

## **Forrajes verdes hidropónicos: una alternativa en la alimentación de vacas lecheras.**

### **Hydroponic green forages, a support alternative in the feeding of dairy cows.**

**Universidad de Cundinamarca**

**Facultad de Ciencias Agropecuarias**

**Programa Zootecnia**

**Fusagasugá, Cundinamarca**

#### **Resumen**

Con la percepción de las problemáticas actuales en términos ambientales y del sector pecuario se buscó evaluar las posibilidades de utilizar forrajes verdes hidropónicos como una alternativa para la alimentación de vacas lecheras. Para ello, se analizaron las características del forraje verde hidropónico y las condiciones de dieta adecuadas para las vacas lecheras. Los análisis de ambos aspectos por separado permitieron entender de qué manera se relacionan nutricionalmente los aportes en alimentación del forraje verde hidropónico con los requerimientos de dieta para las etapas de las vacas lecheras, con esto se indica que la alimentación de vacas lecheras con forraje verde hidropónico puede mejorar la productividad de leche, proporcionar una nutrición adecuada y ser rentable. Además, el uso de forrajes verdes hidropónicos puede tener un impacto positivo en el medio ambiente al reducir la cantidad de recursos necesarios para producir forraje y disminuir la huella de carbono de la actividad ganadera.

Las cantidades de forraje verde hidropónico en la alimentación de vacas lecheras es importante, el análisis de los métodos de producción en relación con la dieta animal logró dar como resultado cantidades aproximadas que deben ser suministradas a las vacas lecheras para que estas cumplan con sus procesos productivos.

Se destacó la importancia del control y la organización en la producción de forrajes verdes hidropónicos y la necesidad de una planificación cuidadosa en la producción y cosecha del forraje para alimentación de vacas lecheras. Se concluyó que el forraje verde hidropónico como alternativa de alimentación tiene gran potencial para la alimentación de vacas lecheras y representa un aporte significativo a los métodos de dieta y organización de los métodos de alimentación.

**Palabras clave:** Nutrición, proceso, producción, dieta, hidroponía y vacas lecheras.

#### **Abstract**

With the perception of current problems in environmental terms and in the livestock sector, it was sought to evaluate the possibilities of using hydroponic green forages as an alternative for feeding dairy cows. For this, the characteristics of the hydroponic green forage and the adequate diet conditions for dairy cows were analyzed.

The analyzes of both aspects separately allowed us to understand how the nutritional contributions of hydroponic green forage are related to the diet requirements for the stages of dairy cows, with this it is indicated that the feeding of dairy cows with hydroponic green forage can improve milk

productivity, provide adequate nutrition and be profitable. Furthermore, the use of hydroponic green fodder can have a positive impact on the environment by reducing the amount of resources needed to produce fodder and decreasing the carbon footprint of livestock activity.

The amounts of hydroponic green fodder in the feeding of dairy cows is important, the analysis of the production methods in relation to the animal diet resolve to result in approximate amounts that must be supplied to dairy cows so that they comply with their production processes.

The importance of control and organization in the production of hydroponic green forages and the need for careful planning in the production and harvest of forage to feed dairy cows were highlighted.

It is concluded that hydroponic green forage as a feeding alternative has great potential for feeding dairy cows and represents a significant contribution to diet methods and organization of feeding methods.

**Keywords:** Nutrition, process, production, diet, hydroponic and dairy cattle.

## Introducción

Las alternativas de alimentación en el sector ganadero surgen de la necesidad de encontrar métodos que tengan mayor viabilidad ambiental, económica y productiva para los procesos de producción (Lancheros, 2017). Esto es debido a factores como el agotamiento de los recursos por el cambio climático, que genera mayor escasez de alimentos y afecta la productividad animal (Paipa et. al, 2020), además de esto, los altos costos de producción, el bajo nivel de asociatividad y la falta de métodos de

competitividad basados en procesos de producción innovadores (Barrios, Restrepo, & Cerón, 2016) también representan argumentos para iniciativas de alternativas económicas de alimentación.

La ganadería bovina en Colombia tiene una representación económica de gran impacto en la actividad pecuaria, a nivel nacional la distribución productiva del ganado es: la producción simultanea de leche y carne o doble propósito (38,3%), el ganado de cría (35,2%), de ceba (20,1%) y de lechería especializada (6,4%) (FEDEGAN, 2020).

