



*Aporte nutricional del forraje verde hidropónico en la alimentación de cabras:  
Revisión bibliográfica*

*Nutritional contribution of hydroponic green forage in goat feeding: Literature  
review*

*Contributo nutricional da forragem verde hidropónica na alimentação de  
caprinos: Revisão de literatura*

Jonathan Alexander Zambrano-Suczhañay <sup>I</sup>

[Jonanozam@hotmail.com](mailto:Jonanozam@hotmail.com)

<https://orcid.org/0009-0003-0516-985X>

Jefferson Javier Ocaña-Wilcapi <sup>II</sup>

[jo79296@gmail.com](mailto:jo79296@gmail.com)

<https://orcid.org/0009-0002-7852-1941>

**Correspondencia:** [Jonanozam@hotmail.com](mailto:Jonanozam@hotmail.com)

Ciencias Técnicas y Aplicadas

Artículo de Investigación

\* **Recibido:** 19 de mayo de 2024 \* **Aceptado:** 25 de junio de 2024 \* **Publicado:** 22 de julio de 2024

- I. Facultad de Ciencias Pecuarias, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Panamericana Sur, Km 1 ½, Riobamba, Investigador Independiente, Ecuador.
- II. Facultad de Ciencias Pecuarias, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Panamericana Sur, Km 1 ½, Riobamba, Investigador Independiente, Ecuador.

## Resumen

El forraje verde hidropónico (FVH) se presenta como una alternativa innovadora y sostenible para la alimentación de cabras, especialmente en regiones con limitaciones de tierra y agua. El objetivo de este estudio es evaluar el impacto del FVH en la salud y productividad de las cabras, comparándolo con forrajes convencionales. Se utilizó una metodología de revisión bibliográfica descriptiva de varias bases de datos académicas y científicas en línea, se analizaron estudios empíricos recientes sobre el FVH de avena y maíz. Los resultados muestran que el FVH posee una composición nutricional superior, con altos niveles de proteína bruta y energía metabolizable. Esto se traduce en una mayor ganancia de peso diario y una mayor producción de leche en cabras alimentadas con FVH, además de una menor incidencia de enfermedades. El FVH también demuestra una alta eficiencia en la producción de biomasa y uso de agua, siendo más sostenible y económico a largo plazo en comparación con los forrajes tradicionales. Sin embargo, la adopción del FVH requiere una inversión inicial en infraestructura hidropónica y un manejo adecuado del cultivo. Se concluye que el FVH es una solución viable para mejorar la alimentación de cabras, ofreciendo beneficios nutricionales, económicos y ambientales significativos. Es crucial continuar investigando y promoviendo el uso del FVH para maximizar sus ventajas y facilitar su adopción en diversas regiones.

**Palabras clave:** Forraje verde hidropónico; Cabras; Composición nutricional; Eficiencia de producción; Sostenibilidad.

## Abstract

Hydroponic green fodder (HVF) is presented as an innovative and sustainable alternative for feeding goats, especially in regions with land and water limitations. The objective of this study is to evaluate the impact of FVH on the health and productivity of goats, comparing it with conventional forages. A descriptive bibliographic review methodology was used from several academic and scientific online databases, recent empirical studies on the FVH of oats and corn were analyzed. The results show that FVH has a superior nutritional composition, with high levels of crude protein and metabolizable energy. This translates into greater daily weight gain and greater milk production in goats fed FVH, in addition to a lower incidence of diseases. FVH also demonstrates high efficiency in biomass production and water use, being more sustainable and

economical in the long term compared to traditional forages. However, the adoption of FVH requires an initial investment in hydroponic infrastructure and proper crop management. It is concluded that FVH is a viable solution to improve goat feeding, offering significant nutritional, economic and environmental benefits. It is crucial to continue researching and promoting the use of FVH to maximize its benefits and facilitate its adoption in various regions.

**Keywords:** Hydroponic green fodder; Goats; Nutritional composition; Production efficiency; Sustainability.

## Resumo

A forragem verde hidropónica (HVF) apresenta-se como uma alternativa inovadora e sustentável para a alimentação de caprinos, principalmente em regiões com limitações de terra e água. O objetivo deste estudo é avaliar o impacto da FVH na saúde e produtividade dos caprinos, comparando-a com as forrageiras convencionais. Utilizou-se uma metodologia descritiva de revisão bibliográfica a partir de diversas bases de dados académicas e científicas online, foram analisados estudos empíricos recentes sobre o FVH da aveia e do milho. Os resultados mostram que a FVH apresenta uma composição nutricional superior, com elevados teores de proteína bruta e energia metabolizável. Isto traduz-se num maior ganho de peso diário e numa maior produção de leite nas cabras alimentadas com FVH, bem como numa menor incidência de doenças. A FVH demonstra também uma elevada eficiência na produção de biomassa e na utilização de água, sendo mais sustentável e económica a longo prazo, em comparação com as forragens tradicionais. No entanto, a adopção da FVH requer um investimento inicial em infra-estruturas hidropónicas e uma gestão adequada das culturas. Conclui-se que o FVH é uma solução viável para melhorar a alimentação de caprinos, oferecendo significativos benefícios nutricionais, económicos e ambientais. É crucial continuar a investigar e a promover a utilização do FVH para maximizar os seus benefícios e facilitar a sua adoção em diversas regiões.

**Palavras-chave:** Forragem verde hidropónica; Cabras; Composição nutricional; Eficiência de produção; Sustentabilidade.

## Introducción

El forraje verde hidropónico (FVH) ha emergido como una alternativa viable y sostenible para la alimentación animal en regiones donde la disponibilidad de tierra y agua es limitada. Esta técnica

permite cultivar plantas forrajeras en ambientes controlados sin la necesidad de suelo, utilizando soluciones nutritivas que garantizan un crecimiento rápido y uniforme (Cisneros et al., 2020; Paipa et al., 2020; Nieto et al., 2020). Este método es especialmente relevante para la producción caprina, ya que las cabras a menudo se crían en zonas áridas y semiáridas donde las condiciones para el cultivo de forrajes convencionales son adversas. En estos entornos, las cabras dependen en gran medida del pastoreo extensivo y de recursos forrajeros naturales que, durante ciertos periodos del año, pueden ser insuficientes para satisfacer sus necesidades nutricionales (Scopinichi & Strahsburger, 2020). El objetivo de esta investigación es evaluar el impacto del FVH en la salud y productividad de las cabras, comparándolo con forrajes convencionales, y determinar su viabilidad y beneficios en contextos de producción caprina.

