorine hypochlorite, soaked, and dried. Subsequently, they were sown in trays of 60x40 cm, with watering and complete fertilization every 2 hours. The best results were obtained at density D1T1 (1.5 kg + native variety), with a higher germination percentage of 98.4%, a height of 30.64 cm, and green biomass of 23.58 kg/m² at 12 days after sowing. Additionally, the weight gain of guinea pigs in response to supplementation with a hydroponic green fodder-based diet was evaluated. It showed a weight gain of 406.66 grams more than conventional feeding (Control) in guinea pigs. Furthermore, 8 productive cows were selected for their homogeneity. They were adapted to the diet for 5 days to evaluate the response to supplementation with hydroponic green fodder (D1T1) for 15 days, resulting in a milk yield increase of 1.9 liters per day compared to the control. It is concluded that the best planting density is 6.25 kg/m² using the native variety. Additionally, it is demonstrated that hydroponic green fodder supplementation promotes weight gain and milk production.

Keywords: Fodder, Maize, Hydroponics, guinea pigs, cattle, nutritional

Capítulo I

Introducción

El crecimiento de las poblaciones humanas, cambio climático, escasas de alimento de buena calidad nutricional y contaminación de agua, a consecuencia de esto, surge la necesidad de buscar nuevas alternativas amigables para la producción de forraje, a nivel mundial se proponen los sistemas de producción sustentable en los que se reduce el impacto ambiental, social y económico de la producción de alimento.

Las cantidades de agua que se pierden debido a procesos de evapotranspiración, escorrentía superficial e infiltración son insignificantes en los sistemas de cultivo de forraje hidropónico. (FVH) al compararlo con los sistemas de producción convencionales de forraje, utiliza entre 270 a 635 litros por kg de materia seca a diferencia del FVH que para producir el mismo kilo utiliza 2 a 3 litros de agua y cuya materia seca contiene un porcentaje de proteína de 12 a 18% dependiendo de la especie, eso quiere decir que el consumo de agua en los 14 días en FVH va entre 15 a 20 litros por kilogramo de materia seca como menciona la (FAO, 2001).

La producción de Forraje verde hidropónico es una práctica alternativa y más sostenible que posee un carácter flexible debido a que sus operaciones se pueden realizar en distintas condiciones técnicas y para diversos usos, en el aspecto económico a bajos costos para un mercado de demanda estable o en crecimiento continuo (Olivas, 2012).

Los cambios climáticos suelen ser causantes de la pérdida de los valores nutricionales de los forrajes comunes, que pueden ser aportados por los cultivos hidropónicos que absorben todos los nutrientes que se les aporta, conservando su alto contenido de nutrientes de 18 a 22% de proteína, minerales y vitaminas que son bien asimilados por los animales (Acurio, 2016).

Objetivos

Objetivos generales

Evaluar dos híbridos de maíz (*Zea mays* L.) y tres densidades de siembra (1,5; 2; 2,5 kg/m²) en la producción de forraje verde hidropónico.

Objetivos específico

Determinar la mejor densidad de siembra para la producción de forraje verde hidropónico de maíz (FVHM). En cuanto parámetros como son altura, biomasa, niveles de proteína, fibra y cenizas.

Evaluar la ganancia de peso de los cuyes incorporando FVHM como un suplemento a la alimentación tradicional.

Analizar el incremento en calidad y cantidad de leche de vacas productoras, como respuesta a la suplementación de la dieta con FVHM.

Difundir la información de los resultados a los agricultores y productores de la zona.

Hipótesis

Hipótesis Nula

H0: Las diferentes densidades de siembra no influyen en el porcentaje de germinación, rendimiento y la ganancia de peso en animales que consumen FVHM, como suplemento de su dieta.

Hipótesis Alternativa

H1: Las diferentes densidades de siembra influyen en el porcentaje de germinación, rendimiento y la ganancia de peso en animales que consumen FVHM, como suplemento de su dieta.

Capítulo II

Revisión de Literatura

Hidroponía

La hidroponía es un método que posibilita el cultivo de plantas prescindiendo del uso de suelo (López L. , 2005).

(Barbado, 2005) Define a la hidroponía como una práctica agrícola que consiste en cultivar plantas en un medio inerte, como arena, grava, vermiculita, etc., en lugar de utilizar suelo. En este sistema, se les proporciona a las plantas una solución nutritiva que contiene todos los elementos esenciales necesarios para su crecimiento óptimo.

La Hidroponía es un método de cultivo altamente eficiente que demanda menos espacio y reduce considerablemente el consumo de agua (Martinez, 2019).

Forraje

El término "forraje" se utiliza para referirse a plantas herbáceas o partes de ellas que se emplean como alimento para animales domésticos. Por lo general, incluye materiales como pasto, heno y ensilaje, en contraste con materiales menos digeribles conocidos como forraje. Sin embargo, en la práctica, este concepto se amplía ocasionalmente para incluir plantas leñosas que producen un crecimiento suculento. En regiones tropicales, ciertos arbustos y árboles son de gran importancia como forraje. Los cultivos forrajeros pueden ser utilizados para el pastoreo directo o cortados y llevados a los animales para su consumo (Franklin, 1998).

Forraje Verde Hidropónico

El término "FVH" hace referencia al resultado obtenido al germinar semillas de cereales o leguminosas en un ambiente controlado y cerrado (Romero, 2009).

El proceso del Forraje Verde Hidropónico (FVH) involucra la germinación de granos, ya sean semillas de cereales o leguminosas, seguido de su desarrollo en un entorno controlado desde el

punto de vista ambiental, que incluye la regulación de luz, temperatura y humedad, todo ello sin la necesidad de suelo. Las semillas de avena, cebada, maíz, trigo y sorgo son las más implementadas (FAO, 2001). Representa una fuente de alimento altamente digerible con muy buena calidad nutricional. Es apropiada para diversos tipos de animales, como conejos, cerdos, caballos, ovejas y ganado que se encuentra destinado a la producción de carne o leche. Estos animales han experimentado logros exitosos después de ser alimentados con FVH.

Este enfoque es viable durante todas las estaciones y en cualquier lugar, siempre y cuando se cumplan los requisitos esenciales para su implementación. Es crucial señalar que la tecnología de Forraje Verde Hidropónico (FVH) se suma y no compite con la producción tradicional de forraje a partir de plantas adecuadas destinadas al cultivo convencional. (FAO, 2001)

Ventajas y desventajas del Forraje Verde Hidropónico

Ventajas

Reducción del consumo de agua. El sistema de producción de Forraje Verde Hidropónico (FVH) ofrece un considerable ahorro de agua en comparación con el cultivo de forraje convencional. Al emplear FVH, las pérdidas de agua por escurrimiento superficial, infiltración y evapotranspiración son mínimas. Este método emplea menos de dos litros de agua para generar un kilogramo de forraje, lo que se traduce en tan solo 8 litros para producir un kilogramo de materia seca de Forraje Verde Hidropónico (FVH), considerando que este contiene aproximadamente un 25 % de materia seca (Juárez, y otros, 2013).

Menor inversión requerida y optimización del espacio. El Forraje Verde Hidropónico (FVH) ofrece un considerable ahorro en costos de producción, siendo aproximadamente 10 veces más económico en comparación con la producción de cualquier tipo de forraje en espacios abiertos. Esto se debe a la eficiencia del sistema y la optimización de recursos. La metodología que se utiliza en la producción del Forraje Verde Hidropónico (FVH) puede ser aplicada de forma modular y en disposición vertical, permitiendo una utilización óptima del área por cada metro cuadrado. Por ejemplo, se ha evaluado que la implementación de bandejas modulares en cuatro niveles para el

cultivo de avena en el sistema de Forraje Verde Hidropónico (FVH), en un área de 170 metros cuadrados, puede lograr una producción equiparable a la que se obtendría en 5 hectáreas de terreno empleadas para el cultivo convencional de avena. Esta relación resalta la alta eficiencia y capacidad productiva del FVH en un espacio significativamente menor (Juárez, y otros, 2013).

Optimización en el tiempo. La producción de Forraje Verde Hidropónico (FVH) sigue un ciclo que generalmente oscila entre 10 y 14 días, durante los cuales las plántulas se desarrollan para su consumo. Sin embargo, en ciertos casos, algunos establecimientos optan por prolongar el tiempo de crecimiento más allá de los 14 días por razones de manejo interno. A pesar de que varios análisis han identificado que el periodo más adecuado para recolectar se ubica alrededor del día 12, luego de este punto, la calidad nutricional del FVH empieza a decaer. Es importante destacar que mantener la cosecha dentro del período óptimo garantiza que el FVH mantenga su calidad nutricional y sea altamente beneficioso para la alimentación de animales. Por lo tanto, se recomienda respetar el tiempo de cosecha óptimo, que generalmente es alrededor del día 12, para asegurar la máxima eficiencia en la producción y el mejor aprovechamiento de los nutrientes para el ganado u otros animales que lo consuman (Juárez, y otros, 2013).

Atributos nutricionales del FVH. El Forraje Verde Hidropónico (FVH) es un alimento jugoso y apetitoso, con una altura que suele oscilar entre 20 y 30 cm, dependiendo del tiempo de crecimiento. Es altamente adecuado para la alimentación de animales debido a su valor nutritivo derivado de la germinación de las semillas. El Forraje Verde Hidropónico (FVH) tiene muchas vitaminas, sobre todo las vitaminas A y E. También tiene carotenoides, que son sustancias beneficiosas, en cantidades que van de 250 a 350 mg por cada kilogramo de la parte seca del forraje. Además, posee una elevada concentración de minerales esenciales como hierro, calcio y fósforo. La alta digestibilidad del FVH es una de sus características destacadas, ya que contiene una cantidad mínima de lignina y celulosa, lo que facilita su asimilación por parte de los animales que lo consumen. Resultando una valiosa fuente de nutrientes esenciales que beneficia significativamente la alimentación y salud de los animales que lo ingieren (Juárez, y otros, 2013)

Tabla 1

Análisis bromatológico en la producción FVHM de acuerdo a varios autores

Estudio	Días	Proteína bruta	Fibra cruda	Cenizas
(CUESTA BORJA & MACHADO PERLAZA, 2009)	12	29,6 %	30 %	3,4 %
(Albert, Alonso, Cabrera, Rojas, & Rosthoj, 2016)	10	27,0 %	21,9	3,8 %
(Verdesoto Rodríguez & Johan Marcelo, 2023)	12	13 %	-	-
	15	14,20 %	4,70 %	2,68 %

Inocuidad. Cuando se cultiva el Forraje Verde Hidropónico (FVH) de manera correcta, se convierte en un alimento saludable y seguro para los animales, sin plagas ni enfermedades. Al alimentarse con FVH, los animales evitan consumir hierbas o pastizales no deseados que puedan dificultar o perjudicar la absorción de nutrientes y sus procesos metabólicos. (Juárez, y otros, 2013).

Desventajas del Forraje Verde Hidropónico

Costes de implementación. Varios escritores señalan el costo de instalación como un inconveniente potencial. No obstante, se ha comprobado que, al emplear estructuras de invernaderos económicas, como los denominados "túneles", es posible obtener resultados sobresalientes (Juárez, y otros, 2013).

Bajo contenido de materia seca. En la mayoría de los casos, el Forraje Verde Hidropónico (FVH) tiende a tener un contenido bajo de materia seca, pero se puede resolver esta situación al añadir a la alimentación del ganado diferentes tipos de rastrojos o alimentos concentrados. Esto

permite suplir las necesidades nutricionales de los animales y garantizar una alimentación equilibrada (Juárez, y otros, 2013).

