



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE BABAHOYO
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA



TRABAJO DE TITULACIÓN

Componente práctico del Examen de Grado de carácter
Complejivo, presentado al H. Consejo Directivo de la Facultad,
como requisito previo para obtener el título de:

INGENIERO AGROPECUARIO

TEMA:

“Uso de maíz forrajero hidropónico en la alimentación del ganado
vacuno en Ecuador”.

AUTOR:

Aron Felipe Marmolejo Dicado.

TUTORA:

Dra. Lidia Paredes Lozano, Msc.

Babahoyo - Los Ríos – Ecuador

2023

RESUMEN

Un método alternativo para proporcionar proteínas a rumiantes como el ganado es a través de forraje de maíz (HMF) cultivado hidropónicamente. El objetivo fue describir cómo se utiliza el maíz forrajero cultivado hidropónicamente para alimentar al ganado en el Ecuador. Las inferencias hechas son las siguientes: La calidad nutricional del forraje de maíz verde hidropónico proporciona materia seca (en base seca) 86,60 - 90,93%, proteína cruda 9,78 - 19%, fibra cruda 5,40 - 25,10%, nutrientes digestibles totales 71,87 - 80,81%, Energía Metabolizable de 3216 kcal/kg, su digestibilidad oscila entre 83-90%, contiene caroteno 24,9 UI/kg, p. pág. m), Zinc 35 p.p. Además, es una fuente importante de carbohidratos no estructurales que mejorarán rápidamente el desempeño animal, ya sea en el mantenimiento de las condiciones corporales o en la producción de leche; Los parámetros productivos del Forraje Verde Hidropónico de maíz son mejor cuando se cultiva al 75% del nivel de nutrientes; el maíz forrajero es una buena alternativa a la hora de complementar la dieta del rumiante porque aporta energía que favorece la estimulación del metabolismo ruminal; por el hecho de que la parte aérea de la plántula de maíz, se destaca por tener mayores niveles nutricionales.

Palabras claves: alimentación, vacuno, hidroponía, gramíneas

SUMMARY

An alternative method of providing protein to ruminants such as cattle is through hydroponically grown corn fodder (HMF). The objective was to describe how hydroponically grown forage corn is used to feed livestock in Ecuador. The inferences made are as follows: The nutritional quality of hydroponic green corn forage provides dry matter (on a dry basis) 86.60 - 90.93%, crude protein 9.78 - 19%, crude fiber 5.40 - 25, 10%, total digestible nutrients 71.87 - 80.81%, Metabolizable Energy of 3216 kcal/kg, its digestibility ranges between 83-90%, contains carotene 24.9 IU/kg, p. p. m), Zinc 35 p.p. In addition, it is an important source of non-structural carbohydrates that will quickly improve animal performance, whether in maintaining body conditions or milk production; The productive parameters of Corn Hydroponic Green Forage are better when grown at 75% of the nutrient level; Forage corn is a good alternative when it comes to complementing the ruminant's diet because it provides energy that favors the stimulation of the rumen metabolism; due to the fact that the aerial part of the corn seedling stands out for having higher nutritional levels.

Keywords: feeding, cattle, hydroponics, grasses

CONTENIDO

| | |
|---|-----|
| RESUMEN..... | ii |
| SUMMARY | iii |
| INTRODUCCIÓN | 1 |
| CAPÍTULO I..... | 3 |
| MARCO METODOLÓGICO | 3 |
| 1.1. Definición del tema caso de estudio | 3 |
| 1.2. Planteamiento del problema | 3 |
| 1.3. Justificación..... | 4 |
| 1.4. Objetivos..... | 5 |
| 1.4.1. General | 5 |
| 1.4.2. Específicos | 5 |
| 1.5. Fundamentación teórica | 5 |
| 1.5.1. Generalidades de la alimentación del ganado | 5 |
| 1.5.2. Contenido nutricional de maíz forrajero hidropónico..... | 6 |
| 1.5.3. Beneficios del maíz forrajero hidropónico en la alimentación de ganado vacuno. | 10 |
| 1.6. Hipótesis | 15 |
| 1.7. Metodología de la investigación | 15 |
| CAPÍTULO II..... | 17 |
| RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN | 17 |
| 2.1. Desarrollo del caso | 17 |
| 2.2. Situaciones detectadas (hallazgo)..... | 17 |
| 2.3. Soluciones planteadas..... | 18 |
| 2.4. Conclusiones..... | 19 |
| 2.5. Recomendaciones | 20 |
| BIBLIOGRAFÍA | 20 |

INTRODUCCIÓN

Dado que el maíz contiene suficientes reservas de nutrientes para soportar el crecimiento de la plántula durante siete días, hasta que alcance su crecimiento ideal para su uso como forraje hidropónico en la alimentación del ganado, es el cultivo hidropónico más utilizado en el mundo.

El sector agrícola ha sido históricamente un motor clave del desarrollo ecuatoriano, y todos los signos apuntan a un aumento de su participación en los próximos años, en gran parte como resultado de la disminución gradual de los ingresos de la industria petrolera y el crecimiento explosivo de los productos agrícolas. Las exportaciones tradicionales y no convencionales, así como indiscutiblemente la industria ganadera, donde, en numerosas ocasiones, se han producido importantes pérdidas de ganado como resultado de la escasez de forraje provocada por el cambio climático, han buscado métodos alternativos de producción de alimentos para animales, como el forraje hidropónico de maíz.