Las cabras son animales rumiantes altamente adaptables que desempeñan un papel crucial en la economía agrícola de muchas regiones, especialmente en países en desarrollo (Santos et al., 2019). Su capacidad para consumir una amplia variedad de vegetación y su resistencia a condiciones climáticas adversas las convierten en una fuente valiosa de carne, leche y fibra en áreas donde otras formas de ganadería serían inviables (Bhalerao et al., 2019). Sin embargo, su productividad está directamente influenciada por la calidad y disponibilidad de los forrajes (Pinto et al., 2019). Estudios han mostrado que la carencia de forraje de alta calidad puede resultar en una disminución en la producción de leche, menor ganancia de peso y una mayor susceptibilidad a enfermedades (Contreras et al., 2019; Nieto et al., 2020). Por lo tanto, la introducción de FVH podría ser una solución eficaz para superar estas limitaciones.

El FVH no solo permite la producción de forraje en áreas con escasa disponibilidad de tierra y agua, sino que también ofrece un alimento de alta calidad nutricional (Velásquez et al., 2023). Al respecto Misiunas et al. (2019) destacan que el FVH de avena forrajera y maíz tiene un contenido significativo de proteína bruta y energía metabolizable, lo que lo convierte en una excelente opción para la alimentación de cabras en zonas con déficit forrajero invernal. Además, Bhalerao et al., (2019) encontraron que la inclusión de FVH de maíz en la dieta de cabras Osmanabadi incrementó significativamente el consumo de materia seca y mejoró el rendimiento en términos de ganancia de peso y medidas corporales.

Estos hallazgos sugieren que el FVH no solo es una fuente nutricionalmente superior, sino que también, como aseguran Kalandarov & Abdullaeva (2022), puede mejorar la eficiencia de conversión alimenticia y reducir los costos de alimentación a largo plazo. El FVH, al ser cultivado

en condiciones controladas, permite obtener forraje durante todo el año, independientemente de las condiciones climáticas externas, lo cual es una ventaja significativa en la producción ganadera (Blanco et al., 2019; Bamikole et al., 2020).

Por otra parte, el FVH contribuye a la sostenibilidad ambiental y económica de los sistemas de producción caprina. Contreras et al. (2019) señalaron que el uso de FVH en la región de Coquimbo, Chile, ha permitido a los criadores de cabras mantener una producción estable de leche durante todo el año, reduciendo la dependencia de los forrajes convencionales y minimizando el impacto ambiental de la producción ganadera. Además, el FVH utiliza significativamente menos agua que los métodos tradicionales de cultivo, lo cual es crucial en regiones donde este recurso es escaso (Afsalania & Karimi, 2020). Al mejorar la eficiencia del uso del agua y reducir la necesidad de tierras cultivables, el FVH promueve prácticas agrícolas más sostenibles y económicamente viables (Badilla & Ramos, 2022).

Esta técnica permite cultivar plantas forrajeras en ambientes controlados sin la necesidad de suelo, utilizando soluciones nutritivas que garantizan un crecimiento rápido y uniforme. Esto es especialmente relevante para la producción caprina en zonas áridas y semiáridas, donde las cabras dependen del pastoreo extensivo y de recursos forrajeros naturales que pueden ser insuficientes en ciertos periodos del año (Bustamante, 2019). Las cabras son ruminantes altamente adaptables y desempeñan un papel crucial en la economía agrícola de muchas regiones, especialmente en países en desarrollo (Scopinichi & Strahsburger, 2020).

Su capacidad para consumir una amplia variedad de vegetación y su resistencia a condiciones climáticas adversas las convierte en una fuente valiosa de carne, leche y fibra (Santos & Ramírez, 2020). Sin embargo, su productividad está influenciada por la calidad y disponibilidad de los forrajes (Flores et al., 2021). Estudios han mostrado que la carencia de forraje de alta calidad puede resultar en una disminución en la producción de leche, menor ganancia de peso y una mayor susceptibilidad a enfermedades (Contreras et al, 2019; Ah et al., 2020; Bustamante, 2019; Santos et al., 2019; Scopinichi & Strahsburger, 2020). Por lo tanto, la introducción de FVH podría ser una solución eficaz para superar estas limitaciones.

El FVH ofrece un alimento de alta calidad nutricional para la cría de cabras (González et al, 2019). Misiunas et al. (2019) destacan que el FVH de avena forrajera y maíz tiene un contenido significativo de proteína bruta y energía metabolizable, lo que lo convierte en una excelente opción para la alimentación de cabras en zonas con déficit forrajero invernal. Además, Bhalerao et al.

(2019) encontraron que la inclusión de FVH de maíz en la dieta de cabras Osmanabadi incrementó significativamente el consumo de materia seca y mejoró el rendimiento en términos de ganancia de peso y medidas corporales. Estos hallazgos sugieren que el FVH no solo es una fuente nutricional superior, sino que también puede mejorar la eficiencia de conversión alimenticia y reducir los costos de alimentación a largo plazo. El FVH permite obtener forraje durante todo el año, independientemente de las condiciones climáticas externas, lo cual es una ventaja significativa en la producción ganadera (Ndaru et al., 2020).

La importancia del FVH radica en su capacidad para proporcionar un alimento de alta calidad nutricional, crucial para mantener la salud y la productividad de las cabras (Pérez y otros, 2019). Estudios recientes han demostrado que el FVH puede contener niveles elevados de proteínas, vitaminas y minerales, superando en muchos casos a los forrajes tradicionales (Badilla & Ramos, 2022; Flores et al., 2021; Blanco et al., 2019; Cisneros et al., 2020; Santos & Ramírez, 2020; Paipa et al., 2020). Misiunas et al., (2019) encontraron que el FVH de avena forrajera y maíz posee un contenido significativo de proteína bruta y energía metabolizable, lo que lo convierte en una excelente opción para la alimentación de cabras en zonas con déficit forrajero invernal. Este alto contenido de nutrientes es esencial para el desarrollo óptimo de las cabras, ya que la proteína es fundamental para el crecimiento y la reparación de tejidos, mientras que las vitaminas y minerales juegan roles cruciales en diversas funciones metabólicas y en el mantenimiento del sistema inmunológico (Castro & García, 2020).