Conocimiento. En el contexto de cultivos comerciales de FVH es fundamental tener conocimientos sobre las especies que se va a cultivar, lo que implica conocer sus necesidades nutricionales, ciclo de crecimiento, además la química inorgánica juega un papel importante ya que se trata de un sistema de cultivo en el que los nutrientes esenciales para el crecimiento de las plantas se suministran a través de una solución nutritiva. Por lo tanto, los conocimientos en química inorgánica permiten formular la solución nutritiva de manera adecuada asegurando que las plantas reciban todos los nutrientes (Zaráte, 2014).

Factores que influyen en la producción de FVH

(Juárez, y otros, 2013) identifican los elementos clave que juegan un papel determinante en el éxito de la producción de FVH:

Condición de las semillas. El punto de partida exitoso para el Forraje Verde Hidropónico (FVH) es elegir una semilla adecuada, prestando atención a su calidad genética y su estado físico. Aunque el costo y la disponibilidad son factores importantes a tener en cuenta, no se debe descuidar la calidad de la semilla. Lo ideal es que la semilla presente una germinación del 90% para obtener buen rendimiento.

Iluminación. La fotosíntesis se reduce por la falta de iluminación, siendo este factor esencial en cuanto al crecimiento y rendimiento se refiere. Por lo tanto, la radiación solar juega un papel crucial en el desarrollo vegetal y, en consecuencia, en la producción final. Siendo lo ideal un invernadero que ofrezca un 50% de sombra para la producción de FVH. Esto asegura que las plantas reciban la cantidad óptima de luz solar necesaria para llevar a cabo una fotosíntesis eficiente y, a su vez, favorecer un buen crecimiento y rendimiento en el cultivo de FVH.

Temperatura. Es necesario mantener un control adecuado sobre ella. Se recomienda mantener una temperatura entre los 21 a 28 grados centígrados. Mantener esta temperatura óptima garantiza condiciones favorables para el crecimiento y desarrollo adecuado del FVH de maíz.

Humedad. Es esencial que la humedad no sea inferior al 70%. Si los niveles de humedad sobrepasan el 90% sin una ventilación suficiente, existe la posibilidad de enfrentar desafíos importantes en términos de la salud de las plantas. Esto podría incluir enfermedades fúngicas que son difíciles de controlar y, como resultado, los costos operativos podrían aumentar.

Baja humedad y excesiva ventilación. Si hay mucha ventilación y poca humedad, el ambiente puede volverse muy seco, lo que lleva a una reducción importante en la cantidad de forraje producido debido a que este se seca.

Condición del agua. Es muy importante que el agua que se usa en sistemas hidropónicos sea de buena calidad. Puede ser agua de pozos, lluvia o la que viene de la llave. Si el agua disponible no es adecuada para el consumo humano, su uso en la producción de FVH podría acarrear problemas de salud. Por esta razón, se sugiere realizar un análisis microbiológico para asegurarse de que sea segura antes de usarla en el sistema. Además, es recomendable llevar a cabo un análisis químico del agua para diseñar la solución nutritiva adecuada. A partir de estos resultados, se puede crear la mezcla nutritiva necesaria para el FVH y, si es necesario, considerar otros tratamientos como filtración o acidificación para garantizar la calidad del agua utilizada en el proceso de producción.

Acidez del agua de riego. Para lograr los mejores resultados en la producción de Forraje Verde Hidropónico (FVH), es recomendable mantener el valor de pH del agua dentro del rango de 5.5 a 6.0. Aunque algunas leguminosas toleran hasta 7,5, la mayoría de las semillas utilizadas en la producción de FVH no se desarrollan de manera eficiente por encima de 7. Mantener el pH del agua de riego en este rango favorece la disponibilidad y absorción de nutrientes, creando un ambiente propicio para el crecimiento saludable de las plantas y asegurando una óptima asimilación de los nutrientes necesarios para el FVH.

Conductividad Eléctrica del agua y solución nutritiva. La conductividad eléctrica nos muestra cuantas sales hay en una solución. Un rango óptimo de CE para una solución nutritiva se encuentra generalmente entre 1.5 y 2.0 dS·m⁻¹. Valores más altos de CE indicarían una concentración de sales más elevada, lo que podría afectar negativamente la salud y el crecimiento

de las plantas en el sistema hidropónico. Por ende, es importante mantener la CE dentro del rango óptimo para asegurar un ambiente adecuado para el desarrollo saludable del Forraje Verde Hidropónico (FVH).

Sitios de producción de FVH

El cultivo de Forraje Verde Hidropónico (FVH) se presenta como una alternativa factible en áreas donde no hay acceso constante a pasto natural. Se adapta adecuadamente a sitios donde el grano utilizado sea económico y de excelente calidad. Asimismo, es factible en áreas con limitaciones de espacio para la producción tradicional de forraje. (Martinez, 2019).

El FVH también puede llevarse a cabo en lugares donde la extracción de agua subterránea sea mínima y rentable. Esto permite aprovechar de manera eficiente los recursos hídricos disponibles (Martinez, 2019).

Así mismo, el FVH es una opción adecuada en áreas con suelos altamente salinos, presencia de piedras y problemas de erosión, ya que este sistema no requiere el uso de suelo y se desarrolla en condiciones controladas, lo que permite superar estas limitaciones presentes en el suelo (Martinez, 2019).

Proceso de producción de FVH

1. Selección de especies utilizadas en FVH
2. Elección de semilla
3. Desinfección y limpieza de semillas
4. Pre- germinación
5. Siembra y densidad

(Juárez, y otros, 2013)

Costos de producción del FVH

Uno de los factores que ha obstaculizado el avance más rápido de esta tecnología es el alto costo de producción. Algunos estudios han señalado que la utilización de semillas certificadas es una de las principales influencias en estos costos (Moreno, 2018).

La producción de Forraje Verde Hidropónico (FVH) empleando semillas certificadas de maíz Diamantes, permite obtener rápidamente forraje fresco, saludable, limpio y altamente nutritivo para la alimentación animal durante todo el año. Sin embargo, este enfoque se relaciona con un costo relativamente elevado. No obstante, otros autores han analizado los costos de producción de FVH y consideran que esta técnica representa una alternativa económicamente viable que debería ser considerada por los pequeños y medianos productores. Esto se debe a que la producción de FVH puede reducir los riesgos asociados con sequías y otros fenómenos climáticos adversos que podrían llevar a la escasez de alimentos y pérdida de animales, entre otros factores (Moreno, 2018).

Tabla 2

Costos de estructura utilizada para la producción de FVH

Materiales/Insumos	Unidad	Cantidad	Costo Unitario	Costo Total
Bandejas de Acero inoxidable	Unidad	54	4,50	243
Ángulos de 1 pulg.	Unidad	11	8	88
Pintura	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
Costo de estructura por cosecha de FVH				

Tipo	Costo/10años	Costo/año	Tiempo	Cosecha/año	Costo/cosecha
Estructura	363,60	36,30	18 días	20	1,82
Costo para producción de FVH					
Semilla de maíz (criollo)	libras	90	0,25		22,50
Solución comercial	Mililitros	288	0,03		8,64
Total					31,14
Costo por cosecha de FVH producido					
Tipo		Tiempo			Costo
Estructura		18 días			1,82
Insumo		18 días			39,56
Total					41,35

Nota: En la presente tabla se muestra los costos de infraestructura y producción de FVH Tomado de Verdesoto Rodríguez, J., & Johan Marcelo, V. (Febrero de 2023). *Realizar Análisis bromatológico del forraje verde hidropónico producido con tres soluciones nutritivas para la alimentación del ganado bovino*. Obtenido de Repositorio Institucional de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE: <http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/36004>

Maíz para la producción de FVH

La mayoría de las veces, se opta por usar granos de maíz (*Zea mays*) para hacer Forraje Verde Hidropónico (FVH), y es muy importante que la semilla sea de buena calidad y que presente una germinación del 80 a 90%. El uso del grano de maíz en la producción de FVH se asocia con una mayor producción de biomasa libre de hongos, lo cual es especialmente relevante porque los hongos representan el principal desafío para los productores que están implementando el sistema de FVH (Moreno, 2018).

Tabla 3*Producción de FVH de acuerdo a varios autores*

Autores	DS (kg/m²)	Altura (cm)	Raíz (cm)	Rend (1:kg BH)	Cos
Cuesta, 2009.	3.4	21.5	12.3		
Flores, 2004.	1.5	25			12
López, 2007.	2.0		15	9.32	
Müller, 2005.	2	26.5			10
Simão, 2009.	3	26.5			15
Vargas, 2008.	3	27		8.03	
Morales et al., 2002	1	28.6 ± 1.01	23.03 ± 4.74a	5.27 ± 0.06	10

DS = Densidad de Siembra, REND = Rendimiento; COS = Cosecha; BH = Base Húmeda.

Nota: En la siguiente tabla se describe la producción de FVH con parámetros, como, densidad de siembra, rendimiento, Tomado (Morales, Gómez, Juárez, Loya, & Ley de Coss, 2012)

El cuy (*Cavia porcellus*)

(Vivas, 2009) Menciona que el cuy o cobayo (*Cavia porcellus*) es un pequeño animal nativo de los Andes sudamericanos, específicamente de Bolivia, Colombia, Ecuador y Perú. Su cría y consumo son de gran importancia nutricional y contribuyen a la seguridad alimentaria de las comunidades rurales de bajos recursos.

En las diferentes regiones donde se cría, este animal recibe nombres distintos: en Perú, Bolivia y Ecuador se le conoce como cuy o cobayo, en algunos estados de Venezuela es llamado acure, y en Colombia es reconocido como cuy o curí. A nivel mundial, se le denomina "conejillo de

Indias", originando del hecho de que los colonizadores españoles, de manera peyorativa, le daban nombres similares a los de su tierra natal. El término "cobayo" (*guinea pig*) en inglés probablemente proviene de cuando estos animales eran vendidos por una guinea (Vivas, 2009).

En Ecuador, la crianza de cuyes es una actividad complementaria en el sistema de producción campesino, estrechamente vinculada con la agricultura. La cría de cuyes en Perú se enfoca principalmente en el autoconsumo para garantizar la seguridad alimentaria, pero también genera ingresos adicionales por la venta de excedentes. Además, esta actividad brinda más oportunidades de empleo, ya que mayoritariamente son mujeres y niños quienes se encargan de cuidarlos (Vivas, 2009).

Alimentación del cuy

Según (Samaniego, 2016) el cuy es un animal herbívoro que convierte los forrajes en carne. Sin embargo, es crucial tener en cuenta que cualquier cambio brusco de un tipo de forraje a otro puede causar problemas digestivos, como gases, diarreas, cólicos, abortos y muertes debido a alteraciones en la flora intestinal. La alimentación es muy importante para criar cuyes de manera exitosa. De hecho, lo que se gasta en comida representa alrededor del 70% al 80% de lo que cuesta criarlos, por lo que el éxito de una granja depende mucho de cómo se cuide este aspecto.

El cuy depende del forraje verde debido a que, al igual que los primates, no puede producir ciertas vitaminas esenciales que se encuentran en esos pastos. Para mejorar su crecimiento, es necesario aumentar la ingesta de alimentos secos, lo que implica incrementar el consumo de granos o alimentos equilibrados que satisfagan sus necesidades nutricionales. Por lo tanto, cuando se crían cuyes para obtener carne, se considera fundamental proporcionarles un sistema de alimentación mixto que incluya tanto un alimento concentrado como forraje verde (Samaniego, 2016).

