



Forraje verde hidropónico y follaje de morera. Alternativas agroecológicas en la alimentación del ganado lechero en sistemas de producción familiar

*Hydroponic green fodder and mulberry foliage. Feeding alternatives for dairy
cattle in family production systems*

*Forragem verde hidropônica e folhagem de amoreira. Alternativas na
alimentação de bovinos leiteiros em sistemas de produção familiar*

Emilio Andrés Delis-Hechavarria¹
Randy Alexis Jiménez-Jiménez^{2*}
Mauricio Miguel Estrada³
Gretel Iliana Gil-González⁴

*Autor de correspondencia: randy-alexis@fmvz.unam.mx

Recibido: 15 de julio de 2024 Aceptado: 09 de febrero de 2025

Resumen

En el presente trabajo se aborda el tema de la alimentación del ganado lechero en los sistemas de producción familiar y en particular en el municipio Maravatío, México. Se analizan sus problemáticas y las posibles alternativas que podrían adoptar los productores para enfrentar los retos de la falta de alimento. Se realizaron dos talleres de investigación-acción participativa en los que se identificaron las principales problemáticas que afectan la alimentación del ganado lechero. Además, se utilizó la observación participante con el objetivo de tener un contacto más cercano con los productores y palpar con más cercanía sus dificultades en la alimentación del ganado. Así mismo, se realizaron transectos para identificar plantas que fueran promisorias para su uso en la alimentación del ganado. En Maravatío predominan los sistemas de producción familiar de leche, los cuales se caracterizan por una mayor resiliencia y una menor dependencia de insumos

- 1 Ing. Agrícola, MSc., PhD., CONAHCYT-Estancias posdoctorales. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma de México, Ciudad de México, México. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0547-913X>
- 2 MVZ, MSc., PhD. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma de México, Ciudad de México, México. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2711-3956>
- 3 MVZ, MSc., PhD. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma de México, Ciudad de México, México. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6830-4399>
- 4 MVZ, MSc. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma de México, Ciudad de México, México. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4400-0390>

La Revista Sistemas de Producción Agroecológicos es una revista de acceso abierto revisada por pares. © 2012. Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Internacional Creative Commons Attribution 4.0 (CC-BY 4.0), que permite el uso, distribución y reproducción sin restricciones en cualquier medio, siempre que se acredite el autor y la fuente originales.

Consulte <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>.

OPEN ACCESS



Como citar este artículo / How to cite this article: Delis-Hechavarria, E. A., Jiménez-Jiménez, R. A., Estrada, M. M. y Gil-González, G. I. (2025). Forraje verde hidropónico y follaje de morera. Alternativas agroecológicas en alimentación del ganado lechero en sistemas de producción familiar. *Revista Sistemas de Producción Agroecológicos*, 16(1), e-1162. DOI: <https://doi.org/10.22579/22484817.1162>

externos; sin embargo la persistente sequía ha obligado a los productores a comprar alimentos para la alimentación del ganado lechero. Se identificaron dos alternativas que se podrían implementar, la producción de forraje verde hidropónico y la implementación de bancos de proteína con Morera (*Morus alba*), cuyo follaje presenta niveles de proteína entre el 15 y el 18%. Se concluye que la adopción de estas dos prácticas, podrían ser que disminuya los costos de alimentación del ganado lechero, contribuyendo a la sostenibilidad de la producción familiar de leche en Maravatío.

Palabras claves: Banco de proteína; Diagnóstico participativo; México; Sistema familiar; Sostenibilidad

Abstract

The present study addresses the issue of dairy cattle feeding in family production systems, particularly in the municipality of Maravatío, Mexico. Its problems are analyzed, as well as the possible alternatives that producers could adopt to face the challenges of the lack of feed. Two participatory action research workshops were held in which the main problems affecting dairy cattle feeding were identified. In addition, participant observation was used in order to have closer contact with producers and to more closely understand their difficulties in feeding cattle. Likewise, transects were made to identify plants that were promising for use in cattle feeding. In Maravatío, family milk production systems predominate, which are characterized by greater resilience and less dependence on external inputs. However, the persistent drought has forced producers to buy feed to feed dairy cattle. Two alternatives were identified that could be implemented: the production of hydroponic green fodder and the implementation of protein banks with mulberry (*Morus alba*), whose foliage has protein levels between 15 and 18%. It is concluded that the adoption of these two practices by producers could be an element that reduces the costs of feeding dairy cattle, contributing to the sustainability of family milk production in Maravatío.

Keywords: Family system; México; Participatory diagnosis; Protein bank; Sustainability.