Los pastos, el ensilaje y los concentrados son los principales componentes de la alimentación del ganado vacuno, cuidando de mantener un equilibrio entre ellos. Sin embargo, la baja productividad del suelo, la falta de agua para riego, las enfermedades, los organismos patógenos y el cambio climático han tenido un impacto en la producción de pasto. Además, que, al ser importados algunos de los fertilizantes, semillas, e insumos utilizados en su cultivo, dificultan más este proceso, y complementar las dietas a base de concentrados resulta costoso. por lo que es necesario implementar otras opciones de nutrición en las empresas ganaderas que proporcione alimento para el ganado de excepcional calidad, a bajo costo y en las cantidades requeridas durante todo el año como es el forraje verde cultivado hidropónicamente (FVH). (Mejía y Reyes 2020).

La germinación de granos de cereales o leguminosas (como maíz, sorgo, cebada, trigo, alfalfa, etc.) produce forraje verde hidropónico en bandejas. Se realiza durante un período de 7 a 14 días y consiste en absorber los minerales

de la solución nutritiva, así como la energía del sol.

Dependiendo de la raza, el ganado puede recibir entre 12 y 18 kg de maíz, el principal cultivo hidropónico utilizado como forraje.

El uso de maíz forrajero hidropónico para la alimentación del ganado en Ecuador es, por tanto, el tema del presente estudio.

CAPÍTULO I

MARCO METODOLÓGICO

1.1. Definición del tema caso de estudio

Esta información trataba sobre la alimentación del ganado en Ecuador utilizando maíz forrajero cultivado hidropónicamente.

En este sentido, el forraje de maíz hidropónico (HMF) representa un método alternativo para suministrar proteínas a animales rumiantes como bovinos, ovinos, caprinos y búfalos en sus raciones o dietas.

1.2. Planteamiento del problema

Debido a que los pastizales tradicionales en Ecuador no proporcionan una nutrición adecuada a los animales y no están disponibles durante todo el año, la alimentación del ganado es uno de los mayores desafíos que enfrentan los pequeños y medianos ganaderos del país. creando escasez de alimentos durante todo el año.

Debido a la situación actual del país, los productores ganaderos han tenido que hacer algunos ajustes en la alimentación que brindan a sus rebaños, primero utilizando piensos menos concentrados. Esto se debe a la dificultad para obtener las materias primas necesarias para la creación de alimentos saludables. (Espinoza et al. 2020).

Los bajos niveles nutricionales provocados por la falta de alimentos dan como resultado una baja producción (volumen) de leche, una pérdida de peso de 20 a 40 kg por cabeza en el transcurso de 3 a 4 meses y la consiguiente susceptibilidad a las enfermedades. Para mantener un equilibrio entre ellos, a la alimentación del ganado se añaden principalmente concentrados, ensilaje y

pastos. La baja productividad del suelo, la falta de agua de riego, las enfermedades, los organismos patógenos y el cambio climático han tenido un impacto en la producción de pasto. Además, al ser importados los ingredientes utilizados en su elaboración, complementar las dietas a base de concentrados resulta costoso (Mejía y Reyes 2020).

1.3. Justificación

Actualmente, los pastos y forrajes son la fuente de alimento más abundante y rentable para el ganado en los trópicos. Sin embargo, en ciertas épocas del año, principalmente durante la estación seca, su crecimiento y rendimiento se ven impactados debido a factores climáticos y edáficos que impiden el pastoreo continuo durante esos meses. Durante la estación seca se produce una reducción en el crecimiento de los animales jóvenes, pérdidas y un aumento de peso deficiente en el rebaño, así como una baja tasa de concepción de hembras y una fuerte disminución en la producción de leche (Espinosa 2019).

La disponibilidad de pastos en algunas regiones o zonas está limitada por diversos factores, entre ellos el clima o el tiempo de recuperación que se les asigna como consecuencia de la carga animal recibida. El cultivo de maíz hidropónico como forraje parece ser una solución eficaz para encontrar un sustituto a ese breve período de escasez. El maíz forrajero tiene un alto rendimiento de biomasa por unidad de superficie, estimado entre 40 y 95 t/ha en un corto período de tiempo, y su valor nutricional varía de bueno a excelente, dependiendo de la etapa de crecimiento del cultivo en el momento de cosecha. aspectos como el estado lechoso y pastoso del maíz, señal crucial de que la planta está lista para la cosecha y la conservación, son ejemplos.

Nutricionalmente este recurso forrajero tiene un contenido de MS de 25 a 31%, 5.7 a 6% PB, 55 a 59 % FND, 36 % FDA y 67 % DIVMS, características que le otorgan el atributo de suministrar el alimento primario (pastos) del ganado en tiempos críticos.

1.4. Objetivos

1.4.1. General

Describir el uso de maíz forrajero hidropónico en alimentación del ganado vacuno en el Ecuador.

1.4.2. Específicos

- Detallar el contenido nutricional de maíz forrajero hidropónico.
- Establecer los beneficios del maíz forrajero hidropónico en la alimentación de ganado vacuno.

1.5. Fundamentación teórica

1.5.1. Generalidades de la alimentación del ganado

El componente forrajero, que se considera el insumo de menor costo a través del cual es posible satisfacer una porción importante de los requerimientos nutricionales de los animales en producción, sirve como base para las prácticas de alimentación en los sistemas de producción bovina (Vargas 2018).

El sistema de pastoreo sirve como fuente principal de alimento para la producción bovina. La pérdida y el agotamiento de los pastizales, que tienen un impacto significativo en la disponibilidad de forraje para los animales y resultan en una alta mortalidad y pérdidas de peso o de producción, ponen en riesgo la actividad ganadera extensiva. Estos fenómenos climáticos están vinculados al cambio climático e incluyen sequías e inundaciones (Ramírez y Soto 2021).

El estado actual de la industria agrícola, el rápido crecimiento de la tasa de urbanización y el aumento del valor de las tierras centrales han contribuido a la reubicación de granjas ganaderas a áreas con menor potencial de producción de forraje, planteando serios desafíos a los sistemas convencionales de producción de forraje (Vargas 2018).