Con el análisis de la necesidad creciente por reconocer métodos de alimentación sostenibles para uno de los sectores de mayor relevancia en la economía de Colombia y el mundo, se genera el planteamiento de los forrajes verdes hidropónicos como alternativa de alimentación al ganado lechero que es el de principal participación en el sector.

El forraje verde hidropónico es un método agrícola para el cultivo de plantas en ambientes acuosos que no requieren de suelo, utilizan la germinación de las semillas alimentadas por agua para obtener plántulas nutritivas (FAO, 2001). Se caracteriza por tener altos índices de digestibilidad, aporte nutricional y ser apto para animales de granja (Gamero & Bernal, 2014).

Por otro lado, la alimentación de las vacas lecheras debe ser de calidad nutricional Tal como postula Carrillo (2019) la protección animal en el ganado lechero incluye la dieta como determinante esencial para índices favorables en la producción de leche, el índice de conversión, condición corporal y rendimiento productivo.

Al ser la dieta de la vaca lechera el factor de mayor relevancia en su producción, el forraje verde hidropónico se considera como una alternativa de alimentación viable que brinda adecuados índices de nutrición y que favorece la alimentación de la vaca. Además, es una alternativa rentable y sostenible que beneficia el crecimiento del sector ganadero.

Dicho lo anterior, el objetivo de este artículo es analizar las potencialidades del forraje verde hidropónico en la alimentación de vacas lecheras para el establecimiento de la viabilidad que ofrece esta alternativa al sector ganadero en el área de la producción de leche.

### **Generalidades del Forraje Verde Hidropónico**

Consiste en la producción de biomas vegetal por medio de la germinación y crecimiento de plántulas que sirven en la alimentación animal por su aporte en nutrición, digestibilidad y rentabilidad (FAO, 2001, p.5).

A diferencia de los forrajes tradicionales, el FVH utiliza la hidroponía como método innovador de cultivo, pues este tipo de tecnología no requiere de suelo o controles ambientales rigurosos (Saló, 2019). El uso de esta técnica de producción tiene como beneficio principal la disminución del consumo de agua, pues emplea menos de 2 litros para producir 1 kg de forraje, además de esto, otros beneficios es el ahorro en costos y la inocuidad en la producción (López et al, 2013).

El proceso de producción de los FVH consiste en la disposición de semillas de granos de cereales en sistemas de riego controlados que resultan en la germinación y cosecha de alimentos en periodos de 9 a 15 días (Nuñez & Guerrero, 2021). Las semillas que más

se utilizan en los forrajes verdes hidropónicos son las de maíz, avena, sorgo, cebada, trigo y pastos como raigrás (Paipa et. al, 2020).

### **Aspectos nutricionales**

El alimento producido de forraje verde hidropónico aporta carotenoides, fosforo, hierro, calcio, valor proteínico y vitaminas A y E (Panduro, 2008), por lo que se considera de alto valor nutritivo para la alimentación alternativa de animales como bovinos, caprinos, equinos, porcinos y aves (López et al, 2013).

El factor nutricional de cultivo del FVH tiende a variar en comparación con el grano seco, la Tabla 1 demuestra estas variaciones con uno de los granos más comunes en el cultivo de FVH, esta información permite entender que en cuanto a los factores asociados al enriquecimiento celular y metabólico el FVH tiene mejores índices de aporte, sin embargo, el factor nutricional referente a la materia seca tiene gran diferencia porcentual, por lo que es necesario complementar este factor al momento de alimentar al animal. En términos generales, la información suministrada en la Tabla 1 permite entender que efectivamente el aporte en factores nutricionales del FVH es favorable en diferentes aspectos de la alimentación animal y puede ser complementada para garantizar la calidad nutricional.

**Tabla 1**

*Comparación de aspectos nutricionales entre granos y semillas de avena con cultivo FVH.*

Factor nutricional	Grano	FVH
--------------------	-------	-----

Materia seca (%)	91.0	32.0
Cenizas (%)	2.3	2.0
Proteína Bruta (%)	8.7	9.0
Proteína Verdadera (%)	6.5	5.8
Pared Celular (%)	35.5	56.1
Contenido Celular (%)	64.3	43.9
Lignina (%)	3.6	7.0
Fibra Detergente Ácido (%)	17.9	27.9
Hemiculosa (%)	17.8	28.2

Nota. Tomado de Manual Técnico-Forraje Verde Hidropónico (p.3) por FAO, 2001.