Resumo

Este trabalho aborda a questão da alimentação do gado leiteiro em sistemas de produção familiar e particularmente no município de Maravatío, México. São analisados os seus problemas e as possíveis alternativas que os produtores poderiam adotar para fazer face aos desafios da falta de alimentos. Foram realizados dois workshops participativos de investigação-ação nos quais foram

identificados los principales problemas que afectan a la alimentación del gado leitero. Além disso, recorreu-se à observação participante com o objetivo de ter um contacto mais próximo com os produtores e vivenciar mais de perto as suas dificuldades na alimentação do gado. Da mesma forma, foram realizados transectos para identificar plantas promissoras para utilização na alimentação do gado. Em Maravatío predominam os sistemas familiares de produção de leite, caracterizados por uma maior resiliência e uma menor dependência de inputs externos. No entanto, a seca persistente obrigou os produtores a comprar alimentos para alimentar o gado leitero. Foram identificadas duas alternativas que poderão ser implementadas, a produção de forragem verde hidropónica e a implementação de bancos de proteínas com amoreira (*Morus alba*), cuja folhagem apresenta teores de proteína entre 15 e 18%. Conclui-se que a adoção destas duas práticas por parte dos produtores pode ser um elemento que reduz os custos com a alimentação do gado leitero, contribuindo para a sustentabilidade da produção familiar de leite em Maravatío.

Palavras-chave: Banco de proteínas; Diagnóstico participativo; Mexico; Sistema familiar ; Sustentabilidade.

Introducción

En México la producción de leche bovina se realiza en sistemas de producción heterogéneos, sin embargo, de manera general se clasifican en cuatro tipos: especializado, semiespecializado, doble propósito y familiar. En el caso de este último, representa el 10% de la producción de leche nacional (Jiménez et al., 2019). Además, una característica propia es que se realizan en pequeñas unidades, empleando principalmente mano de obra familiar, teniendo en algunos establos solo 3 vacas. La producción diaria de leche por vaca oscila de 11 a 19 kg (Avilés et al., 2024).

Asimismo, la producción familiar presenta niveles de tecnificación heterogéneos, y en muchas unidades la tecnología es limitada y dependen exclusivamente de la mano de obra familiar (Hernández et al., 2013). En relación con el ganado, por lo general utilizan cruces con razas lecheras y razas de

doble propósito, las cuales tienen como base de su alimentación los forrajes, granos y subproductos de la agroindustria (Hernández et al., 2013).

Así, estos sistemas debido a su adaptabilidad a diferentes condiciones climáticas, se pueden encontrar en diferentes regiones de México, representando el 85% de las unidades productivas del país. Los estados con mayor cantidad de estas unidades familiares son: Jalisco, Michoacán, Estado de México, Hidalgo y Sonora (Jiménez-Jiménez et al., 2019).

De manera particular, Maravatío, es el municipio del estado de Michoacán que más unidades de producción familiar concentra, siendo una importante fuente de ingresos y de autoempleo. Además, la producción de leche vacuna desempeña un papel importante en la economía del municipio y constituye una tradición que se ha heredado de generación en generación. Generalmente son pequeñas

unidades de producción, en las que la cantidad de vacas oscila entre 1-10 y la cantidad de litros de leche por vaca en la mayoría de los casos ronda los 12 litros de leche (Jiménez-Jiménez et al., 2020).

Por otro lado, en Maravatío confluyen varios factores que afectan la alimentación del ganado lechero, entre ellos la extrema sequía que vive la región (Guzmán, 2024), lo cual contribuye a la casi nula existencia de pasto natural, lo cual provoca que en la mayoría de los casos las vacas pasen casi todo el tiempo en el corral. Otro elemento a tener en cuenta y que va de la mano con el anterior, es el costo de los alimentos comerciales, como las pacas de rastrojo, de alfalfa, alimentos concentrados, vitaminas y minerales, los cuales presentan precios elevados (Jiménez-Rebollar, 2023).

En consecuencia, en las últimas décadas la alimentación y productividad del ganado lechero en Maravatío ha ido cambiando paulatinamente. El uso de alimentos concentrados y de alfalfa como fuente principal de proteína son elementos que se observan en la mayoría de las unidades ganaderas (Chávez-Pérez et al., 2021). Aunque todavía se mantienen prácticas como el pastoreo, en menor medida, entre los meses de abril a septiembre, mientras que el resto del año, el ganado se mantiene estabulado (Aguirre, 2018).

Otro elemento que ha impactado en la dinámica cotidiana de los ganaderos en Maravatío es la producción de berries, debido a que este tipo de cultivos precisan de grandes cantidades de agua, lo cual afecta gravemente los recursos hídricos en una región que se ve habitualmente afectada por la sequía y en la cual el régimen de lluvias es bajo. Además, estos cultivos son frecuentemente afectados por plagas, lo que provoca exceso de aplicaciones de insecticidas y fungicidas químicos que afectan al medio ambiente, a los polinizadores, a las personas, y contaminan el manto freático. De la misma forma, las técnicas de producción contribuyen a la contaminación y a la erosión de los suelos (McNulty, 2019) debido a su intensidad y uso de insumos artificiales como los plásticos y maquinarias.