Dado que los bovinos son animales forrajeros por naturaleza, el forraje y/o los pastos proporcionan la mayoría de sus necesidades nutricionales, que son esenciales para su crecimiento, mantenimiento, preñez y, lo más importante, desarrollo corporal (Castaño 2020)

Las bajas tasas de natalidad (54%) y una edad más avanzada en el momento del sacrificio son dos factores que han contribuido a la disminución de la producción y la reproducción durante la estación seca, junto con una mineralización deficiente y problemas genéticos. la edad de tres años (Ramírez y Soto 2021).

La energía es uno de los nutrientes esenciales que se deben consumir a diario y se obtiene a partir de proteínas, grasas y carbohidratos. Las proteínas pasan a través del rumen y luego se absorben en el intestino delgado, donde constituyen alrededor del 16 por ciento del nitrógeno del cuerpo. Carbohidratos: Los carbohidratos se componen de almidones, pectinas y azúcares, seguidos de celulosa y hemicelulosa digeribles, que son los componentes básicos del azúcar y se utilizan para impulsar el aumento de peso y el mantenimiento del cuerpo. Los aceites y grasas proporcionan una abundante fuente de energía vital durante la fase de lactancia (Castaño 2020)

1.5.2. Contenido nutricional de maíz forrajero hidropónico

La técnica de producción de forraje verde hidropónico (FVH) ofrece una alternativa a las técnicas tradicionales de producción de forraje como complemento dietético. Una técnica conocida como producción de FVH utiliza biomasa vegetal que se desarrolla a partir de las primeras etapas de crecimiento y germinación de las plántulas para crear forraje vivo que es altamente digerible, nutritivo y apropiado para la alimentación animal (Ramírez y Soto 2021).

El maíz forrajero tiene un ciclo vegetativo anual y puede producir entre 40 y 60 toneladas/ha de forraje verde, o aproximadamente 15 a 25 toneladas de MS por ha/año. Antes de que el grano alcance su plena madurez, se debe completar

la cosecha. Dependiendo de la variedad, se puede cosechar entre 75 y 115 días después de la siembra en regiones de clima cálido (Arana 2020).

El maíz (*Zea mays* L.) es una de las plantas más utilizadas como forraje. El maíz FVH se puede producir en cantidades grandes y constantes en una variedad de medios de producción hidropónica gracias a su alto valor nutricional y altos rendimientos. produciendo piensos por la mitad del precio del forraje cultivado tradicionalmente en campos abiertos (Zagal *et al.* 2020)

El maíz se destaca por ofrecer una gran cantidad de forraje, tener un contenido de fibra cruda igual o superior al 18%, y lo más importante tener un contenido de nutrientes digestibles totales superior al 70% en base seca. En comparación con los granos, los forrajes tienen una composición nutricional más variable porque depende del genotipo de la planta, su estado fenológico y el ambiente (Arana 2020).

Como una alternativa significativa se está desarrollando la producción de forraje verde hidropónico, una tecnología de producción de biomasa obtenida a partir del crecimiento inicial de plantas en las etapas de germinación y crecimiento temprano de plántulas a partir de semillas viables (Vargas 2018).

La distribución de la MS, el envejecimiento y los factores de conservación tienen un impacto en el valor nutricional del maíz. Los objetivos principales en la producción de maíz forrajero son lograr un alto rendimiento de MS, que ofrezca una alta calidad nutricional para los rumiantes, con el fin de asegurar una adecuada fermentación y consumo por parte del ganado (Arana 2020).

Para abordar la falta de este elemento crucial en la nutrición animal, es necesario buscar sustitutos proteicos de origen vegetal. En este sentido, el forraje de maíz hidropónico (HMF) puede representar un método alternativo de suministro de proteínas a los animales, tanto rumiantes (bovinos, ovinos, caprinos y búfalos) como no rumiantes (aves, cerdos). caballos y conejos). El uso de la hidroponía sólo ha sido investigado para producir productos alimenticios para el consumo humano, aunque no es una tecnología particularmente nueva en el mundo (Espinoza *et al.* 2020).

Varias variables, incluida la calidad de la semilla, la variedad, el tiempo de remojo, la temperatura, la humedad, la disponibilidad de nutrientes, la profundidad, la densidad de siembra y la presencia de hongos, pueden afectar el rendimiento y la calidad del FVH. La semilla debe tener un contenido de humedad no superior al 12 por ciento y debe estar libre de contaminantes como insecticidas y fungicidas, así como de impurezas como semillas rotas que están contaminadas con hongos. Por nombrar algunas, en la producción de FVH se pueden utilizar semillas de maíz, trigo, avena y cebada (Zagal *et al.* 2020)

Dependiendo de la etapa de crecimiento, el maíz FVH es un alimento succulento que crece de 20 a 30 cm de altura y es suficientemente comestible para los animales. Su valor nutricional resulta de la germinación de las semillas. FVH tiene una gran cantidad de hierro, calcio y fósforo, es rico en vitaminas, especialmente A y E, y tiene una baja cantidad de lignina y celulosa, lo que lo hace fácilmente digerible. También contiene carotenoides, que oscilan entre 250 y 350 mg por kg de materia seca (MS) (Juárez *et al.* 2019).

Debido a que este tipo de forraje contiene menos fibra, existe una correlación directa entre los niveles de materia seca del FVH del maíz y la forma en que los rumiantes digieren sus alimentos. Lo anterior indica que la calidad del FVH se encuentra en su alto contenido de nutrientes como proteínas, minerales, vitaminas y componentes enzimáticos en semillas, tallos y hojas tiernas recién germinadas. Esto podría haber tenido un impacto en la aceptación del forraje por parte de los animales, lo que resultó en una menor producción (García *et al.* 2020).