Como se dijo anteriormente, esta técnica proporciona favorables índices de nutrición, pero tiene ciertas condiciones en cuanto a la generación de materia seca, aspecto importante en la alimentación de ciertas especies como bovino y caprino. Normalmente, el grano de maíz germinado por medio de forraje

tradicional contiene alrededor de 85-87% de materia seca mientras que el forraje hidropónico suele contener entre 80-85% (Weldegerima, 2015). Sin embargo, estos índices pueden variar dependiendo del riego de solución nutritiva que tenga el cultivo pues este obtiene su máximo rendimiento con la aplicación de este riego complementario (López et al, 2013).

Por otro lado, el aporte nutritivo del forraje verde hidropónico se complementa con la inocuidad que se obtiene por la ausencia de plagas y enfermedades en las plántulas para alimento producidas, esto representa el aseguramiento de una dieta en animales libre de hierbas o pasturas indeseables para el metabolismo y absorción de nutrientes (López et al, 2013).

### **Aspectos medio ambientales y económicos**

Los forrajes verdes hidropónicos destacan por ser un método rentable y sostenible para el sector agropecuario esto debido a que sus procesos implican el ahorro en costos de producción y eficiencia en términos de tiempo e instalación. Por otro lado, la producción convencional de forrajes tiene limitaciones debido a las condiciones agroecológicas que reducen la fertilidad en suelos (Paipa et al, 2020).

Las condiciones ambientales desfavorables en las que avanza el planeta requieren de métodos innovadores que fomenten la sostenibilidad en la cadena productiva agropecuaria, por esto se considera que los forrajes verdes hidropónicos tienen gran potencial, puesto que, la eficiencia en el gasto de agua es de gran aporte para la sostenibilidad del sistema de alimentación en animales. (Ramírez y Soto, 2017).

En lo que respecta a los aspectos económicos, el forraje hidropónico facilita un ciclo de producción que provee métodos económicos de instalación, cultivo y mantenimiento que es capaz de ser una opción de ingreso rentable que vaya con las expectativas del mercado (López L. Á., 2005).

En términos generales los forrajes verdes hidropónicos en el aspecto agropecuario y económico tienen potencial para convertirse en un método que avance tecnológicamente para promover la alimentación en el sector pecuario de manera sostenible.

### **Caracterización de las vacas lecheras y su ciclo productivo.**

#### ***Ciclo de producción de las vacas lecheras***

La producción de leche comprende el proceso de cría y reproducción de ganado lechero, el cual requiere del aseguramiento del bienestar animal para la generación de productos de calidad (Carrillo, 2019).

La lactancia empieza con la iniciación de gestación en la vaca, proceso que permite a las glándulas mamarias desarrollarse por completo durante un periodo de 285 días, para que este proceso resulte bien es necesario suministrar una dieta adecuada al animal en todas sus etapas (Rossner & Vispo, 2018).

Durante el tercio final de la gestación, las células epiteliales mamarias pasan a un estado no secretorio, este periodo destaca por la formación de calostro y la inclusión de inmunoglobulinas (Arizala & Angel, 2021). Una vez se da el parto de la vaca empieza la eyección de calostro, el cual tiene concentración inmunoglobulinas destinadas al consumo del neonato para la transferencia por vía

digestiva de los nutrientes necesarios (Castillo et al, 2019).

Dada la terminación del periodo de producción de calostro, empieza la aparición gradual de la leche. La producción de leche está regulada por la prolactina que es generada con el estímulo del pezón y la reacción neuronal de la vaca (Arizala & Angel, 2021).

El periodo de lactancia tiene duración aproximada de 305 días y los niveles más altos de producción de leche se dan en las semanas 3-4 después de iniciada la lactancia (Castillo et al, 2019).

#### ***Condiciones de dieta y nutrición***

En la alimentación de la vaca lechera es necesario e indispensable asegurar la calidad nutricional y las condiciones de bienestar animal para la adecuada producción.

La vaca lactante requiere de altas cantidades de comida que aporte el adecuado balance de energía y proteína (FAO, 2008). Esto debido a que durante todo el ciclo de lactancia la vaca está pasando por procesos hormonales que dependen directamente de la salud nutricional que les sea proporcionada en su dieta (Arizala & Angel, 2021).

Es necesario asegurar la salud intestinal y del hígado de la vaca por medio de la alimentación balanceada puesto que, de esta depende la calidad de la leche como alimento (García et al, 1995). Además, es importante recalcar que la continuidad del periodo láctico también depende de la nutrición suministrada.