Además, el FVH no solo contribuye a mejorar la calidad de la dieta de las cabras, sino que también presenta beneficios económicos y ambientales (Hernández & Pérez, 2021). Al utilizar menos agua y no requerir superficies arables, el FVH representa una práctica más sostenible y menos demandante de recursos. Este ahorro en recursos no solo tiene implicaciones ambientales positivas, sino que también puede traducirse en menores costos de producción para los ganaderos (Mejía & Orellana, 2019). Por su parte Bhalerao et al., (2019) señalaron que la inclusión de FVH en la dieta de cabras no solo mejoró su rendimiento productivo, sino que también resultó en un costo de alimentación por kilogramo de ganancia de peso más bajo, lo que subraya la eficiencia económica de esta práctica.

Un aspecto importante a considerar es la viabilidad económica del FVH. Aunque la inversión inicial en infraestructura hidropónica puede ser considerable, los costos operativos son relativamente bajos en comparación con la agricultura convencional (Badilla & Ramos, 2022).



Naik et al. (2014) demostraron que el FVH requiere solo una fracción del agua necesaria para cultivar forraje en campo abierto, lo que es crucial en regiones donde este recurso es escaso. Además, al producir forraje en un ambiente controlado, se reducen las pérdidas por factores ambientales adversos, lo que asegura una producción constante y predecible. En términos de rendimiento económico (Ah et al., 2020).

La adopción del FVH tiene implicaciones significativas para la sostenibilidad y la resiliencia de los sistemas de producción ganadera. La capacidad del FVH para proporcionar un suministro continuo de forraje de alta calidad puede ayudar a estabilizar la producción de leche y carne, incluso en condiciones climáticas adversas (Pérez & Ramírez, 2020). Esto es particularmente relevante en el contexto del cambio climático, donde la variabilidad en la disponibilidad de forraje puede afectar negativamente la productividad ganadera. Contreras et al. (2019) enfatizan que el FVH puede jugar un papel crucial en la mitigación de los efectos del cambio climático al asegurar una fuente de alimentación constante y de alta calidad para las cabras. Además, la reducción en el uso de recursos y el menor impacto ambiental asociado con el FVH contribuyen a la promoción de prácticas agrícolas más sostenibles y responsables (Nieto et al., 2020).

El objetivo de esta investigación fue evaluar el aporte nutricional del forraje verde hidropónico (FVH) en la alimentación de cabras, comparando sus beneficios con los forrajes tradicionales y analizando su impacto en la salud y productividad de los animales. A través de una revisión bibliográfica exhaustiva de estudios empíricos recientes, se pretendió obtener una visión integral y actualizada sobre este tema crucial. El análisis se centró en comparar los valores nutricionales, el rendimiento en biomasa, la calidad nutricional y el impacto en la productividad de las cabras, con el fin de proporcionar una base sólida para futuras investigaciones y aplicaciones prácticas en el campo de la producción caprina (Misiunas et al., 2019; Contreras et al., 2019).

La estructura de este artículo está diseñada para guiar al lector a través de un análisis detallado y comprensivo del FVH. Comenzando con una introducción al tema y la relevancia de la alimentación adecuada en la producción caprina, se desarrollan los propósitos específicos de la investigación. En la parte metodológica, se describe el enfoque y los métodos utilizados para la revisión bibliográfica y el análisis comparativo de los datos. La sección de resultados ofrece una comparación de los valores nutricionales, rendimiento en biomasa y calidad nutricional del FVH frente a los forrajes tradicionales. Finalmente, la discusión analizará los hallazgos en el contexto de la literatura existente, destacando las implicaciones prácticas y futuras áreas de investigación.

Invitamos a los lectores a profundizar en cada sección para comprender mejor el impacto significativo del FVH en la producción caprina sostenible.

## **Metodología**

La investigación se centró en evaluar el impacto del forraje verde hidropónico (FVH) en la alimentación de cabras, con un enfoque particular en sus características nutricionales, su efecto en la salud y productividad de los animales, y sus implicaciones económicas y ambientales. Este estudio abarcó un análisis escrupuloso de la literatura científica reciente, proporcionando una amplia comprensión de los beneficios y desafíos asociados con la implementación del FVH en sistemas de producción caprina. La investigación tuvo un alcance descriptivo y exploratorio, al describir y comparar los hallazgos de estudios empíricos previos sobre el tema.

El enfoque de investigación adoptado fue mixto, combinando elementos cuantitativos y cualitativos. Se basó en la recopilación y análisis de datos secundarios obtenidos de estudios empíricos y revisiones bibliográficas. Este enfoque permitió una evaluación exhaustiva de las diversas dimensiones del FVH, incluyendo sus beneficios nutricionales, su impacto en la productividad animal y sus implicaciones económicas y ambientales. En este sentido Creswell (2018)), manifiesta que los estudios que combinan métodos cuantitativos y cualitativos son particularmente útiles para obtener una visión holística de fenómenos complejos como los sistemas de producción animal.

La investigación fue de tipo descriptivo y bibliográfico. La investigación descriptiva se enfocó en detallar y analizar las características de un fenómeno específico, en este caso, el FVH y su impacto en la alimentación de cabras. La investigación bibliográfica implicó la revisión y síntesis de información existente en fuentes académicas y científicas para proporcionar un marco teórico y empírico sólido que respalde los hallazgos del estudio. Según Kumar (2019), la investigación descriptiva es adecuada para estudios que buscan identificar y describir las características y patrones de fenómenos específicos, mientras que la investigación bibliográfica es esencial para construir una base de conocimiento a partir de estudios previos.

El método empleado en esta investigación es una revisión sistemática de la literatura, siguiendo un proceso estructurado que incluye las siguientes etapas: Primero de identificaron las fuentes, para el efecto se realizó una búsqueda exhaustiva de artículos científicos y estudios empíricos publicados en los últimos cinco años utilizando bases de datos académicas como Scopus, Web of



Science y Google Scholar. Los términos de búsqueda incluyeron "forraje verde hidropónico", "alimentación de cabras", "impacto nutricional" y "producción animal".

En segundo lugar, se seleccionaron los estudios relevantes aplicando criterios de inclusión y exclusión. Los criterios de inclusión utilizados fueron: estudios empíricos que evaluaron el FVH en la alimentación de cabras, publicados en los últimos cinco años, y que proporcionaran datos cuantitativos sobre el rendimiento nutricional y productivo del FVH. Los estudios no empíricos, publicaciones anteriores a 2017 y aquellos que no se centraban en la producción caprina fueron excluidos.

Como tercer paso se extrajeron los datos incluyendo información sobre las características nutricionales del FVH, los métodos de producción, los efectos en la salud y productividad de las cabras, y las implicaciones económicas y ambientales. Los datos extraídos se analizaron y compararon utilizando tablas y gráficos para identificar patrones y diferencias entre los estudios. Se utilizó un enfoque de análisis temático para evaluar los hallazgos cualitativos, y análisis estadísticos descriptivos para los datos cuantitativos.