Por estos motivos, se dice que después de 50 días de crecimiento, las paredes celulares de los tallos suelen contener valores inferiores al 50% de materia seca. La materia seca (MS), material que contribuye al valor nutricional del maíz, también disminuye drásticamente alrededor de los 65 días, así como el contenido de proteína cruda que se encuentra tanto en el tallo como en la hoja, comienza a disminuir a los 90 días. La proteína cruda, la materia seca, los índices de digestibilidad y la energía metabolizable son las cualidades de calidad más

claramente definidas. Los valores nutricionales del maíz destinado a forraje deben ser los siguientes: 10 % ceniza, 2 % grasa, 80 % proteína y 20 % fibra (Castaño 2020)

Los estudios han demostrado que el FVH a base de maíz es más denso en nutrientes en la biomasa aérea (tallo y follaje) que en la biomasa subterránea (raíces). El tratamiento que tuvo mejor desempeño en el laboratorio en términos de porcentaje de proteína cruda puede explicarse por el hecho de que las plántulas de maíz aún no han alcanzado su potencial nutricional completo el día 10 cuando aún se encuentran en desarrollo, mientras que el día 15 las plántulas han iniciado su proceso de desarrollo. Proceso de lignificación, que es el proceso por el cual las plántulas se lignifican (Cuesta y Machado 2019).

Después de establecer el FVH del maíz durante 12 días, su calidad nutricional comienza a deteriorarse. Es decir, con base en los hallazgos de este estudio, es posible garantizar que el período ideal de cosecha del FVH a base de maíz es de 12 días, tomando en cuenta que la proteína cruda es uno de los componentes más cruciales en la nutrición animal (Cuesta y Machado 2019).

Composición del maíz forrajero hidropónico (Carballido 2023).

| Descripción | Valores |
|-----------------------|----------------------|
| Materia seca | : 20,6% |
| Proteína | : 18,80% |
| Energía Metabolizable | : 3,216 K/cal/Kg M,S |
| Digestibilidad | : 83% al 90% |
| Proteína Digestible | : 90% |
| Caroteno | : 24,9 UI/kg |
| Vitamina E | : 26,3 UI/Kg |
| Vitamina A | : 4,8 mg/kg |
| Vitamina C | : 45 mg/kg |
| Calcio | : 0,104 % |
| Fósforo | : 0,48% |

| | |
|-----------|------------|
| Magnesio | : 0,145% |
| Hierro | : 213 ppm |
| Zinc | : 35,0 ppm |
| Manganeso | : 310 ppm |
| Cobre | : 8,2 ppm |

Los brotes como FVH no deben cultivarse durante más de 15 días después de la siembra para mantener su calidad nutricional; si se cultivan durante más tiempo, su contenido potencial de proteínas se reducirá significativamente. Los tres aspectos más cruciales de los forrajes que deben ser considerados y examinados son: la materia seca, que tiene un contenido que oscila entre el 8 y el 13%, proteína cruda, que tiene un contenido que varía del 18 al 26 % y nutrientes digestibles totales, que constituyen alrededor del 80% del forraje (Tomalá 2021).

1.5.3. Beneficios del maíz forrajero hidropónico en la alimentación de ganado vacuno.

Puede alimentar con éxito ganado vacuno, cerdos, cabras, caballos, conejos y muchos otros animales domésticos con forraje hidropónico. Se puede decir que el forraje hidropónico tiene una serie de beneficios, entre ellos la posibilidad de utilizar tierras marginales, la reducción del desperdicio de agua, la adquisición de una fuente sustituta con un alto valor nutricional y el hecho de que es completamente natural dado que hay. Existe un potencial aumento de la fertilidad y la producción de leche debido a la menor incidencia de enfermedades. En términos generales, una buena nutrición puede beneficiar a los animales en todos los sentidos (Vargas 2018).

En ausencia de suelo, las plantas se cultivan hidropónicamente en condiciones ambientales controladas de luz, temperatura y humedad. El forraje verde hidropónico (FVH) se compone de la germinación de semillas de gramíneas o leguminosas. FVH se puede alimentar a rumiantes como cerdos, conejos y aves. El desarrollo del cultivo en pequeñas áreas, producción durante

todo el año, buena calidad de los alimentos y la falta de reportes de trastornos digestivos en el ganado debido a su consumo son solo algunos de los beneficios que también ofrece este forraje. Debido a su alto valor nutricional y rendimiento, que permiten la producción de grandes cantidades de FVH de maíz en sistemas hidropónicos, el maíz es una de las plantas forrajeras más utilizadas (García *et al.* 2020).

Utilizando una tecnología llamada forraje verde hidropónico (HVF), es posible cultivar biomasa vegetal con un alto valor nutricional a partir de plántulas que han germinado con éxito. Siempre que se cumplan los requisitos mínimos, se puede producir muy rápidamente (de 9 a 15 días), durante todo el año y en cualquier parte del mundo. La producción de forraje convencional utilizando especies aptas para el cultivo forrajero convencional, como avena, mezclas de trébol y gramíneas, alfalfa, etc., se complementa con la tecnología FVH en lugar de competir directamente con ella (Herrera *et al.* 2019).

Al demostrar una menor dependencia del clima, la disponibilidad de tierra y el uso efectivo del agua, el uso de la hidroponía se presenta como una alternativa, particularmente la producción de biomasa de maíz hidropónico en la crianza y alimentación del ganado. La información de referencia sobre los valores nutricionales del maíz FVH incluye la siguiente información: Energía: 75 %; Proteína cruda: 19 %; Grasa: 31 %; y Digestibilidad: 90 % (Vélez 2020).