En la Tabla 2 es posible apreciar cuales son los requerimientos nutricionales que requieren las vacas lecheras durante sus fases de producción, con estos datos es posible dar claridad a los aspectos

tratados referentes a la importancia de la dieta en vacas.

**Tabla 2.**

*Requerimientos nutricionales de vacas lecheras en sus fases de desarrollo productivo.*

Factor	Producción de leche (kg/día)			Iniciación	Periodo seco	Periodo parto
Producción	200	203	304	18	12	15
Proteína cruda %	15	16	17	18	12	15
PND %	37	39	40	45	30	40
Fibra cruda %	20	17	15	17	25	27
FDA %	21	21	19	21	27	27
Fósforo %	0,33	0,37	0,41	0,48	0,24	0,24
Potasio %	0,09	0,09	0,11	0,11	0,65	0,60
Magnesio %	0,02	0,02	0,025	0,025	0,2	0,16
Azúfre %	0,02	0,02	0,02	0,02	0,16	0,16

Sodio %	0,1188	0,1188	0,1188	0,1188	0,1188	0,1188
Zinc ppm	40	40	40	40	40	40
Hierro ppm	50	50	50	50	50	50
Vitamina A (UI/kg)	300	300	300	400	400	400
Vitamina D (UI/kg)	100	100	100	100	100	1200
Vitamina E (UI/kg)	15	15	15	15	15	15

PND -Proteína No Degradable; FDA- Fibra Detergente Ácida.

Nota. Adaptado de requerimientos de nutrientes según estado fisiológico en bovinos de leche (p15) por Lanuza y Remehue (2006).

### El FVH en la alimentación de vacas lecheras.

Como se ha mencionado, los forrajes verdes hidropónicos son un método de cultivo que tiene beneficios en el ámbito nutricional, rentable y sostenible en su aplicación a la alimentación de animales.

La alimentación alternativa con FVH ha sido experimentada en caprinos, bovinos, equinos y otros animales de granja, estos estudios han demostrado que este tipo de alimentación tienen una absorción de nutrientes favorables y una correcta digestibilidad en animales.

Ahora bien, en lo que respecta a las vacas lecheras se ha logrado encontrar que la alimentación con FVH en estas aporta vitaminas libres y solubles que son asimiladas de mejor manera que otros suplementos que le puedan ser suministrados (Mejía y Reyes, 2020).

La asimilación de las vacas lecheras al contenido puro de nutrientes y vitaminas que proporciona el FVH es favorable para su sistema inmunitario y digestivo, de acuerdo con Martínez (2005) el aporte en vitamina E y C con FVH es de total absorción por las vacas, factor que favorece a la fertilidad y la inmunidad ante enfermedades.

En cuanto a la producción de leche en las vacas esta incrementa con la alimentación con FVH, tal como comprobó Valdivia (1996) con una prueba de ganado en la que obtuvo un incremento del 18% en la producción de leche para las vacas que habían sido alimentadas con forraje verde hidropónico durante 15 días. El factor de grasa en leche también tiende a aumentar Lomelí (2000) obtuvo un incremento del 7,2 % de esta con el suministro de FVH en la alimentación de su ganado lechero.

Por otro lado, las condiciones corporales de la vaca tienen mejoras con la implementación de forraje verde hidropónico en su alimentación, factores como el estrés calórico o la retención placentaria disminuyen con la aceptación de la vaca al FVH (Romero, Córdova y Hernández, 2009).

En definitiva, las aceptación de las vacas lecheras a la alternativa de alimentación de forraje verde hidropónico es positiva y tiene beneficios en su corporalidad, producción y nutrición.

### **Generalidades de producción de FVH para la alimentación de vacas lecheras.**

La producción de forraje verde hidropónico para vacas lecheras requiere de la selección de las semillas que cumplan con las condiciones de cultivo hidropónico y germinación, las más comunes para el alimento en este animal son las de sorgo y maíz. La implementación de estas semillas tiene un rendimiento favorable en índices nutricionales y fácil manejo de acuerdo con el tipo de sistema que se implemente (Torréz y Catro, 2018).

En cuanto a las técnicas de instalación del FVH puede ser de forma horizontal o vertical, ambas técnicas son favorables, sin embargo, el sistema vertical resulta óptimo debido al eficiente del espacio que permite la mayor producción (Rodríguez, 2003).