Alimentación en bovinos

Implementar una dieta de manera equilibrada es determinante para alcanzar un óptimo desempeño en bovinos. Para mantener a un bovino sano, se necesita darle alrededor del 2.5% de su peso en comida seca, como unos 12.5 kg de comida seca si el bovino pesa 500 kg. Sin embargo, cuando se trata de cumplir con las demandas de crecimiento, producción y reproducción, las cantidades de materia seca necesarias aumentan a alrededor del 3.0% al 3.5% (con un promedio de 3.25%) (López L. , 2005).

Para estar en buen estado, un bovino necesita recibir entre un 12% y un 13% de proteína en su comida seca en relación a la cantidad total que come. Cuando están produciendo leche y durante la reproducción esta cantidad sube del 16,5% al 18% aproximadamente. En el caso de bovinos criados para un engorde intensivo, un rango de 13% a 15% de proteína cruda es adecuado, con variaciones según la edad, dado que los animales más jóvenes necesitan una mayor cantidad de proteína en su alimentación. Por otro lado, las crías desde su nacimiento hasta alcanzar los 75 kg de peso requieren alrededor del 24% de proteína cruda con relación a la cantidad de materia seca que consumen (López L. , 2005).

Capítulo III

Materiales y Métodos

Ubicación del lugar de la investigación

Ubicación política

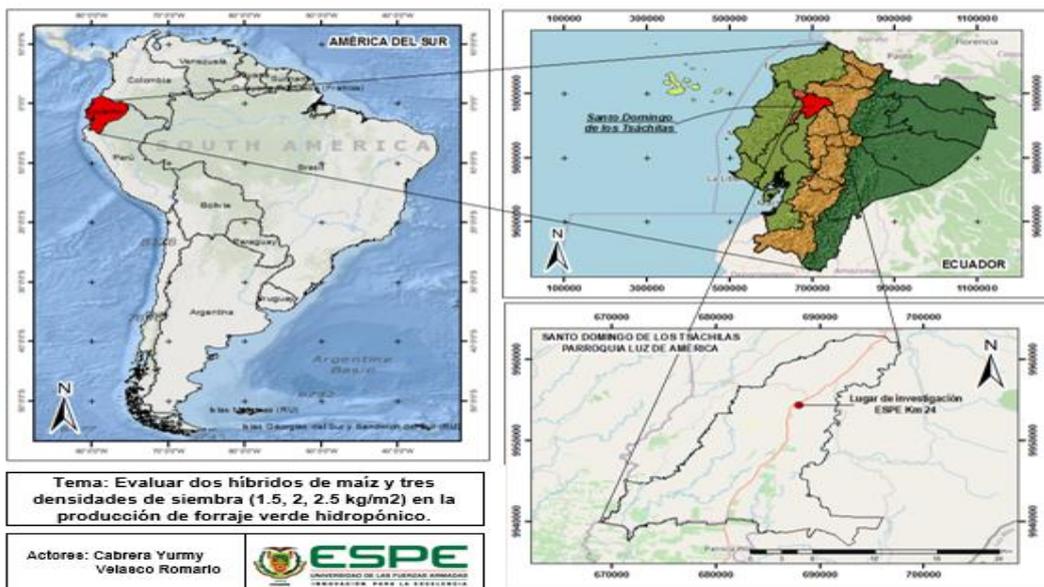
- País: Ecuador
- Provincia: Santo Domingo de los Tsáchilas
- Cantón: Santo Domingo
- Parroquia: Luz de América
- Dirección: Km 24 vía Santo Domingo-Quevedo

Ubicación geográfica

El estudio se realizó en las instalaciones de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE sede Santo Domingo, perteneciente a la parroquia luz de América, provincia de Santo domingo, justamente en el área de cuyes.

Figura 1

Ubicación del lugar del estudio



Nota: Localización geográfica del sitio donde se determinó y llevó a cabo el estudio de investigación.

Ubicación Ecológica

- Zona de vida: Bosque Húmedo Tropical
- Altitud: 270 msnm
- Precipitación: 2980 mm
- Humedad relativa: 89%
- Temperatura: 24 – 26 °C
- Heliofanía: 660 horas luz

Materiales

Tabla 4

Detalles sobre los materiales y herramientas empleados en la investigación.

Materiales de campo				
Estructura metálica de (1,8m alto x 3,8m largo x 0,6m de ancho)	Bandejas de aluminio (60cm largo x 40cm ancho)	plástico negro	Bomba de aspersión	Semillas de maíz criollo
MILKOTESTER	Cuyes	Bovinos		
Insumo				
Hipoclorito de sodio al 0,01%	Solución	agua	Mancozeb WP	80
Materiales de oficina				
Gramera	Libreta de campo		Esfero	
Equipos				
computadora				

Tabla 5

Descripción de los materiales utilizados en laboratorio para análisis de proteína y fibra en FVHM

Reactivos	Insumos	Equipos	Materiales
H2SO4 96%	Tubos de destilación	Balanza analítica	FVHM
NAOH al 35%	Matraz Erlenmeyer	Unidad de destilación	
HCL 2%	Gotero	Sorbona o colector	
Tabletas catalizadoras	Probeta de 100 ml	Plancha de calentamiento	
Kjeldhal	Pipetas	Agitador magnético	
Agua destilada	Crisoles	Equipo de titulación	
H2SO4 0,128M		Equipo Dosi-fiber	
KOH		Bomba de vacío	
Octanol		Estufa	
Acetona		Mufla	

Métodos

Diseño experimental

Factores a evaluar: En el forraje ver hidropónico se evaluaron tres densidades de siembra (1,5; 2; 2,5 kg/bandeja, porcentaje de germinación, altura de la planta, biomasa verde, consumo de agua, adicionalmente se realizó un análisis bromatológico.

En la suplementación de una dieta para la alimentación de cuyes se evaluó el incremento de peso vivo acumulado.

En el incremento de la producción de leche en vacas con la suplementación de FVHM se evaluó la producción de leche diaria acumulada en vacas y la calidad de leche.

Tratamiento a comparar

Tabla 6

Simbología de los tratamientos a evaluar

Tratamiento		Descripción
Densidad 1	V1D1	1,5 kg + Criollo
Densidad 2	V1D2	2 kg + Criollo
Densidad 3	V1D3	2,5 kg + Criollo
Densidad 4	V2D1	1,5 kg + Nacional
Densidad 5	V2D2	2 kg + Nacional
Densidad 6	V2D3	2,5 kg + Nacional
Ensayo en cuyes		
Testigo		Dieta convencional con pasto
T1		FVH + pasto (<i>Panicum maximum</i>)
Ensayo en vacas		
Testigo		Dieta a pastoreo a (<i>Brachiaria decumbens</i>)
T1		FVH + Dieta convencional

Tipo de diseño

El diseño que se aplicó fue un DBCA para evaluar las diferentes densidades en la producción de forraje verde Hidropónico de maíz

Para evaluar la respuesta a la suplementación de una dieta de cuyes y vacas productores de utilizo un DCA como diseño experimental.

Análisis estadístico

El diseño estuvo constituido por tres tratamientos con dos variedades y 3 repeticiones, generando un total de 18 unidades experimentales; mientras que el caso de la suplementación de una dieta para la alimentación en cuyes se evaluaron dos tratamientos incluido el testigo, con 6 cuyes machos, generando un total de 12 unidades experimentales; además se aplicaron dos tratamientos, con 6 vacas productoras de leche, concibiendo un total de 12 unidades experimentales para la evaluación a la respuesta de suplementación en vacas productoras de leche.

Coeficiente de variación

Se calcula con la siguiente formula

$$CV = \frac{\sqrt{CMe}}{\tilde{x}}$$

Donde

CV = Coeficiente de variación

CMe = Cuadrado medio del error experimental

\tilde{x} = Media General

Análisis Funcional

Para comprobar las diferencias significativas de las variables evaluadas, se empleó la prueba de Tukey con un nivel de significancia del 5%.

Variables de estudio

- Tasa de germinación (%)
- Altura de la planta (cm)
- Biomasa Verde (kg/m²)
- Composición bromatológica

- Ganancia de peso vivo acumulada en cuyes (g)
- Producción de leche diaria acumulada en vacas (L)
- Calidad de leche

Selección del grupo Experimental

Para evaluar la ganancia de peso vivo de los cuyes incorporando el FVH como un suplemento alimenticio, se utilizaron 12 cuyes, los cuales se dividieron en dos grupos los primeros 6 cuyes se alimentaron de la forma tradicional y los otros 6 cuyes adicionando FVH en su forma tradicional.

Para evaluar la suplementación de FVHM, se utilizaron 8 vacas, considerando una homogeneidad se dividieron en dos grupos, el testigo y el T1 que es FVHM

Tabla 7

Selección de la muestra (bovino) a evaluar

Tratamiento	Identificación	Producción Inicial (l)	Partos	Días en producción (Días)
Testigo	1	10	4	90
	2	13	3	120
	3	12	4	125
	4	11	3	20
FVH	1	14	4	102
	2	12	3	120
	3	10	4	60
	4	11	3	98

Metodología para (MFVH)

Preparación de la semilla. Se procedió a conseguir semilla fresca de maíz secado al sol, por otra parte, se eliminó las semillas que presentaron anomalías como semillas partidas, alguna mancha con hongos, para luego colocar en balde con agua para eliminar las semillas que flotan con el método de flotación

Desinfección. Consistió en elaborar una solución de cloro al 1%, con una dosis por cada 100 litros de agua un litro de cloro, para sumergir la semilla de maíz durante un lapso de 2 horas y luego se le enjuague tres veces con agua limpia

Remojo y oreo. Una vez realizado la desinfección se procede a dejar en un tanque con agua limpia a la semilla por 24 horas, trascurrido ese tiempo se deja en un tanque se coloca un plástico hecho finos agujeros en su orificio y se amará para que se seca toda el agua por 24 horas para luego pesarlo y sembrar.

Pesado y siembra. Se pesaron 1.5, 2, y 2.5 kg de maíz y se colocó en las bandejas de 60x 40cm, para la siembra se distribuyó de manera uniforme la semilla de cada densidad se pesó 3 bandejas con un total de 9 bandejas por variedad, dando 18 bandejas experimentales colocadas en una estructura metálica.

Riego. Una vez terminado la siembra se realiza un riego cada dos horas con una duración de 20 segundos por bandeja comenzando desde las 7:00 am hasta las 16:00 pm horas, el agua llevaba fertilizante completo.

Riego en germinación. Se realiza una aplicación de mancozed, después se realizó un riego normal cada dos horas por 5 días.

Riego en producción. Se realiza después del quinto día con un riego cada dos horas con fertilizante completo (YaraMila complex) 60 gramos por cada 4 litros de agua hasta los 12 días.

Germinación. Luego de haber colocado las bandejas en la estructura se realiza una cámara oscura con plástico negro donde se deja por 5 días para luego sacar y dejarlas hasta los 12 días con luz naturales, ya a los 12 días está listo para la alimentación de los animales.

Producción de leche. Las vacas productoras fueron sometidas a una adaptación de la dieta por un lapso de 5 días, para luego proceder a tomar la producción de leche diaria en la mañana y en la tarde por 15 días.