Los resultados obtenidos se sintetizaron, destacando las principales conclusiones y su relevancia para la producción caprina. Esta síntesis proporciona una base sólida para la discusión y las conclusiones del artículo. Este enfoque metodológico permitió una evaluación rigurosa y sistemática del FVH, asegurando que los hallazgos se basen en evidencia empírica sólida y actualizada. Según Cooper (2017), las revisiones sistemáticas son esenciales para consolidar el conocimiento existente y proporcionar una base sólida para futuras investigaciones.

## **Resultados**

Los estudios han mostrado hallazgos prometedores en términos de la calidad nutricional del FVH, su eficiencia en la producción y su impacto positivo en la productividad animal. Estos resultados sugieren que el FVH no solo es una alternativa viable, sino también superior en muchos aspectos comparativos respecto a los forrajes tradicionales (Bustamante, 2019). En términos de eficiencia de producción, el FVH demuestra una mayor productividad por unidad de superficie y un uso más eficiente del agua en comparación con el heno de alfalfa y otros pastos secos (Hernández & Pérez, 2021).

Además de los beneficios nutricionales y productivos, el FVH también presenta ventajas económicas y ambientales significativas (Kalandarov & Abdullaeva, 2022). La capacidad de

producir forraje de alta calidad con menor uso de recursos naturales y en condiciones controladas reduce los costos de producción y el impacto ambiental (Badilla & Ramos, 2022). Esto es particularmente relevante en regiones donde el agua y la tierra cultivable son escasos recursos como se demostrará a continuación, al evaluar de manera integral los beneficios y limitaciones del FVH en la alimentación de cabras, proporcionando una base sólida para futuras investigaciones y aplicaciones prácticas en la producción caprina.

*Tabla 1: Composición Nutricional de Forrajes*

<b>Tipo de Forraje</b>	<b>Proteína Bruta (%)</b>	<b>FDN (%)</b>	<b>FDA (%)</b>	<b>EM (Mcal/kg)</b>	<b>Vitamina A (mg/kg)</b>	<b>Calcio (%)</b>	<b>Fósforo (%)</b>
FVH de Avena	10.5	65.63	32.89	2.28	40	0.3	0.5
FVH de Maíz	11.53	29.94	10.74	2.90	50	0.4	0.4
Heno de Alfalfa	16.00	56.00	44.00	2.06	30	1.4	0.3
Pasto Seco	8.00	70.00	45.00	1.50	20	0.2	0.1

*Fuente: Misiunas et al., (2019); Contreras et al., (2019); NaiK et al., (2014)*

El análisis de la Tabla 1, que compara la composición nutricional de diferentes tipos de forraje, revela que el forraje verde hidropónico (FVH) de avena y maíz ofrece ventajas significativas en términos de contenido de proteína bruta (PB) y energía metabolizable (EM) en comparación con forrajes convencionales como el heno de alfalfa y el pasto seco. Específicamente, el FVH de maíz presenta un contenido de PB del 11.53%, que es superior al del pasto seco (8.00%) y comparable al del heno de alfalfa (16.00%).

Además, el FVH de avena tiene un contenido de PB de 10.5%, lo cual, aunque ligeramente inferior al del heno de alfalfa, sigue siendo considerablemente más alto que el del pasto seco. Esta diferencia en el contenido proteico es crucial para la nutrición de las cabras, ya que la proteína es esencial para el crecimiento y la reparación de tejidos, así como para la producción de leche (Misiunas et al., 2019; Naik et al., 2014).

El contenido de energía metabolizable (EM) es otro aspecto donde el FVH muestra una clara superioridad. El FVH de maíz ofrece una EM de 2.90 Mcal/kg, mientras que el heno de alfalfa y el pasto seco presentan valores de 2.06 Mcal/kg y 1.50 Mcal/kg, respectivamente. La energía es

fundamental para el mantenimiento de las funciones corporales y la producción de leche en las cabras. La alta digestibilidad y el bajo contenido de fibra detergente neutro (FDN) y fibra detergente ácido (FDA) en el FVH de maíz (29.94% y 10.74%, respectivamente) también sugieren una mayor eficiencia en la conversión alimenticia, lo que puede resultar en una mejor condición corporal y mayor productividad (Bhalerao et al., 2019). Por otro lado, el FVH de avena tiene valores más altos de FDN y FDA (65.63% y 32.89%, respectivamente) en comparación con el maíz, pero, aun así, ofrece una buena digestibilidad y un balance adecuado de nutrientes (Contreras et al., 2019).

Además, el contenido de vitaminas y minerales en el FVH, como la vitamina A y el calcio, es significativamente beneficioso. La vitamina A es esencial para la visión, el crecimiento y el sistema inmunológico, mientras que el calcio es crucial para la formación de huesos y la producción de leche. El FVH de maíz contiene niveles más altos de vitamina A (50 mg/kg) en comparación con el pasto seco (20 mg/kg), lo que puede tener un impacto positivo en la salud general de las cabras. Estos nutrientes son menos abundantes en los forrajes convencionales, lo que subraya la superioridad nutricional del FVH. Los datos de la Tabla 1 destacan la capacidad del FVH para proporcionar una dieta más equilibrada y nutritiva, lo cual es esencial para mantener y mejorar la salud y productividad de las cabras en comparación con los forrajes tradicionales (Misiunas et al., 2019; Contreras et al., 2019).

**Tabla 2:** Rendimiento en Biomasa y Eficiencia de Producción

Tipo de Forraje	Producción (kg/m <sup>2</sup> )	Tiempo de Crecimiento (días)	Uso de Agua (L/kg)	Costo de Producción (\$/kg)
FVH de Avena	6.5	14	2	0.10
FVH de Maíz	7.0	12	2.5	0.12
Heno de Alfalfa	2.5	90	8	0.15
Pasto Seco	3.0	120	10	0.08

*Fuente:* Contreras et al., (2019); Bhalerao et al., (2019)

La Tabla 2 compara el rendimiento en biomasa y la eficiencia de producción entre el forraje verde hidropónico (FVH) y los forrajes convencionales, mostrando que el FVH, tanto de avena como de maíz, tiene ventajas significativas en términos de productividad y uso eficiente de recursos. La producción de FVH de avena es de 6.5 kg/m<sup>2</sup> en un ciclo de crecimiento de 14 días, mientras que el FVH de maíz produce 7.0 kg/m<sup>2</sup> en 12 días. Estos valores son notablemente superiores a los del

heno de alfalfa y el pasto seco, que producen 2.5 kg/m<sup>2</sup> y 3.0 kg/m<sup>2</sup>, respectivamente, en ciclos de crecimiento mucho más largos (90 días para el heno de alfalfa y 120 días para el pasto seco). Este rápido ciclo de producción del FVH es una ventaja clave, permitiendo múltiples cosechas al año y asegurando un suministro continuo de forraje fresco y nutritivo para las cabras (Misiunas et al., 2019).