Para la inversión de las instalaciones es importante entender que el FVH con cultivo vertical tiene un mayor costo inicial de disposición que el horizontal (Rodríguez, 2003). Este factor depende directamente del capital que tenga la persona para el forraje verde hidropónico.

Entre otros materiales que se requieren para el forraje verde hidropónico están materiales como plásticos, bandejas, estantes (en caso de que sea forraje vertical).

El proceso de riego es de los aspectos más indispensables para asegurar la calidad del forraje verde hidropónico, es por esto por lo que para este proceso se recomienda un sistema de riego basado en micro aspersores o nebulizadores, ya que estas herramientas disminuyen el riesgo de sobre riego que puede

representar una pérdida para el FVH (Mejía y Reyes, 2020).

El proceso de riego requiere de 2 a 3 litros de agua al día (Lomelí, 2000), este proceso debe durar 14 días como máximo debido a que a partir de los siguientes días el alimento empieza a perder sus funciones nutritivas en la alimentación de la vaca (López & SE., 2013).

Una vez realizado el proceso de instalación y siembra de las semillas para el forraje verde hidropónico es necesario realizar la aplicación de soluciones nutritivas durante a partir de la germinación inicial de las semillas (Romero, Córdova y Hernández, 2009).

Las soluciones nutritivas pueden ser de distintos tipos, para el maíz y el sorgo tienden a ser en base a fertilizantes minerales y aportan al incremento de los aportes nutricionales principales que posee el FVH (Pérez et al, 2012).

Finalmente, en el día 14 el forraje verde hidropónico puede ser retirado de las bandejas y proporcionarse al ganado lechero, según Nutrinews (2021) se producen alrededor de 6 a 10 kg de forraje verde hidropónico por 1kg de semillas.

### **Generalidades de dieta para las vacas lecheras con FVH.**

La alimentación de las vacas lecheras debe contener niveles balanceados de agua, minerales, proteína, carbohidratos, nutrientes y vitaminas (Aguero, 2009) para asegurar la calidad productiva.

En este orden de ideas, el suministro de FVH para la vaca lechera debe ser suficiente para suplir adecuadamente las necesidades alimentarias ya mencionadas, en general se tiene en cuenta un promedio de 12-18 kg de

forraje verde hidropónico por animal (Hydroenvironment, 2022). Sin embargo, esta cantidad también varía dependiendo la producción de leche que tenga la vaca, tal como se demuestra en la Tabla 3 la cantidad de forraje para alimento alcanza hasta los 22 kg de ración en una alta producción.

### **Tabla 3.**

*Consumo de forraje verde hidropónico (FVH) por parte del animal.*

Ganado Lechero	Consumo (kg)
Baja producción: 10-12 L	15 kg de FVH
Mediana producción: 13-16 L	20 kg de FVH
Alta producción (17-20 L).	22 kg de FVH

Nota. Tomado de Exploración para la producción de FVH para alimentación de ganado lechero (p 21) por Mejía y Reyes (2020). Quienes citan (Gúzman Ramírez y De la Pava López 2017).

Con el suministro adecuado en kg de FVH para las vacas es posible suplir las necesidades que requiere la vaca además de adquirir beneficios en la producción de leche y condiciones corporales.

Es importante entender que a pesar de que la alimentación con forraje verde hidropónico suple de manera adecuada los nutrientes y minerales requeridos por la vaca el aporte en materia seca bajo aun teniendo riego de solución nutritiva. Es por esto por lo que se recomienda en la dieta que se realice con FVH se complemente con heno o concentrados (Mejía y Reyes, 2020).

El factor referente a la materia seca es un factor mínimo controlable que no se

considera un aspecto para disminuir la viabilidad del forraje verde hidropónico como alternativa de alimentación en vacas lecheras.

La dieta de la vaca lechera con FVH debe tener una organización adecuada en cuanto a términos de corporalidad, capacidad de producción y

### **La alimentación de vacas lecheras con FVH en comparación con otros productos y métodos.**

El FVH como alternativa de producción y alimentación tiene ventajas como:

Bajos costos de producción.

Índices altos de aportes en factores bromatológicos (Chavarría y Castillo, 2018).

Ahorro de recursos.

Optimización de espacios.

Viabilidad y aceptabilidad en la alimentación de animales como bovinos, caprinos y equinos.

Los alimentos concentrados o pastos de heno tienen ciertas deficiencias en cuanto a la nutrición animal que impiden el balance la alimentación en la vacas, su consumo constante ha logrado debilitar en gran medida el sistema inmune y además impedir la absorción completa de ciertos nutrientes.