Composición química de la leche. Para medir la composición de la leche se tomaron 8 muestras diarias durante los 2 últimos días de la medición. Las muestras fueron almacenadas a 4° centígrado, para ser llevadas a una productora de queso de la señora Ana Lucio para determinar proteína, grasa y sólidos totales utilizando el MILKOTESTER.

Alimentación de animales

Pastoreo. Las vacas pastorean en potreros compuestos por (*Brachiaria decumbens*)

Suplemento. se utilizó FVHM de 12 días de edad, la cantidad de suplemento estuvo basado en la producción de leche (relación 2:1,5 que por cada 2 litros de leche por cada 1,5 kg), las mismas que fueron suministradas en dos raciones 50% en la mañana y 50% en la tarde

Tabla 8

Descripción de las horas y actividades para la alimentación de bovinos

Hora	Actividad
5:00 a 6:00 am	Ordeño – Suministro del 50% e FVHM
6:00 am a 14:00 pm	Pastoreo
14:00 pm a 15:00 pm	Ordeño – Suministro del 50% e FVHM
15:00 am a 5:00 am	Pastoreo

Capítulo IV

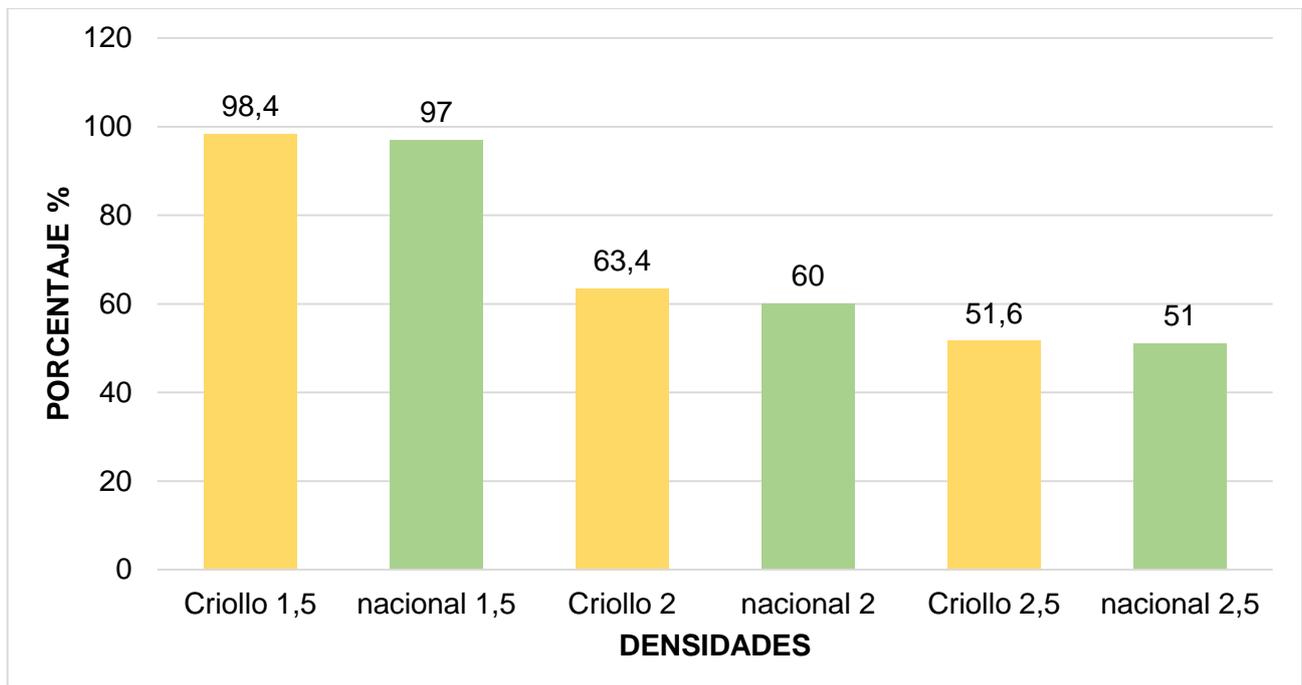
Resultados y Discusión

Variables del Forraje Verde Hidropónico

Porcentaje de germinación

Figura 2

Porcentaje de germinación de las dos diferentes variedades



Nota: La grafica muestra los porcentajes de germinación de los tratamientos evaluados.

De manera como se muestra en la figura 2, los porcentajes de germinación altos se presentó en la siguiente variable que es la densidad con un valor de 1,5 kg/bandeja, siendo el mayor porcentaje de germinación en la variedad criolla con un valor de 98,4%, seguido de la variedad nacional con un valor de 97%, el menor rendimiento de germinación se dio en las densidades de 2,5 kg/bandeja, donde la variedad criolla presento 51,6% y la nacional 51%.

Según lo manifestado por Meza (2005) la semilla que se utilice para FVH no debe tener una tasa de germinación inferior al 75%; por lo tanto, solamente la densidad de 1,5 kg/bandeja resultó ser viable para la producción de FVH a base de maíz criollo con 97,90%. La baja tasa de germinación

en las densidades de 2 kg y de 2,5 kg/bandeja (62,70% y 52,2%), está relacionada con el material genético utilizado puesto que, no todos los híbridos son tolerantes a las altas densidades de siembra (Meza, 2005).

En cuanto al rendimiento (Tranquilino, Martínez, & Salgado, 2016), Indica que cuanto más bajo sea el índice de germinación, menos será el rendimiento total obtenido del Forraje Verde Hidropónico (FVH), esto se corrobora con los datos obtenidos en esta investigación ya que los peores resultados se obtuvieron en la densidad de 2,5 kg/bandeja que presento un porcentaje de 51,6%.

Uno de los factores más importantes para que ocurra el proceso de germinación es la biodisponibilidad de oxígeno, ya que, conforme a Klassen et al., (2012), en condiciones hipóxicas, un mol de glucosa solo puede generar 2 moles de ATP a través de la glucólisis. Como subproducto de la fermentación de la glucosa, se puede producir y acumular etanol, que es tóxico para los embriones y las plántulas; por lo tanto, puede ser que, durante esta fase se haya producido el ahogamiento del embrión para germinación de las semillas en densidades superiores a 1,5 kg/bandeja.

Altura

Análisis de varianza.

Tabla 9

Análisis de varianza para la variable altura de planta de maíz de acuerdo a los días evaluados

Fuentes de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados Medios	F	Valor-p
DENSIDAD	9,16	2	4,58	0,88	0,4169
VARIEDAD	774,41	1	774,41	149,19	<0,0001*
DENSIDAD*VARIEDAD	154,3	2	77,15	14,86	<0,0001*
Error	529,46	102	5,19		
Total	1467,33	107			

Fuentes de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados Medios	F	Valor-p
CV (%)	9,26				

Nota: La tabla presenta el análisis de varianza para la variable altura, a un nivel de significancia al 5%, en este caso, se demostró diferencia estadísticamente significativa para la interacción entre densidad y variedad con ($p < 0,0001$).

Biomasa

Análisis de varianza

Tabla 10

Análisis de varianza para la variable biomasa verde del FVH de maíz de acuerdo a los días evaluados.

Fuentes de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	F	Valor-p
DENSIDAD	47,33	2	23,67	89,93	<0,0001*
VARIEDAD	36,47	1	36,47	138,59	<0,0001*
DENSIDAD*VARIEDAD	21,64	2	10,82	41,11	<0,0001*
Error	26,84	102	0,26		
Total	132,28	107			
CV%	14,57				

Nota: La tabla expone el análisis de varianza para la variable biomasa en la producción de FVHM, a un nivel de significancia al 5%, en este caso, se demostró diferencia estadísticamente significativa para las variables densidad y variedad ($p < 0,0001$).

Prueba de significancia de (tukey $p < 0,05$) para las variables en estudio de la Evaluación de dos híbridos de maíz y tres densidades de siembra (1,5;2;2,5 kg/bandeja) en la producción de forraje verde hidropónico.

Tabla 11

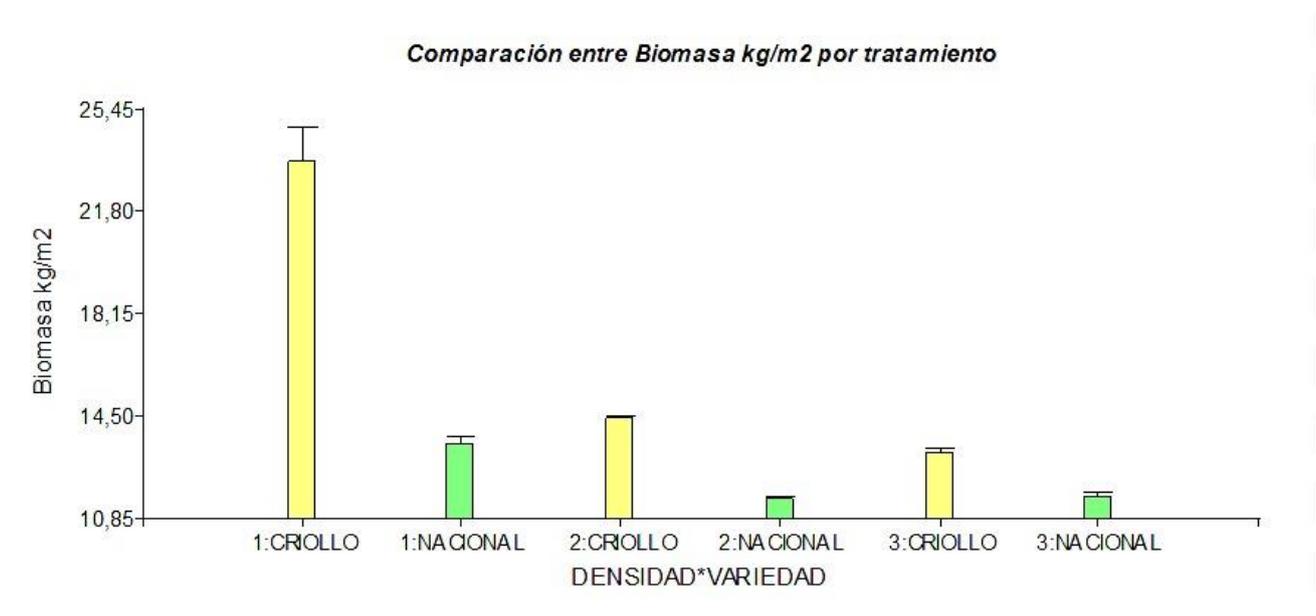
Resultados del análisis de Tukey correspondiente a las variables de la Evaluación de dos híbridos de maíz y tres densidades de siembra (1,5;2;2,5 kg/bandeja) en la producción de forraje verde hidropónico.

DENSIDAD (kg)	Altura (cm)	Biomasa (kg/m²)
2,5	20,64	11,67
2	21,21	11,58
1,5	23,94	13,54
1,5	25,92	23,58
2,5	27,81	13,25
2	28,13	14,46

Nota: En la tabla se observan las medias de altura (cm) y biomasa (kg) en función de las diferentes densidades de maíz evaluadas. Donde las plantas con mayor altura fueron obtenidas con una densidad de 2 y 2,5 kg (27,81 cm y 28,13 cm). Sin embargo, el nivel más alto de biomasa fue obtenido con 1,5 kg lo que generó un total de 23,58 kg/m² de biomasa.