El uso de agua también muestra una eficiencia destacada en el FVH. La producción de FVH de avena requiere solo 2 litros de agua por kilogramo de forraje, mientras que el FVH de maíz necesita 2.5 litros por kilogramo. En comparación, el heno de alfalfa y el pasto seco requieren 8 y 10 litros de agua por kilogramo de forraje, respectivamente. Esta reducción en el uso de agua es especialmente beneficiosa en regiones áridas y semiáridas donde la disponibilidad de agua es limitada. Naik et al. (2014) enfatizan que la producción de forraje hidropónico utiliza una fracción del agua necesaria en los sistemas de cultivo tradicionales, lo que representa una práctica agrícola más sostenible y económica.

Además, el costo de producción del FVH es competitivo, con 0.10 USD/kg para la avena y 0.12 USD/kg para el maíz, comparado con 0.15 USD/kg para el heno de alfalfa y 0.08 USD/kg para el pasto seco. Aunque el FVH puede tener un costo inicial más alto debido a la inversión en infraestructura hidropónica, sus costos operativos más bajos y su eficiencia en el uso de recursos pueden compensar estos gastos a largo plazo (Bhalerao et al., 2019).

La eficiencia de producción del FVH también se refleja en su capacidad para mantener la calidad nutricional constante a lo largo del año, independientemente de las condiciones climáticas externas. Esto es crucial para los ganaderos que enfrentan variabilidad estacional en la disponibilidad y calidad del forraje (Belenche et al., 2019). Como es el caso estudiado por Contreras et al. ((2019) en el que se refleja la estabilidad en la producción estable de leche a lo largo del año, reduciendo significativamente la dependencia de los forrajes convencionales y contribuyendo al mejoramiento de la sostenibilidad de la producción. La capacidad de producir forraje de alta calidad de manera continua también contribuye a la seguridad alimentaria y a la estabilidad económica de las explotaciones ganaderas (Paipa y otros, 2020).

**Tabla 3: Impacto en la Salud y Productividad de las Cabras**

<b>Tipo de Forraje</b>	<b>Ganancia de Peso Diario (g/día)</b>	<b>Producción de Leche (L/día)</b>	<b>Condición Corporal</b>	<b>Incidencia de Enfermedades (%)</b>
FVH de Avena	45	1.5	Buena	5
FVH de Maíz	50	1.6	Muy Buena	3
Heno de Alfalfa	40	1.4	Regular	7
Pasto Seco	30	1.0	Pobre	10

*Fuente: Misiunas et al., (2019); Contreras et al., (2019); NaiK et al., (2014); Bhalerao et al., (2019).*

La Tabla 3 proporciona una comparación del impacto en la salud y productividad de las cabras alimentadas con forraje verde hidropónico (FVH) de avena y maíz en comparación con forrajes convencionales como el heno de alfalfa y el pasto seco. Los resultados muestran que las cabras alimentadas con FVH, particularmente el de maíz, tienen un mejor rendimiento en términos de ganancia de peso diario, producción de leche, condición corporal y menor incidencia de enfermedades.

En términos de ganancia de peso diario, las cabras alimentadas con FVH de maíz ganan un promedio de 50 gramos por día, seguido por aquellas alimentadas con FVH de avena con 45 gramos por día. En comparación, las cabras alimentadas con heno de alfalfa y pasto seco muestran ganancias de peso de 40 gramos y 30 gramos por día, respectivamente. Estos datos sugieren que el FVH, especialmente el de maíz, proporciona una dieta más rica en nutrientes que favorece un mayor crecimiento y desarrollo de los animales. Bhalerao et al. (2019) señalan que la mayor ganancia de peso en cabras alimentadas con FVH se debe a su alto contenido de proteína y energía metabolizable, lo que mejora la eficiencia de conversión alimenticia y el crecimiento corporal.

La producción de leche también se ve beneficiada por la inclusión de FVH en la dieta de las cabras. Las cabras alimentadas con FVH de maíz producen un promedio de 1.6 litros de leche por día, mientras que las alimentadas con FVH de avena producen 1.5 litros por día. En comparación, las cabras alimentadas con heno de alfalfa y pasto seco producen 1.4 litros y 1.0 litro de leche por día, respectivamente. Este incremento en la producción de leche puede atribuirse al alto valor nutricional del FVH, que proporciona los nutrientes necesarios para una lactancia eficiente. Según González et al., (2019), el uso de FVH, ha hecho posible mantener la producción y mejorar la calidad de la leche aumentando los réditos económicos de las explotaciones caprinas en condiciones ambientales bastante adversas, con suelos áridos y escasa cantidad de agua.

La condición corporal de las cabras también mejora significativamente con el FVH. Las cabras alimentadas con FVH de maíz presentan una condición corporal muy buena, mientras que las alimentadas con FVH de avena tienen una condición buena. En contraste, las cabras alimentadas con heno de alfalfa y pasto seco muestran condiciones corporales regulares y pobres, respectivamente. La condición corporal es un indicador importante de la salud general y el bienestar de los animales, y estos resultados subrayan la capacidad del FVH para mejorar la salud de las cabras. Misiunas et al. (2019) destacan que la mayor digestibilidad y el balance nutricional del FVH contribuyen a una mejor condición corporal y menor incidencia de problemas de salud. La incidencia de enfermedades es menor en cabras alimentadas con FVH. Las cabras alimentadas con FVH de maíz muestran una incidencia de enfermedades del 3%, mientras que aquellas alimentadas con FVH de avena tienen una incidencia del 5%. En comparación, las cabras alimentadas con heno de alfalfa y pasto seco tienen incidencias de enfermedades del 7% y 10%, respectivamente. La menor incidencia de enfermedades puede atribuirse a la mejor calidad nutricional del FVH, que fortalece el sistema inmunológico de las cabras y las hace menos susceptibles a enfermedades. Según Naik et al. (2014), una dieta equilibrada y rica en nutrientes, como la proporcionada por el FVH, es crucial para mantener la salud y el rendimiento productivo de los animales.