Debido a que el sistema es tan flexible y puede usarse en una amplia gama de entornos, la producción de forraje hidropónicamente tiene varios beneficios, tales como (Espinoza *et al.* 2020):

- La producción es todo el año y es posible en cualquier parte del país, por lo que es independiente de las condiciones climáticas.
- Los alimentos producidos orgánicamente, es decir, sin el uso de pesticidas o herbicidas, conservan estos insumos.
- Alta producción de forraje en áreas restringidas con infraestructura económica.
- Alimentos consistentemente de alto valor nutricional.

- Reducir el uso de maquinaria y utilizar el menor número de recursos humanos posible.
- Un consumo diario de agua inferior a 500 litros.
- Rápido retorno de la inversión.

La producción de FVH es un método que le permite obtener forrajes frescos, sanos, limpios y de alto valor nutricional de forma rápida, económica y sostenible, para alimentar a sus animales en cualquier época del año. Es un forraje apto para la alimentación de cabras, terneros, vacas lecheras, caballos, conejos, gallinas, gallinas ponedoras y patos, entre otros animales, especialmente en épocas de escasez de forraje verde (Ramírez y Soto 2021).

Todos los animales de granja pueden recibir FVH como alimento y complemento nutricional en su dieta. Es una tecnología que ofrece al agricultor una serie de beneficios porque disminuye los costos de producción, el tiempo de producción de alimentos, la compactación del suelo por el sobrepastoreo y la contaminación del agua. Además, aumenta las tasas de producción y reproducción animal y es extremadamente sabroso y digerible para los animales en las porciones adecuadas (Chavarría y Castillo 2018).

Los principales desafíos para la producción de forraje convencional en regiones áridas y semiáridas pueden evitarse mediante el uso de forraje verde hidropónico (HVF), un método de producción de alimento para ganado. Para el crecimiento de la industria agrícola, las regiones áridas históricamente han sido vistas como tierras marginales. Las principales causas de esta percepción han sido la constante falta de precipitaciones, las altas tasas de evaporación y la mala calidad del suelo y del agua de riego. A pesar de estas restricciones, la ganadería y la agricultura se han introducido en ecosistemas delicados de regiones áridas y semiáridas, que son muy susceptibles a la degradación y donde es poco probable que se puedan mantener altos rendimientos de manera sostenible para tratar de satisfacer las necesidades (Chavarría y Castillo 2018).

La producción tradicional de forraje en zonas áridas y semiáridas enfrenta desafíos como la falta de agua, suelos deficientes en materia orgánica, problemas de salinidad y altos costos de producción. Además, la calidad del

forraje varía a lo largo del año, lo que lleva a los agricultores a alterar el suministro de raciones alimentarias, lo que frecuentemente resulta en enfermedades del ganado y pérdida de peso. Su uso representa una opción práctica, asequible y segura que puede utilizarse en nutrición animal. El forraje verde hidropónico (FVH) es una alternativa de producción sostenible que puede mantener y mejorar la productividad y las condiciones de salud del ganado. FVH se destaca por su producción acelerada de biomasa, que ocurre de 9 a 16 días después de la siembra (Salas *et al.* 2019).

El forraje verde hidropónico (HVF) tiene una serie de beneficios, incluida la producción de forraje durante todo el año, el uso de espacios pequeños, el suministro de alimentos con alto valor nutricional y un rápido retorno de la inversión. El maíz (*Zea mays* L.) ha sido una de las plantas más populares utilizadas para este fin, por su accesibilidad, valor nutritivo y altos rendimientos; generando volúmenes altos y constantes de FVH a un menor costo y en atractivas cantidades de carbohidratos, proteínas, minerales y vitaminas (Morales *et al.* 2018).

Una de las alternativas utilizadas por las empresas ganaderas que pretenden proporcionar alimento ganadero de excepcional calidad, a bajo coste y en las cantidades necesarias en cualquier época del año es el forraje verde hidropónico (FVH) a base de maíz (Mejía y Reyes 2020).

Siempre y cuando se cumplan las condiciones mínimas requeridas de temperatura, luminosidad y humedad relativa, es posible producir forraje verde hidropónico (FVH) de maíz como alimento de alta calidad sanitaria y nutricional para el ganado en un período de tiempo relativamente corto (10 a 14 días), independientemente de la época del año o ubicación geográfica. La tecnología de producción de FVH no compite directamente con la producción de forraje tradicional, sino que funciona en conjunto con los productos balanceados utilizados en la alimentación del ganado. La producción de FVH se considera una alternativa para complementar la alimentación del ganado y mitigar los efectos del cambio climático en los sectores agrícola y ganadero porque es particularmente útil durante los períodos secos cuando el forraje verde escasea.

(Juárez *et al.* 2019).

Se sabe que las ovejas tropicales presentan algunas deficiencias en la etapa de crecimiento durante épocas (sequía y/o lluvia) y etapas fisiológicas críticas en diferentes zonas agroecológicas, lo que genera pérdidas financieras para los productores. La utilización de piensos concentrados comerciales es uno de los métodos que se utiliza con frecuencia, pero hacerlo genera mayores costos de producción. Con base en esta información, algunos agricultores han considerado el forraje de maíz hidropónico (HMF) como un posible reemplazo del concentrado en una variedad de especies, principalmente ovejas, ganado vacuno y caballos, para mejorar la calidad de la dieta base (Herrera *et al.* 2019)

Las vacas de producción deberán recibir de 1 a 2 kg de FVH más una ración de fibra por cada 100 kg de peso vivo, y las vacas secas deberán recibir una ración de 0,5 kg de FVH más una ración de fibra. Fibra de alto calibre (Mejía y Reyes 2020).