Figura 3

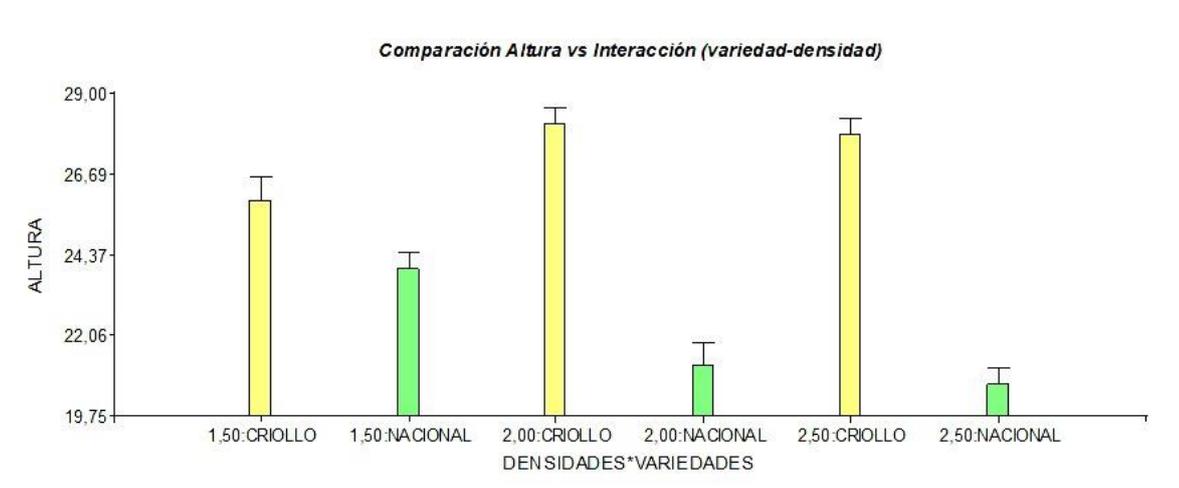
Prueba de significancia tukey de la ganancia de biomasa kg/m²



Nota: En la figura se observa que la mayor parte de tratamientos tuvieron medias por debajo de 15,16 kg/m² de biomasa verde, mientras que la biomasa de D1V1 obtuvo una mediana de biomasa verde superior a 20,83 kg/m²; por lo cual, en el diagrama de cajas se observan 3 grupos; el grupo A compuesto por D3V2, D2V2, D3V1 y D1V2; el grupo B, conformado por D3V1, D2V1 y D1V2. No obstante, el grupo C estuvo conformado por D1V1.

Figura 4

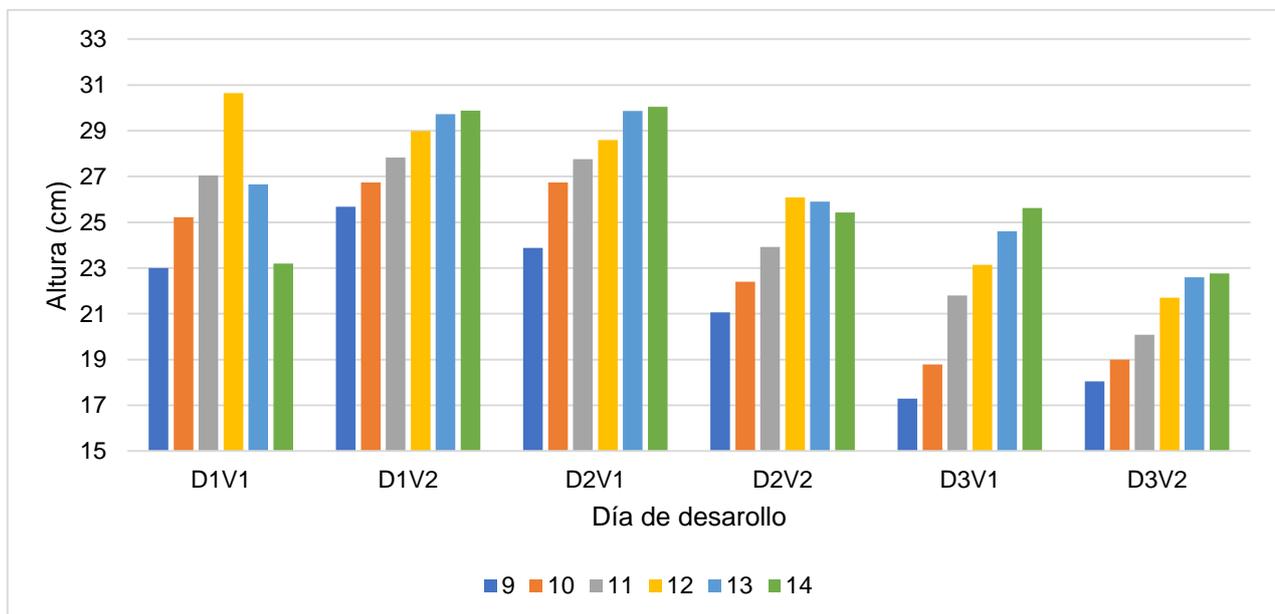
Prueba de significancia de la ganancia de altura en (FVHM)



Nota: En la figura se observa que la mayor altura se alcanzó con D2V1 con una mediana de 28,48cm seguida por D1V1; sin embargo, debido a la distribución de las medianas se evidenció la presencia de 4 grupos en el diagrama de cajas. El grupo A estuvo compuesto por D3V2 y D2V2 con una mediana cercana a 21; el grupo B, conformado por D1V1 y D1V2. Mientras que el grupo C, estuvo compuesto por D1V1 y D3V1 con una media comprendida entre 24,05 y 28,48 cm. No obstante, el grupo D lo conformaron D2V1 y D3V1.

Figura 5

Ganancia diaria de altura de FVHM



Nota: En la figura 5 se observa el comportamiento de la altura de las plantas en función de los tratamientos y los días de desarrollo; donde se destaca el tratamiento D1V1 (1,5 kg/bandeja + criollo), donde se observa que se logró un pico de crecimiento en el día 12 con 30,64 cm de altura; sin embargo, a partir de este día el crecimiento tendió a descender hasta llegar a 23 cm de altura en el día 14. Un comportamiento similar se detectó en D1V2 (1,5 kg + Nacional) aunque con menor altura en el día 12 con 26,08 cm; valor que se fue reduciendo de manera mínima hasta llegar a 25,42 cm en el día 14. Por el contrario, el resto de tratamientos mostraron una tendencia exponencial para el desarrollo de la altura, aunque en menor medida desde el día 13.

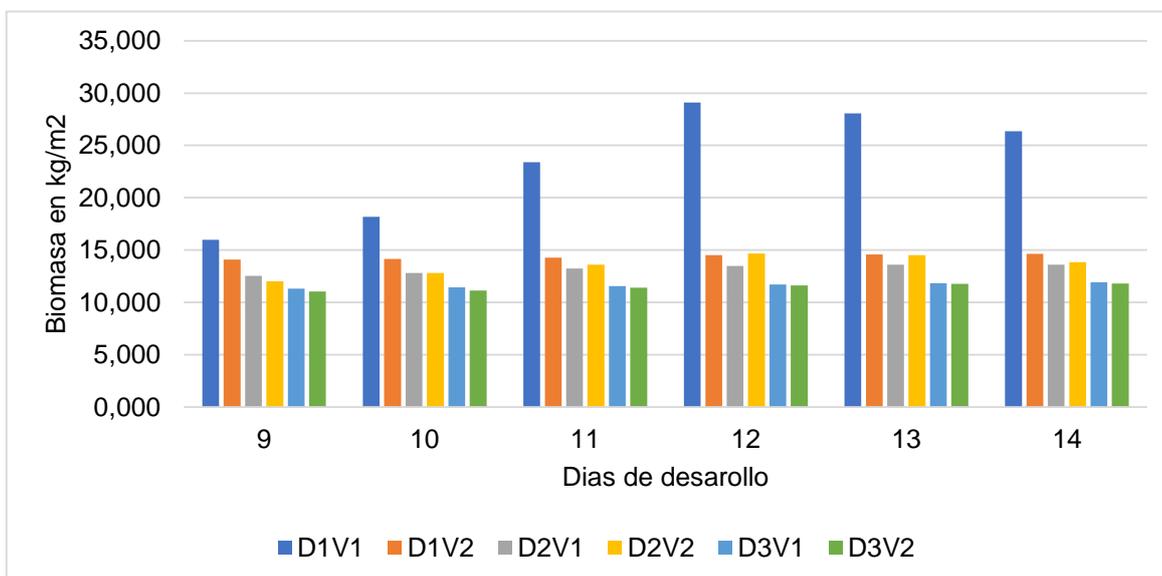
En el estudio de Carrillo et al., (2016) se determinó un promedio de 30,25 cm de altura en el día 13 y 23,81 cm de altura en el día 14 al utilizar semillas de maíz; en el caso del primer valor, se asemeja al obtenido durante el día 12, mientras que, en cuanto al segundo, el obtenido en este caso durante el día 13 fue superior con una diferencia de 3 puntos.

La altura de planta en maíz está mediada por la densidad del cultivo; de tal manera que, cuando estas tienen menos espacio para su desarrollo, tienden a competir, elongándose más para acceder a la luz y así llevar a cabo el proceso fotosintético (Hernández & Pérez, 2022). No obstante, la reducción de altura observada en el maíz a una densidad de 1,5 kg se debe a es una estrategia efectiva de la especie para mejorar la resistencia al acame (Dong et al., 2020); ya que, al alargarse, los tallos son más delgados y susceptibles.

No obstante, para los demás tratamientos donde no se produjo la germinación completa de las semillas sembradas es probable que su altura haya sido el resultado del amplio espaciamiento con el contaron (Hernández & Pérez, 2022) e incluso debido a la adaptabilidad del maíz (De la Cruz & Sevilla, 2018), puesto que sus semillas eran originarias de Las Mercedes. Lo que, sustentaría los resultados obtenidos en esta variable para la zona de Luz de América y el resto de tratamientos que no presentaron buenos niveles de germinación.