## Discusión

La calidad nutricional del forraje verde hidropónico (FVH) ha sido un tema ampliamente estudiado, con diversas investigaciones destacando sus ventajas en comparación con los forrajes convencionales (Badilla & Ramos, 2022; Blanco et al., 2019; Castro & García, 2020; Flores et al., 2021; Santos & Ramírez, 2020). Misiunas et al. (2019) encontraron que el FVH de avena y maíz presenta un alto contenido de proteína bruta (PB) y energía metabolizable (EM), lo que lo convierte en una opción superior para la alimentación de cabras en términos de valor nutricional. Este hallazgo es confirmado por Bhalerao et al. (2019), quienes observaron que la inclusión de FVH de maíz en la dieta de cabras aumentó significativamente el consumo de materia seca y mejoró el rendimiento en términos de ganancia de peso y medidas corporales. Sin embargo, Naik et al. (2014) y Flores et al., (2021) aportan una perspectiva adicional al señalar que, aunque el FVH tiene un contenido nutricional superior, su impacto depende también de la digestibilidad y la palatabilidad, factores que pueden variar según el tipo de forraje y las condiciones de cultivo.



Por su parte, Contreras et al. (2019) destacan que, aunque el FVH de avena y maíz tiene una calidad nutricional elevada, los resultados pueden variar dependiendo de las condiciones de producción y el manejo del forraje. Por ejemplo, señalaron que la calidad del FVH puede disminuir si no se mantiene un riego adecuado o si las semillas utilizadas no son de alta calidad. Este punto es respaldado por Rodríguez et al. (2004), y por Afsalania y Karimi (2020), quienes encontraron que la variabilidad en los nutrientes del FVH puede ser significativa y depende en gran medida del manejo técnico del cultivo. Mientras tanto, la presente investigación corrobora que el FVH, particularmente el de maíz, ofrece una mayor concentración de nutrientes esenciales en comparación con los forrajes tradicionales, lo que puede traducirse en mejoras en la salud y productividad de las cabras.

Por otro lado, Ndaru et al., (2020) y Khattak et al., (2007) argumentan que la mejora en la calidad nutricional del FVH se debe principalmente a la conversión de compuestos complejos en formas más simples durante el proceso de germinación, lo que aumenta la disponibilidad de nutrientes para los animales. Este argumento es apoyado por Chavan y Kadam (1989), quienes explican que el proceso de germinación no solo aumenta el contenido proteico, sino que también mejora la calidad de las proteínas y la disponibilidad de minerales. En este contexto, los resultados de esta investigación indican que la alta calidad nutricional del FVH de maíz y avena es consistente con estos mecanismos de mejora nutricional, destacando la importancia de optimizar las condiciones de germinación para maximizar los beneficios del FVH.

El rendimiento en biomasa y la eficiencia de producción del FVH han sido resaltados como factores clave para su viabilidad como alimento para cabras. Misiunas et al. (2019) reportan que el FVH de avena y maíz puede producir 6.5 kg/m<sup>2</sup> y 7.0 kg/m<sup>2</sup>, respectivamente, en ciclos de crecimiento mucho más cortos que los forrajes convencionales. Este rendimiento superior es respaldado por Naik et al. (2014), quienes también destacan la eficiencia del uso del agua en la producción de FVH, lo que lo convierte en una opción más sostenible en regiones áridas. Sin embargo, Contreras et al. (2019) advierten que, aunque el rendimiento en biomasa del FVH es alto, su producción puede requerir una inversión inicial considerable en infraestructura hidropónica, lo que podría ser una barrera para su adopción por pequeños productores.

Mientras tanto, Velásquez et al., (2023) y Bhalerao et al. (2019) corroboran que la alta productividad del FVH es una ventaja significativa, pero también señalan que el éxito del FVH depende de la correcta implementación y manejo del sistema hidropónico. Kalandarov &

Abdullaeva (2022) Argumentan que la producción de FVH puede ser influenciada por factores como la calidad de las semillas, el manejo del riego y las condiciones de luz y temperatura. En contraste, Khattak et al., (2007) sugieren que las tecnologías de bajo costo para la producción de FVH pueden mitigar estos desafíos, facilitando su adopción en áreas rurales con recursos limitados. En esta investigación, se observa que, con la implementación adecuada, el FVH de maíz y avena no solo ofrece un rendimiento en biomasa superior, sino que también utiliza recursos de manera más eficiente, lo que apoya su viabilidad económica y ambiental.

Por otro lado, Pérez y Ramírez (2020) junto a Rodríguez et al., (2004) destacan que el rendimiento en biomasa del FVH es consistentemente alto en diversas condiciones de cultivo, lo que sugiere su robustez y adaptabilidad. Este hallazgo es importante, ya que indica que el FVH puede ser una solución viable para diferentes regiones y condiciones climáticas. Sin embargo, Chavan y Kadam (1989) argumentan que la calidad del forraje puede variar según la especie de planta utilizada y las condiciones específicas de cultivo. En la presente investigación, se confirma que, a pesar de las posibles variaciones, el FVH de maíz y avena muestra un rendimiento y eficiencia superiores, lo que lo posiciona como una alternativa prometedora para mejorar la alimentación de cabras en diversas regiones.

El impacto del FVH en la salud y productividad de las cabras ha sido un área de interés significativo en la investigación ganadera. Bhalerao et al. (2019) encontraron que las cabras alimentadas con FVH de maíz experimentaron una mayor ganancia de peso diario y mejoraron sus medidas corporales en comparación con las alimentadas con forrajes convencionales. Este resultado es apoyado por Contreras et al. (2019), quienes observaron una mayor producción de leche en cabras alimentadas con FVH de avena, lo que indica un impacto positivo en la eficiencia productiva. Sin embargo, Khattak et al., (2007) argumentan que, aunque el FVH mejora la salud y productividad, estos beneficios pueden depender de la correcta formulación de la dieta y la complementariedad con otros nutrientes esenciales.

En contraposición, Misiunas et al. (2019) señalan que la incidencia de enfermedades en cabras alimentadas con FVH es menor debido a la alta calidad nutricional y la digestibilidad del forraje. Este hallazgo es consistente con las observaciones de Chavan y Kadam (1989), quienes explican que la mejora en la salud animal puede atribuirse a la disponibilidad de nutrientes más biodisponibles en el FVH. Sin embargo, Rodríguez (2004) advierten que la adopción de FVH debe ir acompañada de prácticas de manejo adecuadas para asegurar que los beneficios nutricionales se

traduzcan en mejoras reales en la salud y productividad. En la presente investigación, se confirma que el FVH, particularmente el de maíz, reduce la incidencia de enfermedades y mejora la condición corporal de las cabras, subrayando la importancia de la calidad nutricional en la formulación de dietas.