Se necesitan de siete a quince días para obtener suficiente alimento, lo cual es un tiempo muy corto en comparación con cultivos tradicionales como el maíz, que requieren un promedio de 142 días para cultivarse. FVH se puede cultivar en una variedad de sistemas hidropónicos que apilan hasta seis bandejas una encima de la otra, con al menos 30 cm entre cada bandeja. a lo largo de todo el año. Según cuántos pisos tenga, un mismo espacio puede producir seis veces más, y según el tiempo que se tarde en producir, entre 30 y 36,5 veces más. Se pueden crear hasta 500 kg de FVH cada día en un espacio de 100 m². (Morales *et al.* 2018).

Al comparar el volumen de leche producido con niveles crecientes de suplementación con FVH en la dieta con una dieta de pastoreo convencional, el uso de forraje verde hidropónico en la producción de leche demuestra que existe una correlación positiva. Estos hallazgos son consistentes con un ensayo de producción con ganado lechero en el que cinco vacas fueron alimentadas durante 15 días con 18 kg/vaca/día de FVH junto con ensilaje de maíz, concentrado, rastrojo y melaza de maíz, granos de sorgo y maíz molido, y el Los

resultados mostraron un aumento del 18% en la producción de leche cuando se agregó FVH (Mejía y Reyes 2020).

Utilizando el principio del crecimiento de plántulas a partir de las reservas de las semillas, el forraje verde hidropónico (FVH) es el producto obtenido del proceso de germinación de las semillas de maíz, que se cosecha después de 12 días y se suministra a los animales (bovinos, ovinos, caprinos, caballos, cerdos, conejos y pájaros) como alimento. Aunque el riego se puede complementar con soluciones nutritivas, esta técnica puede ser con o sin sustrato. Con la ayuda del agua, la luz solar y la capacidad de germinación de las semillas, se completa la masa forrajera, formada por hojas, tallos, semillas y raíces (Zagal *et al.* 2020).

Para reducir el uso de alimentos concentrados, se recomienda alimentar a las vacas de producción con un estimado de 12 a 18 kg de FVH en dos raciones separadas, una de las cuales generalmente se administra durante el ordeño. Sin embargo, la cantidad de leche que la vaca produce cada día determinará esto. En comparación con las dietas tradicionales, el aporte de FVH aporta al animal 1,8 kg de proteína al día, lo que se refleja en el volumen de leche producida entre el 10 y el 20%. Las dosis mencionadas anteriormente reemplazan entre un 20 % y un 50 % (Mejía y Reyes 2020).

1.6. Hipótesis

Ho= no es adecuado el uso de maíz forrajero hidropónico en alimentación del ganado vacuno en el Ecuador.

Ha= es adecuado el uso de maíz forrajero hidropónico en alimentación del ganado vacuno en el Ecuador.

1.7. Metodología de la investigación

Este documento, que se relaciona con la parte práctica del complejo trabajo de la modalidad de carrera, fue elaborado a partir de la recopilación de datos de bases de datos en línea, ediciones actuales de libros, publicaciones

periódicas y artículos, así como de presentaciones realizadas en congresos y otros eventos. Esta documentación también se basó en toda la literatura científica relevante.

Se discutió el uso del maíz forrajero hidropónico en la alimentación del ganado en Ecuador, luego de que la información recopilada fuera sometida a procesos de análisis, síntesis y resumen.

CAPÍTULO II

RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. Desarrollo del caso

Este artículo analiza cómo el maíz forrajero cultivado hidropónicamente se utiliza para alimentar al ganado en Ecuador.

El consumo es cada vez más demandado por la población, lo que lo convierte en una de las fuentes de ingresos de los pequeños agricultores de Ecuador. Debido a esto, se busca un sustituto que pueda cubrir los requerimientos nutricionales del ganado y utilice métodos hidropónicos para producir forraje de maíz verde cultivado hidropónicamente. Este método aprovecha mejor el espacio disponible, permite una producción más rápida y un mejor control de los requerimientos de las plantas para un correcto desarrollo en cada etapa de su desarrollo fisiológico además de servir como fuente de alimento para el ganado.

2.2. Situaciones detectadas (hallazgo)

Cuando se les administró forraje hidropónico, las vacas lecheras comenzaron a mostrar signos de su dieta después de la tercera semana, incluido un brillo en su pelaje y una ganancia diaria promedio de 180 gramos en relación con su peso vivo. La producción de leche también aumentó un 12 %, la tasa de mastitis disminuyó un 40 por ciento y la tasa de fertilidad aumentó un 16 %.

Las vacas con baja producción de leche recibieron un suministro de 60 días de forraje verde hidropónico (FVH) a razón de 9 kg a 20 kg por cabeza por día. En promedio, la producción de leche aumentó un 23,7% desde la primera semana; sin embargo, algunas vacas experimentaron aumentos de hasta el 40%.

La disminución de la fertilidad del animal es uno de los problemas que

encuentran los ganaderos cuando aumentan la producción de leche. Los resultados de fertilidad con Forraje Verde Hidropónico (FVH) son buenos; en comparación con las vacas alimentadas con dietas tradicionales, sólo el 53% de ellas quedaron preñadas, mientras que el 62 por ciento de las vacas que recibieron 12 kg de forraje verde hidropónico (FVH) por día quedaron preñadas.

La mastitis fue un 13,3 por ciento común en las vacas alimentadas con dietas tradicionales, mientras que fue un 4,4 por ciento común en las vacas alimentadas con forraje cultivado hidropónicamente (FVH) a una tasa de 12 kg por día.