Figura 6

Ganancia diaria de biomasa fresca de FVHM



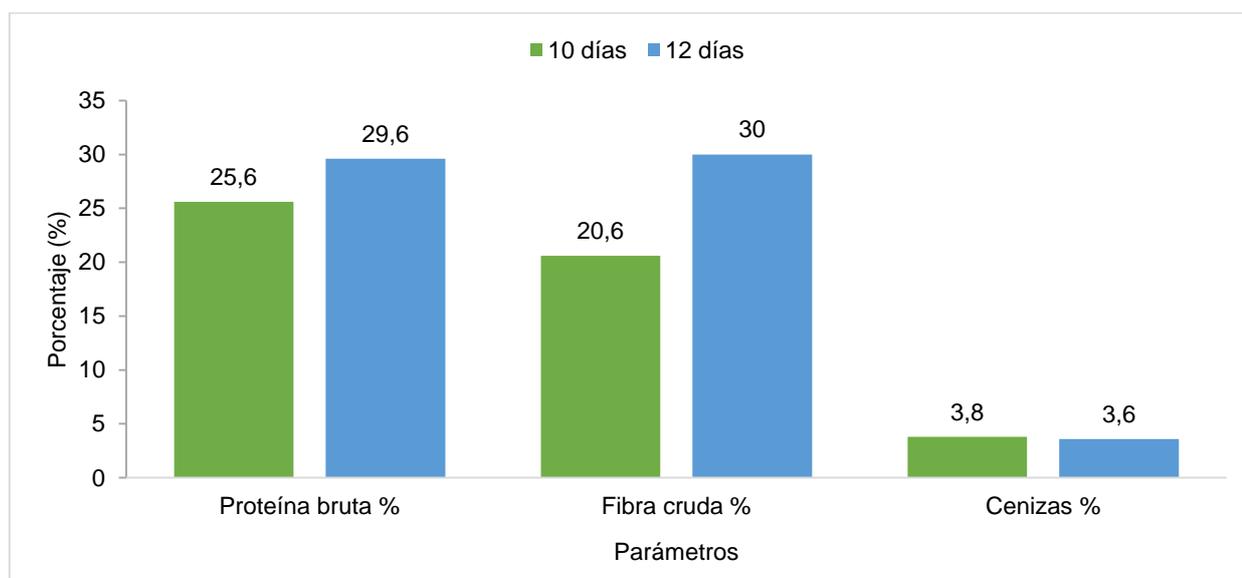
Nota: En la figura 6 se observa el comportamiento de biomasa fresca de FVH de maíz conforme a los tratamientos y los días de desarrollo; donde se destacó nuevamente D1V1 (1,5 kg + criollo), donde se observa que la mayor cantidad de biomasa se obtuvo en el día 12 con 29,11 kg/m²; no obstante, en el día 13, se observó una reducción paulatina en la producción de FVH hasta situarse en 26,33 kg/m² en el día 14. Sin embargo, en cuanto a los demás tratamientos, ninguno superó los 33,33 kg/m² de biomasa verde de maíz.

López et al., (2009) reportó un rendimiento de 20,50 kg FVH/m² con densidades de 1,5 kg/m², mientras que, para 2 y 2,5 kg de semilla, manifestó una obtención de 24,50 y 40,12 kg FVH/m² con semillas de maíz; valores que no son similares a los obtenidos en este estudio. Según Abbas et al., (2021), las plantas con menor altura también tienen poca materia seca, contenido que incide directamente sobre el peso de la biomasa verde; además, este parámetro está mediado por la cantidad de radiación que recibe la planta (Blanco & González, 2021), así como también la densidad de siembra y la capacidad germinativa de las semillas (Majía, 2020).

Composición bromatológica

Figura 7

Composición bromatológica del tratamiento D1T1



Nota: La figura 4, presenta los parámetros bromatológicos obtenidos de D1V1 (1,5 kg de maíz + Criollo) a los 10 y 12 días de desarrollo; donde, la mayor cantidad de proteína bruta y fibra cruda se hallaron en el día 12 con 29,60% y 30% para cada parámetro, respectivamente. No obstante, en cuanto a cenizas, el FVH de maíz a los 10 días obtuvo un contenido superior al de los 12 días con 3,80%.

(CUESTA BORJA & MACHADO PERLAZA, 2009) reportaron a los 12 días valores de 29,6% de proteína bruta, 30% de fibra cruda y 3,4% de cenizas, en cuanto al día 10 reporta valores de 27% de proteína bruta, 21,9% de fibra cruda y 3,8 % de cenizas en FVHM; valores que son comparables con nuestro estudio, no obstante, en el día 10 en Proteína y fibra nuestros datos son inferiores.

(Salas, y otros, 2010) Manifiesta que, los contenidos de proteína en el forraje dependen de la fertilización nitrogenada, lo que puede haber influenciado estas cantidades en el FVH fresco de maíz. Conforme a Cueva (2023) el nivel de cenizas es una consecuencia de la cantidad de minerales que ha absorbido la planta, por lo cual en el día 12 tendió a disminuir, probablemente debido a la utilización de estos en sus funciones vitales en función de las necesidades de su ciclo biológico.

Variables de Producción

Ganancia de peso vivo final acumulado en cuyes

Tabla 12

Análisis de varianza para la variable peso vivo final acumulado en cuyes.

Fuentes de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	F	Valor-p
Tratamiento	496113,00	1	496113,00	62,06	<0,0001
Error	79944,15	10	7994,42		
Total	576057,15	11			

Fuentes de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	F	Valor-p
CV%	10,22				

Nota: La tabla presenta el análisis de varianza para la variable peso vivo acumulado en cuyes, a un nivel de significancia al 5%; en este caso, se demostró diferencia significativa entre los tratamientos ($p < 0.0001$).

Tabla 13

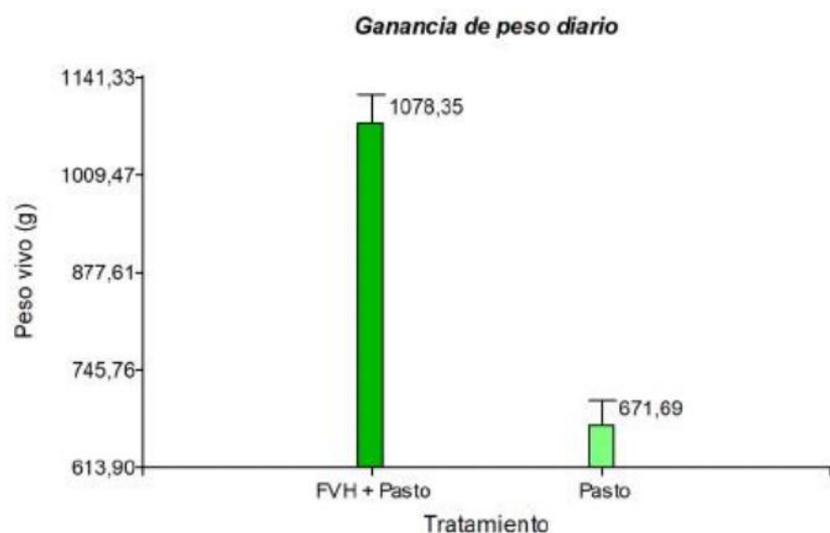
Prueba de tukey para la ganancia de peso vivo final en cuyes

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
Pasto	671,69	6	36,5	A
FVH + Pasto	1078,35	6	36,5	B

Nota: En la tabla, se observa la distribución de medias conforme a la prueba de significancia de Tukey al 5% donde se evidenció diferencias significativas para los tratamientos aplicados en función de la ganancia de peso vivo final en cuyes donde, FVH + Pasto primó sobre la dieta con pasto, ya que alcanzó 1078,35 kg; es decir 406,66 gramos más que la alimentación convencional (671,69 g).

Figura 8

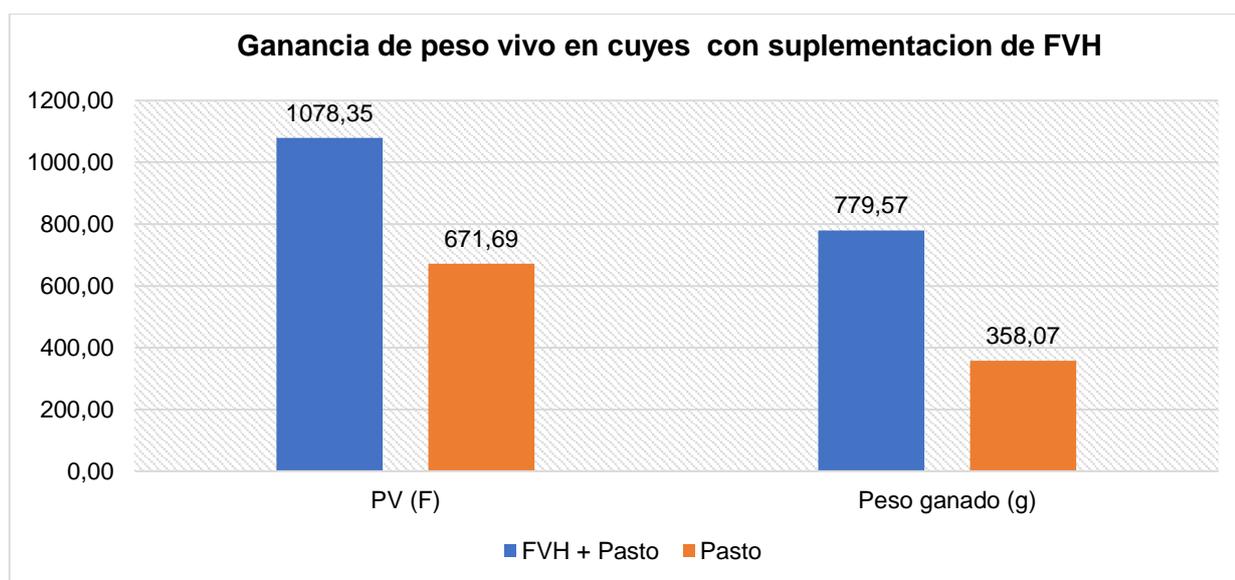
Prueba de significancia de tukey en ganancia de peso diario en cuyes



Nota: En la figura se observa que la mayor ganancia de peso diario es en FVH + pasto con una media de 1078,35g, a comparar con el testigo (pasto) tiene una media de 671,69 g.

Figura 9

Ganancia de pesos vivo en cuyes con FVHM



Nota: Como se muestra en la figura 8 del peso ganado con la suplementación de la dieta a lo cuyes, donde T1 (FVH+Pasto), presento mayor ganancia de peso de 671,69 g, mientras que el testigo (Dieta

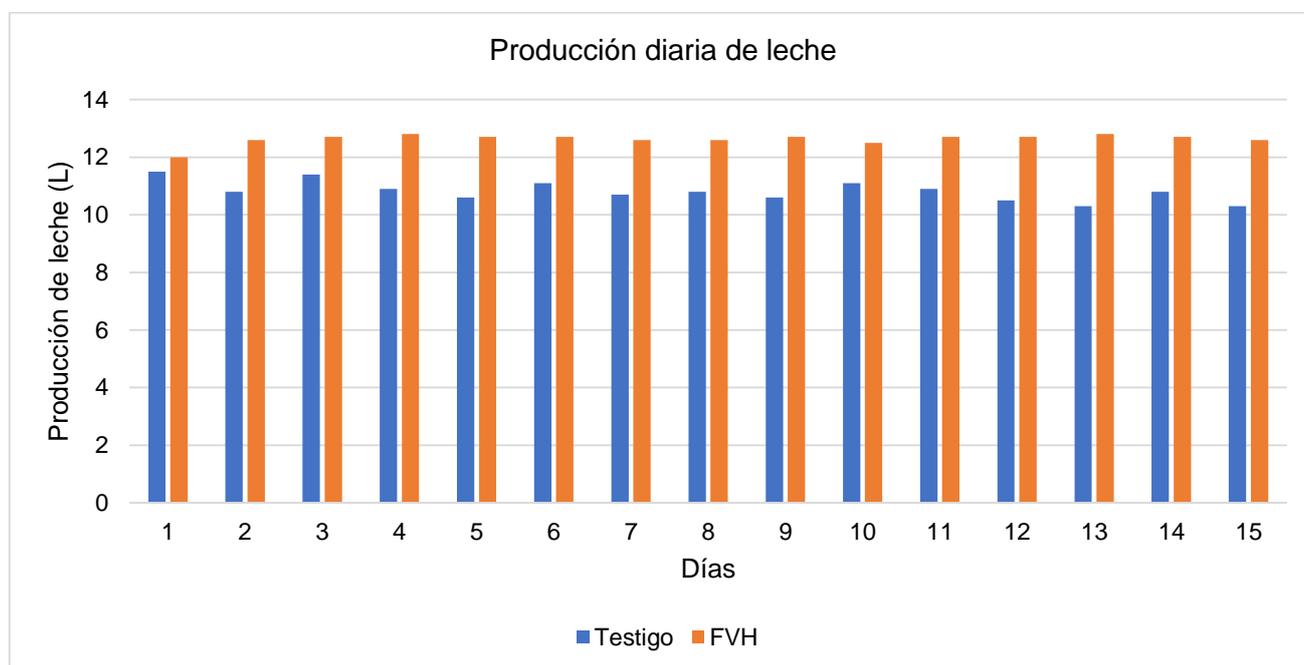
convencional) obtuvo 358,07 g. Usca, j (2000), menciona la ganancia de peso de 717 g, suplementando el 100% de FVHM al comparar con nuestro ensayo la diferencia de peso en nuestro ensayo es inferior, debido a que suministramos pasto Saboya y el de ellos alfalfa.