Aunado a estas dificultades, la alimentación del ganado bovino lechero constituye entre el 70 y el 85% de los gastos de operación, por lo cual es uno de los aspectos que más tiene en cuenta el productor en cuanto a los gastos en los que tiene que incurrir para poder producir leche y que sea redituable económicamente (Núñez-Torres, 2017). Es por ello que se deben buscar soluciones para disminuir estos gastos.

Por lo anterior, en producciones familiares de leche se pueden implementar varias prácticas que sean lo más amigables posible con el medio ambiente y que también produzcan beneficios para el productor y el ganado. Entre esas se encuentran las prácticas para mejorar la salud y el bienestar animal, como son el uso del pastoreo racional, proporcionar adecuada calidad de sombra y agua a los animales, además, del uso de un calendario de medicina preventiva adecuado (Soussana et al., 2014). Otra de las estrategias es la disminución de la dependencia de insumos externos mediante la interacción planta-animal, el reciclaje de nutrientes y el uso de forrajes adaptados a la localidad. Con esto se logra disminuir los costos de alimentación y las aplicaciones de fertilizantes y pesticidas químicos sintéticos (Del Angel-Lozano et al., 2023).

Así, actualmente se impulsa la implementación de prácticas agroecológicas, las cuales han comprobado que mejoran la productividad del sistema, como ejemplo, el ajuste de la carga animal, siembra de pastos, rotación de potreros y el uso de pastoreo racional han aumentado la eficiencia del sistema con mayor producción de carne y leche (Del Angel-Lozano et al., 2023). No obstante, la principal virtud de estas prácticas es que también han disminuido el impacto ambiental de la producción ganadera, reduciendo los gases de efecto invernadero y favoreciendo la conservación de la biodiversidad (Salas-Razo, 2023). Otras prácticas agroecológicas eficientes son el uso del estiércol de los animales y el uso de cultivos de cobertura, con lo cual se aumenta la fertilidad de los suelos y por ende los rendimientos de los cultivos (Albarra-cín-Zaidiza et al., 2019).

Aunado a lo anterior, estas prácticas aumentan la soberanía alimentaria ya que se logra mayor calidad tanto de los productos lácteos como cárnicos y un mayor acceso a dichos productos (Del Angel-Lozano et al., 2023). Por todo lo anterior, el objetivo de este estudio fue identificar alternativas agroecológicas en Maravatío, Michoacán y determinar sus ventajas y desventajas en la alimentación del ganado lechero.

Materiales y Métodos

El estudio se realizó en el municipio Maravatío, Michoacán. El mismo se encuentra localizado en las coordenadas 19°54' de latitud norte y 100°27' de longitud oeste. Colinda al norte con el estado de Guanajuato y los municipios Contepec y Epitacio Huerta, al oeste con Zinapécuaro y el estado de Guanajuato, y al este con los municipios Senguio, Irimbo e Hidalgo (INEGI, 2010).

Para identificar las prácticas que pudieran impactar en la mejora de la alimentación del ganado lechero en Maravatío, se llevaron a cabo dos talleres de diagnóstico participativo (Ojeda et al., 2020), con los cuales se deseaba tener una visión de los problemas que presentan los productores para poder suministrar una alimentación adecuada a las vacas lecheras (Figura 1). Además, se utilizó la observación participante (Jociles, 2018; Romero y Gómez, 2024), para tener mayor acercamiento con los productores y recabar su experiencia para determinar qué plantas tendrían la capacidad para suplir los requerimientos de proteína y proponer opciones para incrementar la producción de forraje en el período de sequía.

También se utilizó la técnica del transecto (Mostacedo y Fredericksen, 2000) para determinar qué plantas están presentes en las áreas donde los productores tienen sus cultivos y áreas de pastoreo de ganado. La implementación de estas herramientas apoyó en la identificación de dos prácticas que mejorarían la alimentación del ganado lechero en Maravatío.

Figura 1. Taller de diagnóstico participativo en la alimentación del ganado lechero en la localidad de Santa Elena, Maravatío, Michoacán.



Resultados y discusión

De forma general, en los talleres de investigación-acción participativa se fomentó un intercambio de saberes con los productores, que permitió identificar las estrategias de alimentación que siguen los productores y las principales problemáticas que afrontan. Siendo el suministro de alfalfa, rastrojo de maíz o avena y la complementación con alimento concentrado sus principales estrategias de alimentación en el período de sequía, que fue cuando se desarrollaron los talleres. Esto se pudo constatar con la observación participativa con cada productor, permitiendo conocer sus estrategias de alimentación y las cantidades de alimento que suministran a sus animales. Además, se pudieron identificar plantas que están dentro de sus propiedades y que podrían usarse en la alimentación del ganado.