Los estudios de Mora (2009) con la evaluación del FVH sobre las vacas lecheras establecen una serie de desventajas referentes a los aspectos bromatológicos de alimentos como el pasto estrella y el concentrado en comparación con el FVH, estas son:

El concentrado carece de aportes en proteínas y fibras detergentes en comparación con el pasto y el FVH.

El pasto Estrella tiene bajos índices de aporte en proteína cruda.

Estos aspectos ligados a la poca rentabilidad, aporte ambiental y adaptabilidad a condiciones climáticas permiten entender que el forraje verde hidropónico como alternativa de alimentación con suplementos en cuestión de materia seca es una alternativa de alimento con gran potencial para los ganaderos.

### **Conclusiones**

El análisis de los forrajes verdes hidropónicos como alternativa de apoyo en la alimentación de vacas lecheras demostró que el uso de forrajes verdes hidropónicos es una opción prometedora para la alimentación de vacas lecheras.

Los resultados del estudio indican que el uso de forrajes verdes hidropónicos puede mejorar la productividad de leche, proporcionar una nutrición adecuada a las vacas y ser rentable en términos económicos.

Además, el uso de forrajes verdes hidropónicos puede tener un impacto positivo en el medio ambiente al reducir la cantidad de recursos necesarios para producir forraje se logra mitigar impactos sobre el suelo y cambio climático en la actividad ganadera.

También destacó la importancia del control de calidad en la producción de forrajes verdes hidropónicos. Los autores señalaron que es necesario asegurar que los nutrientes estén presentes en cantidades adecuadas en el forraje y que no haya contaminación bacteriana u otros riesgos para la salud animal.

Asimismo, el estudio enfatizó la necesidad de realizar una planificación cuidadosa en la producción de forrajes verdes hidropónicos. La construcción de

las instalaciones, el suministro de agua y nutrientes, y la cosecha deben ser planificados cuidadosamente para garantizar la eficacia y rentabilidad del sistema.

En conclusión, el uso de forrajes verdes hidropónicos podría ser una alternativa valiosa y sostenible para la alimentación de vacas lecheras. Es necesario realizar más investigaciones para evaluar su efectividad a largo plazo y para determinar su viabilidad en diferentes condiciones climáticas y geográficas como las de Colombia.

## Referencias

1. Aguero, C. E. (2009). Evaluación del uso de forraje verde hidropónico de maíz (FVHM) sobre la producción de vacas de pastoreo. San Carlos, Costa Rica: Instituto tecnológico regional de Costa Rica. Obtenido de <https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/3945/Evaluaci%20del%20uso%20de%20forraje%20verde%20hidrop%20nico%20de%20ma%20ad%20%28FVHM%29%20sobre%20la%20producci%20de%20leche%20de%20vacas%20en%20pastoreo.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
2. Alegria, J. L. (2008). "Contenido nutricional, coeficientes de digestibilidad y energía digestible del forraje verde hidropónico de (zea mays L) en cobayos (Cavia Porcellus L.). Perú. Obtenido de <https://repositorio.unas.edu.pe/bitstream/handle/UNAS/888/ZT-415.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
3. Arizala, J. A., & Angel, M. O. (19 de Febrero de 2021). La lactancia vista desde múltiples enfoques. Segunda parte: métodos, interpretación de resultados y costos de producción de leche. Biogenesis. Obtenido de

<https://revistas.udea.edu.co/index.php/biogenesis/article/view/328084/20785054>

4. Barrios, D., Restrepo, J. F., & Cerón, M. F. (2016). Antecedentes sobre gestión tecnológica como estrategia de competitividad en el sector lechero Colombia. Obtenido de <http://www.lrrd.org/lrrd28125.html>.

5. Carrillo, C. T. (13 de 11 de 2019). Bienestar animal en vacas de lechería especializada. Ubaté, Cundinamarca. Obtenido de <https://repositorio.ucundinamarca.edu.co/bitstream/handle/20.500.12558/2862/Tra%20bajo%20de%20Grado%20Final.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

6. Castillo, B. G., Vargas, L. B., Hueckmann, V. F., & Romero, Z. J. (2019). Factores que afectan la producción en primera lactancia de vacas lecheras en Costa Rica. 30, 1. *Agronomía Mesoamericana*. doi:<https://doi.org/10.15517/am.v30i1.33430>

7. Chavarría, T. A., & Castillo, C. d. (15 de Noviembre de 2018). El forraje verde hidropónico (FVH), de maíz como alternativa alimenticia y nutricional para todos los animales de la granja. Nicaragua: Revista Iberoamerica de Bioeconomía y Cambio Climático. Obtenido de <http://portal.amelica.org/ameli/jatsRepo/394/3941755005/html/index.html>

8. ER Jemimah, P. G. (2018). Valor nutritivo de forraje de maíz amarillo hidropónico y forraje verde convencional: una comparación. 6. *Revista internacional de Ciencias Agrícolas y Medicina Veterinaria*.