Naik et al., (2014) subrayan que el FVH puede tener un impacto significativo en la reducción de los costos de alimentación, ya que su producción requiere menos recursos y puede ser más constante a lo largo del año. Este argumento es apoyado por Bhalerao et al. (2019), quienes encontraron que la inclusión de FVH en la dieta de cabras resulta en un costo de alimentación por kilogramo de ganancia de peso más bajo, lo que es económicamente beneficioso para los productores. En este estudio, se observa que la implementación de FVH no solo mejora la salud y productividad de las cabras, sino que también ofrece ventajas económicas significativas, lo que refuerza su viabilidad como una solución sostenible y eficiente en la producción caprina.

## **Conclusiones**

El forraje verde hidropónico (FVH) es una alternativa viable y efectiva para la alimentación de cabras, especialmente en regiones con limitaciones de tierra y agua. El FVH de avena y maíz tiene una composición nutricional superior, con altos niveles de proteína bruta y energía metabolizable, lo que mejora significativamente la salud y la productividad de las cabras. Estas mejoras se reflejan en una mayor ganancia de peso diario y una mayor producción de leche en comparación con los forrajes tradicionales. Además, la menor incidencia de enfermedades en las cabras alimentadas con FVH sugiere que este tipo de forraje puede contribuir a una mejor condición corporal y bienestar general de los animales.

El FVH también destaca por su alta eficiencia en la producción de biomasa y uso de recursos, ya que requiere menos agua y tiempo para su cultivo en comparación con los forrajes convencionales. Esta eficiencia es particularmente beneficiosa en zonas áridas y semiáridas, donde los recursos son escasos. La capacidad de producir forraje de alta calidad de manera constante y controlada a lo largo del año puede ayudar a estabilizar la producción ganadera y mejorar la seguridad alimentaria en estas regiones.

A pesar de estos beneficios, la adopción del FVH presenta desafíos, como la necesidad de una inversión inicial en infraestructura hidropónica y la importancia de un manejo adecuado del cultivo. Para superar estos desafíos, es esencial proporcionar capacitación y apoyo técnico a los

productores, así como desarrollar tecnologías de bajo costo que faciliten la implementación del FVH. Además, la investigación debe continuar enfocándose en optimizar las prácticas de cultivo y maximizar los beneficios del FVH.

En términos económicos, el FVH demuestra ser una solución rentable a largo plazo, con un costo de producción competitivo y una reducción en los costos de alimentación por kilogramo de ganancia de peso. Estos aspectos económicos, junto con las ventajas nutricionales y ambientales, respaldan la viabilidad del FVH como una alternativa sostenible para la alimentación de cabras.

El FVH ofrece una solución práctica y efectiva para mejorar la alimentación de cabras, proporcionando beneficios nutricionales, económicos y ambientales. Su implementación puede contribuir significativamente a la sostenibilidad y eficiencia de la producción caprina, y es crucial seguir investigando y promoviendo su uso para maximizar sus ventajas y facilitar su adopción en diversas regiones.

## Referencias

1. Afsalania, S., & Karimi, A. (2020). Barley Cultivars and Seed Rates Effects on Energy and Water Productivity of Green Fodder Production under Hydroponic Condition. *Indian Journal Of Agricultural Research*, 54(2), 150-157. <https://doi.org/https://doi.org/10.18805/ijare.a-554>
2. Ah, K., Chandravamshi, P., Pradeep, S., & Sunil, C. (2020). Study on hydroponic maize fodder effect on milk production. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 9(6), 664-669. <https://www.phytojournal.com/archives?year=2020&vol=9&issue=6&ArticleId=13015>
3. Badilla, F., & Ramos, V. (2022). Costo y efecto de la suplementación con Forraje Verde Hidropónico: estudio de caso. *e-Agronegocios*, 8(1), 7-24. <https://doi.org/https://doi.org/10.18845/ea.v8i1.5596>
4. Bamikole, A., Sunday, O., Tunde, A., Yemisi, A., & Alaba, J. (2020). Water use efficiency and fodder yield of maize (*Zea mays*) and wheat (*Triticum aestivum*) under hydroponic condition as affected by sources of water and days to harvest. *African Journal of Agricultural Research*, 16(7), 909-915. <https://doi.org/https://doi.org/10.5897/ajar2019.14503>

5. Belenche , A., Martín, A., Fernández, J., Pleguezuelos, J., Mantecón, R., & Yáñez. (2019). Optimizing management of dairy goat farms through individual animal data interpretation: A case study of smart farming in Spain. *Agricultural Systems*, 173, 27-38. [https://digital.csic.es/bitstream/10261/183705/1/2019\\_Belanche\\_AGSY\\_postprint.pdf](https://digital.csic.es/bitstream/10261/183705/1/2019_Belanche_AGSY_postprint.pdf)
6. Bhalerao, S., Zinjarde, R., Atkare, V., & Kadam, N. (2019). Effect of feeding of hydroponic maize on growth performance osmanabadi goats. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 8(5), 508-511. <https://www.phytojournal.com/archives/2019/vol8issue5/PartJ/8-5-114-819.pdf>
7. Blanco, L., Colque, H., & Rosales , M. (2019). Producción de forraje verde hidropónico versus geopónico de cebada (*Hordeum vulgare* L.) en ambientes controlados. *Journal of the Selva Andina Biosphere*, 7(2), 109-117. <https://doi.org/https://doi.org/10.36610/j.jsab.2019.070200109>
8. Bustamante, C. (2019). La producción caprina en Colombia. *Tierras Caprino*(28), 55-59. <https://n9.cl/w5nsm>
9. Castro, G., & García, M. (2020). Evaluación de la dieta y suplementación en la producción de leche de cabra en el norte de México. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 11(3), 715-726. <https://doi.org/DOI: 10.22319/rmcp.v11i3.4863>.
10. Chavan, J., & Kadam, S. (1989). Nutritional improvement of cereals by sprouting. *Food Science and Nutrition*, 28(5), 401-437. <https://doi.org/https://doi.org/10.1080/10408398909527508>
11. Cisneros, P., Aniano, H., & Martínez, R. (2020). Forraje verde hidropónico en dietas de cerdos en crecimiento en Pinotepa Nacional, Oaxaca. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 11(24), 247-253. <https://doi.org/DOI: 10.29312/remexca.v0i24.2375>
12. Contreras, C., Burgos, G., & Portilla, S. (2019). Producción y utilización de forraje verde hidropónico en caprinos. INIA.
13. Cooper, H. (2017). *Research Synthesis and Meta-Analysis: A Step-by-Step Approach*. Sage Publications.
14. Creswell, J. (2018). *Research Design: Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches*. Sage Publications. <https://doi.org/https://doi.org/10.1080/15424065.2022.2046231>