Según (De La Cruz, 2021), evaluó diferentes niveles de inclusión de forraje verde hidropónico de maíz en el rendimiento de peso del cuy donde los mejores resultados se obtuvieron en el T4 con el 60% de FVH teniendo un peso final de 992,4 g, comparándole con nuestra investigación donde se suplemento con el 100% de FVH se obtuvo un promedio de peso final de 1078,35 g, esto se corrobora por lo expuesto Samaniego (2016), donde menciona que donde más se suministre mayor porcentaje de FVH en la dieta alimenticia se logra mejores resultados en sus pesos finales.

Producción de leche diaria acumulada en vacas (I)

Figura 10

Producción inicial y final de ganancia de leche



Nota: En la figura, se puede observar la producción de leche diaria en litros durante quince días, en donde el grupo testigo tiene un promedio de producción diaria de alrededor de 10,8 litros de leche, mientras que, la producción de leche en el grupo de vacas que fueron alimentadas con FVH presentaron un promedio de producción diaria de alrededor de 12,7 litros de leche. La diferencia

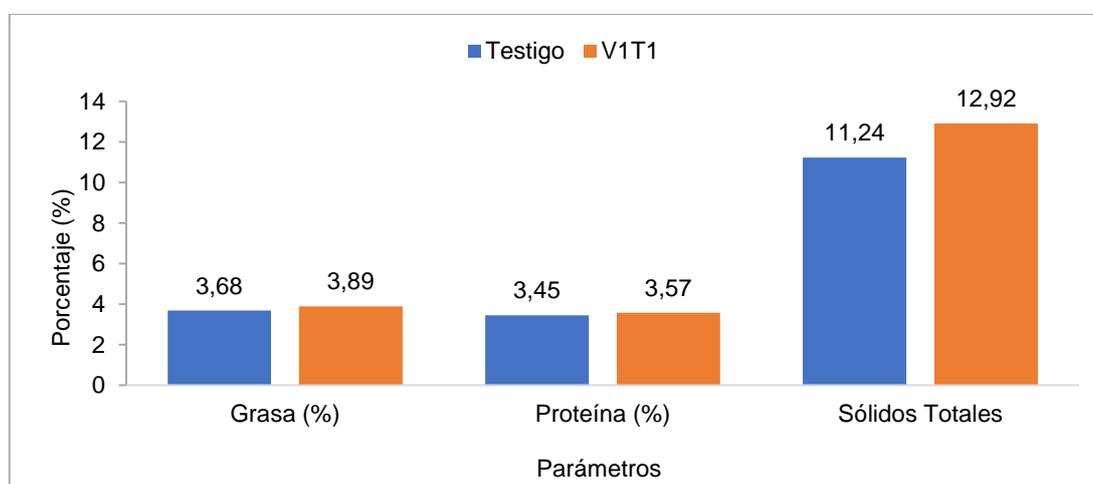
promedio en la producción diaria entre los dos grupos es significativa, con el grupo “FVH” produciendo aproximadamente 1,9 litros más por día en comparación con el grupo “Testigo”. Los datos sugieren que la introducción de Forraje Verde Hidropónico en la alimentación de las vacas ha tenido un efecto positivo en la producción de leche diaria en comparación con el grupo Testigo que se alimentó solo con pasto.

Los resultados obtenidos son altamente consistentes con los resultados obtenidos por (Mora C. , 2009), el cual demostró que al alimentar a las vacas con forraje verde hidropónico, la producción de leche aumentó en un rango del 10% al 15%, mientras que los resultados obtenidos están alineados con esta tendencia, ya que la diferencia de 1,9 litros diarios representa un aumento significativo dentro de este rango en la producción de leche. La similitud entre los resultados obtenidos y los de (Mora C. , 2009) respalda la idea de que el FVH tiene un impacto positivo en la producción de leche en vacas, además los resultados obtenidos sugieren que el FVH tiene un efecto estimulante en la producción de leche en vacas, siendo la mayor cantidad de nutrientes y las condiciones de crecimiento controladas en el FVH las cuales podrían estar contribuyendo a un aumento en la producción de leche. Además, la estabilidad en la producción diaria observada en los resultados obtenidos podría estar relacionada con la calidad constante del alimento proporcionado.

Calidad de la leche

Figura 11

Resultados del análisis de calidad de la leche en función de los tratamientos.



Nota: La figura, presenta los parámetros de calidad de la leche evaluados con las dietas V1T1 y el testigo; donde se observa que, el nivel de grasa, proteína y sólidos totales superó al testigo en cuestión con 3,89%, 3,57% y 12,92%, siendo este último valor ligeramente superior al obtenido por el testigo (11,24%), donde los niveles de grasa y proteína fueron de 3,68% y 3,57%.

La calidad de la leche depende principalmente de la raza y el ciclo de lactancia; no obstante, el manejo de la dieta puede hacer variar los contenidos de grasa, proteína y sólidos totales en la leche, aunque no de manera permanente (Mora C. , 2009). Según, Fernández y Tarazona (2015) el contenido de grasa se eleva al final del período de lactancia entre los 255 a 270 días.

No obstante, en cuanto a sólidos totales, puede ser que la cantidad de proteína aportada por el FVH (29,6%), haya incrementado los sólidos totales; puesto que, conforme a Mara y Murphy (1993) la proteína de la dieta puede influir en el 25% del total de sólidos de la leche, componente que resulta ser, más valioso que la grasa. Esto tomando en consideración que, la calidad del pasto *B. Decumbens* que se utiliza comúnmente en la explotación; ya que, no supera el 15% de proteína cruda a los 35 días de descanso según reportó Brenes (2018).

Capítulo VI

Conclusiones

Se concluye que las diferentes densidades de siembra influyen en el porcentaje de germinación, rendimiento y la ganancia de peso en animales que consumen FVHM, como suplemento de su dieta si presento diferencia significativa.

Los mejores resultados de porcentaje de germinación se presentaron en la densidad de 1,5 kg/bandeja, en las dos variedades sembradas con un total de 98,4% en la variedad criolla, seguido de la variedad nacional con un 97%.

El mejor comportamiento de biomasa fresca destacó el D1V1 (1,5 kg/bandeja + Criolla), donde presentó una biomasa de 29,11 kg/m².

En cuanto al parámetro de calidad bromatológico, presentes en D1V1 (1,5 kg/bandeja) de maíz criollo, se concluye que el mejor día para la alimentación es en el día 12, por que presentó el más alto contenido de proteína de 29,60%, fibra del 30%, cenizas de 3,80% al compararlo con los días 10 y 15.

En cuanto a la mejor densidad de siembra de FVHM, se presentó en la densidad de 1,5 kg o 6,25 kg/m², llegando a una altura a los 12 días de 30,64 cm en D1V1 (1,5 kg + criolla), con un porcentaje de germinación del 98,4% y una biomasa de total de 23,58 kg/m², y con una proteína del 29,60%, fibra del 30% y cenizas de 3,80%, la mejor densidad de siembra es de 6,25 kg/m² o 1,5 kg/bandeja, con la variedad criolla.

De acuerdo con la suplementación de una dieta a base de FVH, demostró que influye de manera positiva en la dieta en la alimentación de los cuyes, obteniendo un rango promedio de ganancia de peso vivo al final de 406,66 gramos más que la alimentación convencional en cuyes.

En las vacas productoras de leche suplementados con FVH se obtuvo un rango de ganancia de leche aproximado de 1,9 litros más por día en comparación al testigo, podemos decir que en la calidad de leche hubo una ligera diferencia.

Los resultados obtenidos fueron difundidos a productores y agricultores de la zona, mediante la feria de exposición en ASOGAN- Santo Domingo, además se promociono a la carrera de agropecuaria.

Recomendaciones

Basado en los resultados, se recomienda utilizar la densidad de siembra de 1.5 kg/m² en la producción de forraje verde hidropónico. Esto permitirá obtener alturas y biomasa satisfactorias, así como una tasa de germinación saludable.

A pesar de la elección de la densidad de siembra óptima, es importante mantener un monitoreo regular durante todo el ciclo de cultivo, esto permitirá ajustar las prácticas de manejo según las condiciones cambiantes y garantizar un rendimiento constante.

Se recomienda realizar experimentos adicionales en diferentes estaciones del año y ubicaciones geográficas. Esto ayudará a validar la eficacia de esta densidad en una variedad de contextos.

Además, se recomienda evaluar la suplementación de FVH, para la producción de leche durante un periodo más prologado para determinar la calidad de leche, debido a que el periodo académico es muy corto y los resultados obtenidos no presento cambios significativos.

Bibliografía

- CUESTA BORJA, T., & MACHADO PERLAZA, R. (01 de Junio de 2009). *127Producción y evaluación de la calidad nutricional del forraje verde hidropónico(FVH) a base de maíz (Zea mays) como alternativa para la alimentación de pollosde engorde en la Estación Ambiental Tutunendo, Chocó, Colombia.* Obtenido de BioEtnia: <https://bioetnia.iiap.org.co/index.php/bioetnia/article/view/76/63>
- Abbas, A., Irfan, M., Shah, A., Shah, A., Song, Y., Sun, W., . . . Yildirim, M. (2021). Combating Dual Challenges in Maize Under High Planting Density: Stem Lodging and Kernel Abortion. *Frontiers in Plant Science*, 2. doi:10.3389/fpls.2021.699085
- Acurio, M. (2016). *EVALUACIÓN DE AVENA HIDROPÓNICA EN LA ALIMENTACIÓN DE CONEJOS DE RAZA NEOZELANDES EN LA ETAPA DE ENGORDE.* Recuperado el 23 de Agosto de 2023, de <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/19227/1/Tesis%2039%20Medicina%20Veterinaria%20y%20Zootecnia%20-CD%20382.pdf>
- Albert, G., Alonso, N., Cabrera, A., Rojas, L., & Rosthoj, S. (Junio de 2016). *EVALUACIÓN PRODUCTIVA DEL FORRAJE VERDE HIDROPÓNICO DE MAÍZ, AVENA Y TRIGO.* Obtenido de Scielo: <https://doi.org/10.18004/compend.cienc.vet.2016.06.01.7-10>
- Barbado, J. (2005). Hidroponía, Su empresa de cultivos en agua. En J. Barbado. Buenos Aires, Santiago del Estero: Albatros. Obtenido de https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/60948296/H1-convertido20191018-30355-1v399sr-libre.pdf?1571457575=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DH1_convertido.pdf&Expires=1691030448&Signature=KbgjtrJzHITffRmKx-C7wcP52Bagaou9uESlcgtaOckD11DTSRVpV