9. FAO. (2001). Forraje Verde Hidropónico. Manual técnico. 5. Santiago, Chile: Organización de las naciones unidas para la agricultura y la

- alimentación. Obtenido de [https://guiaspdf.net/wp-content/uploads/2021/02/Guia-para-Hacer-Forraje-Verde-Hidroponico-GuiasPDF.Net\\_.pdf](https://guiaspdf.net/wp-content/uploads/2021/02/Guia-para-Hacer-Forraje-Verde-Hidroponico-GuiasPDF.Net_.pdf)
10. FAO. (2008). Buenas Prácticas Agropecuarias (BPA) en la protección de ganado de doble propósito bajo confinamiento con caña panelera como parte de la dieta. Obtenido de <https://www.fao.org/3/a1564s/a1564s03.pdf>
11. FEDEGAN. (2020). Producción de leche en Colombia. Federación Colombiana de Ganaderos. Obtenido de <https://www.fedegan.org.co/estadisticas/produccion-0>
12. Gamero, C., & Bernal, L. (2014). Evaluación de gramíneas y leguminosas de trópico alto en cultivo hidropónico como alternativa de producción orgánica para la nutrición animal. Bogotá: Ediciones Unisalle .
13. García, A., Castejón, F., De La Cruz, L. F., González, J., & Murillo, M. D. (1995). Fisiología veterinaria . Madrid, España: MacGraw Hill-Interamericana S.A.
14. Hydroenvironment. (2022). ¿Cómo incluir en la de tus animales el FVH? México: Hydroenvironment. Recuperado el Marzo de 18 de 2023, de [https://www.hydroenv.com.mx/catalogo/index.php?main\\_page=page&id=301](https://www.hydroenv.com.mx/catalogo/index.php?main_page=page&id=301)
15. Lancheros, L. O. (2017). Alternativas forrajeras para la alimentación de ganadería bovina lechera en la región del occidente del departamento de boyacá (colombia). Bogotá, colombia: universidad nacional abierta y a distancia . Obtenido de <https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/17460/4197146.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
16. Lanuza, F. R. (2006). Requerimientos de nutrientes según estado fisiológico de bovinos de leche. Manual de producción de leche para pequeños y medianos productores. 15. Osorno, Chile: Instituto de investigaciones Agropecuarias. Obtenido de [https://www.produccion-animal.com.ar/produccion\\_bovina\\_de\\_leche/produccion\\_bovina\\_leche/331-Requerimientos.pdf](https://www.produccion-animal.com.ar/produccion_bovina_de_leche/produccion_bovina_leche/331-Requerimientos.pdf)
17. Lomelí, Z. H. (2000). Forraje verde hidropónico. El forraje del futuro... Hoy. (63). Agrocultura.
18. López, L. Á. (Septiembre de 2005). "Producción de forraje verde hidropónico". México: Centro de investigación química aplicada. Obtenido de <https://ciqa.repositorioinstitucional.mx/jsp/ui/bitstream/1025/403/1/Luis%20Angel%20Lopez%20Martinez.pdf>
19. Lopez, P. J., Rodriguez, H. J., Villa, M. S., Gómez Danés, A., Crespo, E. C., Rosete, C. R., . . . Cartón, M. O. (2013). PRODUCCIÓN DE FORRAJE VERDE HIDROPÓNICO. Revista Fuente nueva época. Obtenido de <http://dspace.uan.mx:8080/bitstream/123456789/2126/1/Produccion%20de%20forraje%20verde%20hidroponico.pdf>
20. López, P. P., & SE., M. G. (2013). Efectos de tres tipos de fertilizantes en la producción de forraje verde hidropónico de maíz (Zea mays) variedad NB6, en un invernadero no tradicional. Managua, Nicaragua : Universidad Nacional Agraria .
21. Martínez, L. L. (Septiembre de 2005). Producción de forraje verde hidropónico. Saltillo, Coahuila, México: CENTRO DE INVESTIGACIÓN EN QUÍMICA APLICADA (CIQA). Obtenido de <https://ciqa.repositorioinstitucional.mx/jsp>