2.3. Soluciones planteadas

La germinación de semillas o granos produce forraje producido hidropónicamente, el cual puede ser utilizado como complemento nutricional para diversas especies animales debido a su alto contenido proteico, alta digestibilidad de la MS y aporte energético³⁰. La producción intensiva de FVH en ambientes protegidos es menos susceptible a las variaciones climáticas, lo que permite una producción programada y periódica durante todo el año con un uso eficiente del agua y una reducción de fertilizantes, agroquímicos y mano de obra.

La producción de FVH actualmente es pensada como una tecnología para la producción de biomasa vegetal derivada del crecimiento temprano de plantas en las etapas de germinación y crecimiento temprano de plántulas a partir de semillas viables, en algunos casos desarrolladas en un medio o sistema de cultivos alimentados por nutrientes. solución que proporciona el alimento necesario para todo el ciclo de crecimiento de las plantas, logrando así un forraje 100 % saludable.

Pueden sustituir o sustituir a los que se producen de forma convencional por sus cualidades eficaces, pudiendo así utilizarse en la alimentación del ganado vacuno. FVH resulta limpio e inofensivo sin presencia de hongos o insectos, libre de cualquier contaminación y con alto valor nutricional en

comparación con otros forrajes.

Cabe señalar que siempre que se les da un nuevo alimento a los animales, en este caso al ganado, se debe dar un período de adaptación para luego ver resultados. Si bien no se recomienda dar maíz forrajero como único alimento porque no cubriría las necesidades nutricionales necesarias para una producción óptima de leche, mantendría a nuestros animales activos mientras trabajamos durante las temporadas de escasez.

2.4. Conclusiones

En términos del valor nutricional del forraje de maíz verde hidropónico, ofrece materia seca (en base seca) de 86,60-90,93%, proteína cruda de 9,78-19 %, fibra cruda de 5,40-25,10%, nutrientes digestibles por un total de 71,87-80,81 %, energía metabolizable de 3216 kcal/kg, un rango de digestibilidad de 83-90 %, caroteno de 24,9 UI/kg, y.

El maíz forrajero es una buena opción para completar la dieta de rumiantes porque ofrece energía que favorece la estimulación del metabolismo ruminal. Además, es una fuente importante de carbohidratos no estructurales que mejorarán rápidamente el rendimiento animal, ya sea en términos de mantenimiento de la condición corporal o de producción de leche.

Cuando se cultiva al 75% de la solución nutritiva con una edad de cosecha de 12 días, el Forraje Verde Hidropónico de Maíz tiene mejores parámetros de productividad.

El mejor momento para cosechar el forraje verde hidropónico FVH es 12 días después de la siembra porque en este punto el forraje tiene una mayor concentración de proteínas y al mismo tiempo aporta la mayoría de los nutrientes esenciales. La parte aérea de la plántula de maíz, que en todos los sentidos tiene mayores niveles nutricionales, es la parte de la planta que presenta mejores

condiciones nutricionales, lo cual es otro dato a destacar.

2.5.Recomendaciones

- Alimentar al ganado con maíz forrajero hidropónico.
- Para confirmar los hallazgos, realice estudios de campo con otros pastos forrajeros hidropónicos.
- Alentar a los agricultores que crían ganado a alimentar a su ganado con alimentos complementarios más baratos.

BIBLIOGRAFÍA

- Arana Bustamante, W. W. 2020. *El maíz forrajero como suplemento alimenticio en el ganado bovino para el incremento de la producción lechera*” (Bachelor's thesis, BABAHOYO: UTB, 2020). Disponible en <http://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/8469/E-UTB-FACIAGING%20AGROP-000087.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Carballido Carlin, C. 2023. FVH de maíz para vacas lecheras. Disponible en https://www.engormix.com/lecheria/forraje-verde-hidroponico/fvh-maiz-vacas-lecheras_f1494/
- Castaño Pihuave, E. J. 2020. *Respuesta a la eficiencia nutricional del maíz Ilusión CPR en tres cortes para ensilaje en la comuna Río Verde, Santa Elena* (Bachelor's thesis, La Libertad: Universidad Estatal Península de Santa Elena, 2020.). Disponible en <https://repositorio.upse.edu.ec/bitstream/46000/5393/1/UPSE-TIA-2020-0004.pdf>
- Chavarría Tórrez, A., & Castillo Castro, S. D. S. 2018. El forraje verde hidropónico (FVH), de maíz como alternativa alimenticia y nutricional para todos los animales de la granja. Disponible en <http://riul.unanleon.edu.ni:8080/jspui/bitstream/123456789/9201/1/3941755005.pdf>
- Cuesta Borja, T., Machado Perlaza, R. 2019. Producción y evaluación de la calidad nutricional del forraje verde hidropónico (FVH) a base de maíz (*Zea mays*) como alternativa para la alimentación de pollos de engorde en la Estación Ambiental Tutunendo, Chocó, Colombia. *Revista Bioetnia*, 6(2), 127-134. Disponible en <https://bioetnia.iiap.org.co/index.php/bioetnia/article/view/76/63>
- Cueva Gonzales, D. L., Pérez Nuñez, M. 2019. Efecto de la alimentación en el ganado vacuno de raza holstein en la calidad de leche en establos de la jurisdicción San Camilo-La Joya-Arequipa. Disponible en <https://repositorio.unsa.edu.pe/server/api/core/bitstreams/c0640516-c46c-4e50-8546-680e0267be11/content>
- Espinosa, W. 2019. Evaluación de densidades de siembra en maíz, arroz y frijol vigna en la producción de forraje verde hidropónico. *Revista investigaciones agropecuarias*, 1(2), 15-27. Disponible en https://revistas.up.ac.pa/index.php/investigaciones_agropecuarias/article/

view/493/403

Espinoza, Freddy, Argenti, Patricia, Urdaneta, Giovanni, Araque, César, Fuentes, Armando, Palma, José, & Bello, Carlos. 2020. Uso del forraje de maíz (*Zea mays*) hidropónico en la alimentación de toretes mestizos. *Zootecnia Tropical*, 22(4), 303-315. Recuperado en 27 de septiembre de 2023, de http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0798-72692004000400001&lng=es&tlng=es.