15. Flores, M., García, M., & Pérez, L. (2021). Impacto de la suplementación alimenticia en la producción de leche de cabra en sistemas de pastoreo. *Revista Científica de la Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas*, 15(1), 123-135. <https://doi.org/DOI:10.36105/recie.v15i1.2021>
16. González, J., Salaazr, Salazar, E., & López, A. (2019). Producción y calidad de leche de cabra en sistemas intensivos en el trópico seco de México. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 22(3), 593-604. <https://doi.org/DOI:10.56369/tsaes.2294>
17. Hernández, L., & Pérez, C. (2021). Efectos de diferentes estrategias de alimentación en el rendimiento de cabras lecheras en condiciones semiáridas. *Agropecuaria Científica en Chihuahua*, 28(1), 54-65. <https://doi.org/DOI:10.32757/agro.cient.2021.28.1.6>
18. Kalandarov, P., & Abdullaeva, D. (2022). Innovative approach to the development of hydroponic green feeds. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1043(1), 012012. <https://doi.org/https://doi.org/10.1088/1755-1315/1043/1/012012>
19. Khattak, A., Zeb, A., Bibi, N., Khalil, S., & Khattak, M. (2007). Influence of germination techniques on phytic acid and polyphenols content of chickpea (*Cicer arietinum* L.) sprouts. *Food chemistry*, 104(3), 1074-1079. <https://doi.org/doi:10.1016/j.foodchem.2007.01.022>
20. Kumar, R. (2019). *Research Methodology: A Step-by-Step Guide for Beginners*. Sage Publications. <https://n9.cl/v3i78q>
21. Mejia , H., & Orellana, F. (2019). Forraje verde hidropónico: una alternativa de producción ante el cambio climático. *Revista Iberoamericana de Bioeconomía y Cambio Climático*, 5(9), 1103-1120. <https://doi.org/DOI10.5377/ribcc.v5i9.7947>
22. Misiunas, S., & et al. (2019). Calidad nutricional del forraje verde hidropónico de avena forrajera y maíz. *Ira JONAS. Jornada Nacional de Agroalimentos y Sustentabilidad : memorias de la jornada nacional de agroalimentos y sustentabilidad (JoNAS)*. Universidad Nacional de Villa María.
23. Naik, P., Dhuri, R., Karunakaran, M., Swain, B., & Singh, N. (2014). Effect of feeding hydroponics maize fodder on digestibility of nutrients and milk production in lactating cows. *Indian Journal of Animal Sciences*, 84(8), 880-883. <https://doi.org/https://doi.org/10.56093/ijans.v84i8.43275>
24. Ndaru, P., Huda, A., Marjuki, R., Shofiatun, U., & Nuningtyas, Y. (2020). Providing High Quality Forages with Hydroponic Fodder System. *IOP Conference Series: Earth and*



- Environmental Science,, 478(1), 012054. <https://doi.org/https://doi.org/10.1088/1755-1315/478/1/012054>
25. Nieto, D., Meneses, D., Morales, S., Hernandez, F., & Castro, E. (2020). Características productivas de cultivos forrajeros en sistemas de producción de leche, Nariño, Colombia. *Agronomía Mesoamericana*, 31(1), 177-192. <https://doi.org/DOI:10.15517/am.v31i1.36596>
  26. Paipa, L., Bernal, L., Conde, A., Quijano, N., & Bula, K. (2020). El forraje verde hidropónico: una alternativa sostenible en tiempos de cambio climático. *Ámbito Investigativo*, 5(2), 60-71. <https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1107&context=ai>
  27. Pérez, P., & Ramírez, L. (2020). Efecto de la suplementación en la producción y calidad de la leche en cabras en pastoreo. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 11(2), 273-284. <https://doi.org/DOI:10.22319/rmcp.v11i2.4663>
  28. Pérez, P., González, J., & Morales, M. (2019). Estrategias de manejo y producción caprina en sistemas semiáridos del noroeste de México. *Agroproductividad*, 12(8), 35-42. <https://doi.org/DOI:10.32854/agrop.v12i8.1637>
  29. Pinto, E., Pereira, M., Soares, D., Camargo, A., & Fernandes, A. (2019). Desenvolvimento de Iogurtes de Leite de Búfala e Cabra Sabor Açaí. *UNICIÊNCIAS*, 22(3), 7-10. <https://doi.org/DOI:10.17921/1415-5141.2018V22N3ESPP7-10>
  30. Rodríguez, C., Rodríguez, H., Ruiz, O., Grado, J., & Arzola, C. (2004). Use of green fodder produced in hydroponic system as supplement for lactating cows during the dry season. *Proceedings of the American Society of Animal Science*, 271-274. <https://n9.cl/hjuno>
  31. Santos, R., & Ramírez, L. (2020). Evaluación de la producción caprina bajo diferentes sistemas de alimentación en Yucatán, México. *Agrociencia*, 54(3), 273-285. <https://doi.org/DOI:10.47163/agrociencia.v54i3.2486>
  32. Santos, S., Bomfim, M., Cândido, M., Galvini, D., & Queiroga, R. (2019). Produção e composição do leite de cabras alimentadas com dietas contendo farelo de mamona extrusado. *Revista Agraria Academica*, 2(1), 69-80. <https://doi.org/DOI:10.32406/V2N12019/69-80/AGRARIACAD>
  33. Scopinichi, L., & Strahsburger, E. (2020). El manejo en la crianza de cabra en zonas áridas y desérticas; un enfoque técnico para producir leche de alta calidad durante todo el año.

Idesia, 38(1), 119-125. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.4067/S0718-34292020000100119>

34. Velásquez, W., Africano, D., Orejuela, M., Peña, D., & González, N. (2023). Increase of phytomass and protein in hydroponic green forage through fertilization in Casanare, Colombia., 16(6),. Agro Productividad, 16(6), 50-59. <https://doi.org/https://doi.org/10.32854/agrop.v16i6.2464>

© 2024 por los autores. Este artículo es de acceso abierto y distribuido según los términos y condiciones de la licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional (CC BY-NC-SA 4.0) (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>).