- Blanco, Y., & González, D. (2021). Influencia de la densidad de población en el cultivo de maíz (*Zea mays* L.). *Revista Nacional de Ciencias Agrícolas*, 3, 42. doi:<https://ediciones.inca.edu.cu/index.php/ediciones/article/view/1602/html>
- Brenes, S. (2018). Evaluación del rendimiento y periodo de descanso de tres pastos de piso. *InterSedes*, 19(39), 133-145. doi:<https://www.scielo.sa.cr/pdf/is/v19n39/2215-2458-is-19-39-133.pdf>
- Carrillo, F., Escalera, F., Martínez, S., Peña, B., Salgado, S., & Zagal, M. (2016). Producción de forraje verde hidropónico de maíz con riego de agua cada 24 horas. *Abanico veterinario*, 16(1), 29-34. doi:<https://www.scielo.org.mx/pdf/av/v6n1/2448-6132-av-6-01-00029.pdf>
- Cueva, R. (2023). *Evaluación de la palatabilidad del forraje verde hidropónico en cuyes (Cavia porcellus) y pollos (Gallus gallus domesticus) de la ciudad de Santo Domingo*. Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE. doi:<http://repositorio.espe.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/21000/36054/T-ESPED-003268.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- De la Cruz, M., & Sevilla, R. (2018). Adaptación de una variedad heterogénea de maíz a la región Alto Andina, usando la selección mazorca - hilera modificada. *Avances en Ciencias e Ingenierías*, 11(1). doi:10.18272/aci.v11i1.1148
- De La Cruz, R. (2021). *COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO DEL CUY (Cavia porcellus) EN CRECIMIENTO UTILIZANDO DIFERENTES NIVELES DE FORRAJE VERDE HIDROPÓNICO DE MAÍZ EN SU ALIMENTACIÓN*. Obtenido de <https://repositorio.upse.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/46000/7545/UPSE-TIA-2022-0009.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Dong, Z., Fei, S., Jin, W., Li, B., Li, H., Liu, M., . . . Xiang, H. (2020). Maize Plant Architecture Is Regulated by the Ethylene Biosynthetic Gene *ZmACS7*. *Plant Physiology*, 183(3), 1184-1199. doi:10.1104/pp.19.01421

- FAO. (2001). *FORRAJE VERDE HIDROPONICO*. Recuperado el 2 de Agosto de 2023, de Mejoramiento de la disponibilidad de alimentos en los Centros de Desarrollo Infantil del INNFA: <https://www.fao.org/3/ah472s/ah472s00.pdf>
- FAO. (2001). *Manual Técnico de Forraje Verde Hidropónico*. Obtenido de Organización de las Naciones Unidas para la agricultura y la alimentación : <https://www.fao.org/3/ah472s/ah472s00.pdf>
- Fernández, J., & Tarazona, G. (2015). Factores que influyen en la composición de la leche en el Sector el Retorno, Parroquia Sabanilla, Cantón Zamora, Provincia de Zamora Chinchipe-Ecuador. *Revista Politécnica*, 36(2). doi:https://revistapolitecnica.epn.edu.ec/ojs2/index.php/revista_politecnica2/article/download/644/pdf/3527
- Franklin, M. (1998). *Forages*. Obtenido de ECHO TECHNICAL NOTE: <https://people.umass.edu/~psoil370/Syllabus-files/Forages.pdf>
- Hernández, G., & Pérez, E. (2022). Efecto de densidades de siembra en el desarrollo fenológico productivo del cultivo de maíz (*Zea mays*) en camas biointensivas. *Revista Iberoamericana de Bioeconomía y Cambio Climático*, 8(15). doi:10.5377/ribcc.v8i15.14332
- Juárez, P., Morales Rodríguez, H., Sandoval Villa, M., Gómez Danés, A., Cruz Crespo, E., Juárez Rosete, C., . . . Ortiz Catón, M. (2013). *t Producción de Forraje Verde Hidropónico*. Obtenido de Unidad Académica de Agricultura, Universidad Autónoma de Nayarit: <http://dspace.uan.mx:8080/bitstream/123456789/2126/1/Produccion%20de%20forraje%20verde%20hidroponico.pdf>
- Klassen, W., Li, Y., Liu, G., & Porterfield, M. (2012). Increased Oxygen Bioavailability Improved Vigor and Germination of Aged Vegetable Seeds. *HortScience*, 47(12), 1714-1721. doi:<https://doi.org/10.21273/HORTSCI.47.12.1714>

- López, L. (septiembre de 2005). *Producción de Forraje Verde Hidropónico*. Obtenido de Centro de Investigación en Química Aplicada: <https://ciqa.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1025/403/1/Luis%20Angel%20Lopez%20Martinez.pdf>
- López, R., Murillo, B., & Rodríguez, G. (2009). El forraje verde hidropónico (FVH): Una alternativa de producción de alimento para el ganado en zonas áridas. *Interciencia*, 34(2). doi:http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378-18442009000200009
- Majía, D. (2020). *Explotación para la producción de forraje verde hidropónico de maíz y sorgo para la alimentación de ganado lechero: Revisión de Literatura*. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. doi:<https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/580adc07-0cef-4213-812a-66450d2a742a/content>
- Mara, F., & Murphy, J. (1993). Nutritional manipulation of milk protein concentration and its impact on the dairy industry. *Livestock Production Science*, 35(1-2), 117-134. doi:10.1016/0301-6226(93)90185-K
- Martínez, F. (03 de junio de 2019). *Info Pastos y Forrajes Forraje Verde Hidropónico (F.V.H) Para La Alimentación De Animales*. Obtenido de Info Pastos y Forrajes: https://infopastosyforrajes.com/suplementacion/forraje-verde-hidroponico/#Ventajas_y_Desventajas_del_Forraje_Verde_Hidroponico
- Meza, Z. (2005). *Evaluación de variedades de maíz y densidad de siembra en la producción de forraje verde hidropónico*. Universidad Autónoma de Nuevo León. doi:<https://core.ac.uk/download/pdf/76592198.pdf>
- Miller, T. (2012). *Swine feed efficiency*. Iowa State University. doi:<https://www.ipic.iastate.edu/sfe/IPIC25eSp.pdf>
- Mora, C. (2009). *Evaluación del uso de forraje verde hidropónico de maíz (FVHM) sobre la producción de leche de vacas en pastoreo*. Instituto Tecnológico de Costa Rica.

doi:<https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/3945/Evaluaci%C3%B3n%20del%20uso%20de%20forraje%20verde%20hidrop%C3%B3nico%20de%20ma%C3%ADz%20%28FVHM%29%20sobre%20la%20producci%C3%B3n%20de%20leche%20de%20vacas%20en%20pastoreo.pdf?sequence=1&isAllow>

Morales, H., Gómez, A., Juárez, P., Loya, L., & Ley de Coss, A. (2012). *Forraje Verde Hidropónico de maíz Amarillo (Zea mayz L.) con diferente concentración de solución nutritiva*. Obtenido de Sitio Argentino de Producción Animal: https://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/forraje_hidroponico/28-hidroponico_de_maiz_20.pdf

Moreno, I. (2018). *Evaluación nutricional y económica de la producción de forraje verde hidropónico de maíz (Zea mays) empenado grano comercial*. Obtenido de https://repositorio.una.ac.cr/bitstream/handle/11056/14958/TFG_Isaac%20Moreno%20Alvarado.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Moyano, L., & Sánchez, H. (2012). Comportamiento de la proteína de forraje verde hidropónico en función del tiempo de cosecha. *Revista Sistemas de Producción Agroecológica*, 3(2), 36-45. doi:<https://revistas.unillanos.edu.co/index.php/sistemasagroecologicos/article/view/602>

Nutrimax. (2023). *Nutrimax, nutrición animal en Costa Rica*. doi:<https://nutrimaxcr.com/cruce-de-gyrolando/#:~:text=El%20promedio%20de%20producci%C3%B3n%20por,los%2020%2C000%20kilogramos%20de%20leche.>

Olivas, G. (Octubre de 2012). *Plan de negocio, establecimiento de vivero para producción y comercialización de forrajes verdes hidropónicos de maíz (Zea mays), Camoapa, Boaco*. Obtenido de <https://cenida.una.edu.ni/Tesis/tne70o48p.pdf>

Paulino, J. (1 de abril de 2020). *Efectos de la peletización en aves y cerdos*. Obtenido de Engormix: <https://www.engormix.com/avicultura/articulos/efectos-peletizacion-aves-cerdos-t45110.htm>

- Puón, M. X.-H. (Octubre de 2015). *Forraje Verde Hidropónico como suplementación en la alimentación en zona de semidesierto*. Obtenido de <https://ri-ng.uaq.mx/handle/123456789/1266>
- Romero, M. (02 de Abril de 2009). *Producción de Forraje Verde Hidropónico y su Aceptación en Ganado Lechero*. Obtenido de Universidad de Guanajuato: <https://actauniversitaria.ugto.mx/index.php/acta/article/view/93/80>
- Salas, L., Preciado, P., Esparza, J., Álvarez, V., Palomo, A., Rodríguez, N., & Márquez, C. (2010). Rendimiento y calidad de forraje hidropónico producido bajo fertilización orgánica. *Terra Latinoamericana*, 28(4), 355-360. doi:<https://www.scielo.org.mx/pdf/tl/v28n4/v28n4a7.pdf>
- Samaniego, M. (2016). *Utilización de Forraje hidropónico Zea mays (maíz), en la alimentación de Cavia porcellus (Cuyes), en la etapa de crecimiento y engorde en la provincia de Morona Santiago*. Obtenido de Escuela Superior Politécnica de Chimborazo: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/5386/1/17T1416.pdf>
- Sánchez, O. (2016). *Efecto del tipo de ubre, morfología del pezón y tipo racial sobre la duración del ordeño, en la lechería especializada El Guabito (Zarzal)*. Universidad de La Salle. doi:<https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1023&context=zootecnia>
- Tranquilino, Z., Martínez, S., & Salgado, S. (Abril de 2016). *Evaluación de diferentes sistemas de producción de biomasa hidropónica de maíz*. Recuperado el 24 de Agosto de 2023, de Abanico veterinario: https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2448-61322016000100029
- Velis, G. (2017). *Engorde de cuyes con dos dietas diferentes utilizando maíz chala y brocoli*. Universidad Nacional Agraria La Molina. doi:<https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/3418/velis-figueroa-gonzalo-martin.pdf?sequence=1&isAllowed=y#:~:text=El%20suministro%20de%20fibra%20de,de%20fibra%20en%20la%20raci%C3%B3n>.

Verdesoto Rodríguez, J., & Johan Marcelo, V. (Febrero de 2023). *Realizar Análisis bromatológico del forraje verde hidropónico producido con tres soluciones nutritivas para la alimentación del ganado bovino*. Obtenido de Repositorio Institucional de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE: <http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/36004>

Vivas, J. (2009). *Manual de crianza de cobayos (Cavia porcellus)* . Obtenido de Universidad Nacional Agraria: <https://repositorio.una.edu.ni/2472/1/RENL01V856.pdf>

Yanchaliquin, J. (2022). *Forrajes Hidropónicos en la alimentación de cuyes*. Obtenido de Escuela Superior Politécnica de Chimborazo: <http://dspace.espoch.edu.ec/bitstream/123456789/17088/1/17T01724.pdf>

Zaráte, M. (2014). *Manual de Hiroponía*. Obtenido de Universidad Nacional Autónoma de México: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/232367/Manual_de_hidroponia.pdf