Filian Hurtado, W., Alvarado Álvarez, H., Pereda Mouso, J., Curbelo Rodríguez, L., Vázquez Montes de Oca, R., Pedraza Olivera, R. 2019. Characterization of Agricultural Production Systems Using Cattle in the Guayas River Basin, Los Rios Province, Ecuador. *Revista de Producción Animal*, 31(1), 1-10. Epub 24 de mayo de 2019. Recuperado en 01 de agosto de 2023, de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2224-79202019000100001&lng=es&tlng=en.

García-Carrillo, Mario, Salas-Pérez, Lilia, Esparza-Rivera, Juan Ramón, Preciado-Rangel, Pablo, & Romero-Paredes, Jaime. 2020. Producción y calidad fisicoquímica de leche de cabras suplementadas con forraje verde hidropónico de maíz. *Agronomía Mesoamericana*, 24(1), 169-176. Retrieved September 27, 2023, from http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1659-13212013000100015&lng=en&tlng=es.

Herrera Angulo, Ana María, Depablos Alviárez, Luis Alberto, López Maduro, Rafael, Benezra Sucre, Miguel Antonio, & Ríos de Álvarez, Leyla. 2019. Degradabilidad y digestibilidad de la materia seca del forraje Hidropónico de Maíz (*Zea Mays*). Respuesta animal en términos de consumo y ganancia de peso.. *Revista Científica*, 17(4), 372-379. Recuperado en 27 de septiembre de 2023, de http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0798-22592007000400009&lng=es&tlng=es.

Juárez-López, P., Morales-Rodríguez, H., Sandoval-Villa, M., Gómez Danés, A., Cruz-Crespo, E., Juárez-Rosete, C., Aguirre-Ortega, J., Alejo-Santiago, G., Ortiz-Catón, M. 2019. Producción de forraje verde

- hidropónico. CONACYT. Disponible en <http://dspace.uan.mx:8080/bitstream/123456789/2126/1/Produccion%20de%20forraje%20verde%20hidroponico.pdf>
- Mejía, D. A., & Reyes, A. N. 2020. Exploración para la producción de forraje verde hidropónico de maíz y sorgo para la alimentación de ganado lechero: Revisión de Literatura. Disponible en <https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/580adc07-0cef-4213-812a-66450d2a742a/content>
- Mejía, D. A., Reyes, A. N. 2020. Exploración para la producción de forraje verde hidropónico de maíz y sorgo para la alimentación de ganado lechero: Revisión de Literatura. Disponible en <https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/580adc07-0cef-4213-812a-66450d2a742a/content>
- Morales Rodríguez H., Gómez-Danés A., Juárez López P., Loya Olguín L., Ley de Coss A. 2018. Forraje verde hidropónico de maíz amarillo (*Zea mays* L.) con diferente concentración de solución nutritiva. *Abanico veterinario*, 2(3), 20-28. Disponible en <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7395296>
- Núñez-Torres, Oscar Patricio, Rodríguez-Barros, Marcos Antonio. 2019. Subproductos agrícolas, una alternativa en la alimentación de rumiantes ante el cambio climático. *Journal of the Selva Andina Animal Science*, 6(1), 24-37. Recuperado en 01 de agosto de 2023, de http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2311-25812019000100004&lng=es&tlng=es.
- Ramírez Víquez, Carolina, & Soto Bravo, Freddy. (2021). Efecto de la nutrición mineral sobre la producción de forraje verde hidropónico de maíz. *Agronomía Costarricense*, 41(2), 79-91. <https://dx.doi.org/10.15517/rac.v41i2.31301>
- Salas-Pérez, Lilia, Preciado-Rangel, Pablo, Esparza-Rivera, Juan Ramón, Álvarez-Reyna, Vicente de Paul, Palomo-Gil, Arturo, Rodríguez-Dimas, Norma, & Márquez-Hernández, Cándido. 2019. Rendimiento y calidad de forraje hidropónico producido bajo fertilización orgánica. *Terra Latinoamericana*, 28(4), 355-360. Recuperado en 27 de septiembre de 2023,

http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-57792010000400007&lng=es&tlng=es.

Tomalá Flores, N. M. 2021. *Producción de forraje verde hidropónico bajo la aplicación de biofertilizantes* (Bachelor's thesis, La Libertad: Universidad Estatal Península de Santa Elena, 2021.). Disponible en <https://repositorio.upse.edu.ec/handle/46000/5694>

Vargas-Rodríguez, C. F. 2018. Comparación productiva de forraje verde hidropónico de maíz, arroz y sorgo negro forrajero. *Agronomía mesoamericana*, 19(2), 233-240. Disponible en <https://www.redalyc.org/pdf/437/43711425008.pdf>

Vélez Sáenz, A. E. 2020. *Dosis de zeatina como estimulante de crecimiento y su efecto en el maíz forrajero hidropónico* (Master's thesis, Calceta: ESPAM MFL). Disponible en <https://repositorio.espam.edu.ec/bitstream/42000/1239/1/TTMZ4.pdf>

Zagal-Tranquilino, Marcelino, Martínez-González, Sergio, Salgado-Moreno, Socorro, Escalera-Valente, Francisco, Peña-Parra, Bladimir, & Carrillo-Díaz, Fernando. 2020. Producción de forraje verde hidropónico de maíz con riego de agua cada 24 horas. *Abanico veterinario*, 6(1), 29-34. Recuperado en 27 de septiembre de 2023, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2448-61322016000100029&lng=es&tlng=es.