ui/bitstream/1025/403/1/Luis%20Angel%20Lopez%20Martinez.pdf

22. Mejía, S. D., & Reyes, Z. A. (Noviembre de 2020). Exploración para la producción de forraje verde hidropónico de maíz y sorgo para la alimentación de ganado lechero: Revisión de Literatura. Zamorano, Honduras: Escuela Agrícola Panamericana. Obtenido de <https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/580adc07-0cef-4213-812a-66450d2a742a/content#:~:text=El%20forraje%20verde%20hidrop%C3%B3nico%20es,la%20vaca%20lechera%20como%20alimento.>

23. Nuñez, T. O., & Guerrero, L. J. (1 de Abril de 2021). Forrajes hidropónicos. Una alternativa para la alimentación de animales domesticos. 8, 1. Ecuador: JSAAS. Obtenido de <http://portal.amelica.org/ameli/jatsRepo/198/1982165011/index.html>

24. NutriNews. (27 de Junio de 2021). *Nutrinews: Sostenibilidad*. Recuperado el 18 de Marzo de 2023, de [https://nutrinews.com/forraje-verde-hidroponico-como-es-producir-alimento-sin-tierra/#:~:text=Rendimiento%20y%20valor%20nutricional,de%20materia%20seca%20\(MS\).](https://nutrinews.com/forraje-verde-hidroponico-como-es-producir-alimento-sin-tierra/#:~:text=Rendimiento%20y%20valor%20nutricional,de%20materia%20seca%20(MS).)

25. Paipa, L., Bernal, L., Conde, A., Quijano, N., & Bula, K. (20 de 12 de 2020). El forraje verde hidropónico: una alternativa sostenible en tiempos de cambio climático. 5, 2. *Ámbito Investigativo*. Obtenido de <https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1107&context=ai>

26. Pérez, S. L., Preciado, R. P., Esparza, R. J., Álvarez, R. V., Palomo, G. A., Rodríguez, D. N., & Márquez, H.

C. (2012). Rendimiento , calidad nutricional, contenido fenólico y capacidad antioxidante de forraje verde hidropónico de maíz (Zea mays) producido en invernadero bajo fertilización orgánica . *Interciencia* .

27. Ramírez, C., & Soto, F. (2017). Efecto de la nutrición minerales sobre la producción de forraje verde hidropónico de maíz. *Argon*. Costaricence.

28. Rodríguez, A. (2003). Forraje verde hidropónico: como producir con facilidad, rapidez y óptimos resultados. (3a). México: Diana.

29. Romero, V. M., Córdova, D. G., & Hernández, G. E. (Mayo-Agosto de 2009). Producción de Forraje Verde Hidropónico y su Aceptación en Ganado Lechero. (2), 19. *Acta Universitaria*. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/416/41611810002.pdf>

30. Rossner, V., & Vispo, P. (2 de Octubre de 2018). Gestación, parto y cuidados del ternero al nacimiento en bovinos de cría. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria-EEA Colonia Benitez. Obtenido de [https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta\\_-\\_gestacion\\_parto\\_y\\_cuidados\\_del\\_ternero\\_al\\_nacimiento\\_en\\_bovinos\\_de\\_cria\\_0.pdf](https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_-_gestacion_parto_y_cuidados_del_ternero_al_nacimiento_en_bovinos_de_cria_0.pdf)

31. Saló, S. (2019). Effects of Hydroponic Fodder Feeding on Milk Yield and Composition of Dairy Cow: Review. 9, 8. *Journal of Natyral Sciences Research*. doi:10.7176/JNSR

32. Tórrez, A. C., & Catro, S. d. (15 de Noviembre de 2018). Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua. Obtenido de <http://portal.amelica.org/ameli/jatsRepo/394/3941755005/html/index.html>

33. Valdivia, E. (25 de Marzo de 1996).  
Producción de forraje verde hidropónico.  
Lima, Perú: Conferencia Internacional de  
Hidroponía Comercial.

34. Weldegerima, K. (2015). Beneficio  
nutricional y valor económico de la  
alimentación de maíz cultivado  
hidropónicamente para cabras Konkan  
Kanyal. Revista IOSR de Agricultura y  
Ciencias Veterinarias.