Durante los transectos se pudieron identificar plantas leguminosas promisorias para la alimentación del ganado. Las plantas con mayor contenido de proteína, según la bibliografía, que se encontraron fueron el mezquite (*Prosopis spp.*) y el huizache (*Acacia farnesiana L.*). Estas plantas se utilizan fundamentalmente como alimentación alternativa para animales en pastoreo, aunque el contenido de taninos de sus frutos y follaje, principalmente del huizache, presenta alta concentración lo que provoca un efecto antinutricional en

los animales, aunque se podrían usar en la dieta de diferentes especies animales previa extracción de los taninos (Barrientos-Ramírez et al., 2012).

También, se identificaron dos prácticas con mejores posibilidades y que podrían contribuir a la mejora de la alimentación del ganado lechero en Maravatío. Una sería la producción de forraje verde hidropónico, y la otra, la implementación de bancos de proteína con morera (*Morus alba*) para abaratar los costos y cumplir con los requerimientos nutricionales de los animales.

En cuanto a las necesidades de nutrientes, la planta de morera es exigente a la fertilización con nitrógeno, debido que este es el responsable del fortalecimiento del desarrollo vegetativo de las plantas y de una mayor producción de hojas. Las hojas obtenidas de plantas con buen contenido de nitrógeno son más gruesas, tiernas, nutritivas, y más jugosas. Se recomienda el intercalamiento de plantas fijadoras de nitrógeno como por ejemplo el frijol y la aplicación de materia orgánica (Rodríguez-Ortega et al., 2012).

A continuación, se describe cada una de estas opciones y se discute la posibilidad de implementación en el territorio.

Uso del forraje verde hidropónico (FVH) en la alimentación animal

El forraje verde hidropónico es una alternativa de alimentación para la mayoría de los animales que se crían, tanto para fines de autoconsumo como para su venta. Uno de los principales beneficios de este tipo de forraje es que su producción se puede realizar durante todo el año, lo cual es de suma importancia principalmente en los períodos de sequía en los que disminuye la cantidad de pasto natural.

La eficiencia del forraje verde hidropónico ha sido comprobada en varias especies animales. Por ejemplo, en gallinas, aumentando la productividad (Salas, 2014), y en cerdos, donde la inclusión del

45% de FVH de maíz en la dieta mejora la ganancia de peso total y disminuye el costo de alimentación (Cisneros-Saguilán et al., 2023).

En el caso del ganado lechero, la utilización del FVH ha demostrado beneficios referentes al aumento de la producción y digestibilidad en comparación con otros alimentos, además de mejorar las propiedades físico-químicas de la leche (Cisneros-Saguilán et al., 2023). Bari et al. (2020) concluyeron que la sustitución del 25% de concentrado por FVH de maíz incrementó la producción de leche en un 21%, así como la mejora de las características químicas de la leche, como el contenido de sólidos totales, la cantidad de cenizas y la cantidad de grasa. Por su parte Nugroho et al. (2015) suplementaron a vacas con 7% de FVH de maíz, incorporado al ensilado de maíz, manteniendo la producción de leche en vacas tardías.

Por su parte Naik et al. (2014) lograron un aumento del 13.7% en vacas alimentadas con FVH de maíz en comparación con las que se alimentaron con forraje convencional. Además, García (2022) demostró que la inclusión de FVH de trigo tuvo un efecto positivo en la producción de leche durante los primeros tres meses de lactancia en vacas Jersey. Se ha demostrado que la producción de leche, en vacas en pastoreo, aumenta entre un 10 a 20% cuando se suplementaron con forraje verde hidropónico de cebada en comparación con la dieta tradicional (Agius et al., 2019). También se ha comprobado que el uso de FVH en la alimentación de vacas lecheras incrementa en más de un 11% en la etapa final de lactancia, en comparación con dietas convencionales (Acevedo, 2014).

En el caso de los terneros, estos se ven beneficiados con la ingesta de FVH. Cisneros-Saguilán et al. (2023) reemplazaron el 75% del concentrado por FVH de maíz logrando mayor consumo de materia seca. Otro experimento comprobó que la sustitución del 7% del concentrado por FVH de maíz, aumenta la ganancia de peso total y disminuye los costos de alimentación (Cisneros-Saguilán et al., 2023).

Se ha determinado que con la sustitución de la alimentación convencional por 30% de FVH de maíz se obtiene mayor producción de leche, al igual que una mayor cantidad de proteína, sólidos totales y caseína en la misma (Cisneros-Saguilán et al., 2023).

Producción de forraje verde hidropónico

La tecnología de forraje verde hidropónico consiste en la producción de materia verde sin suelo, es decir, se requiere solamente de agua o solución nutritiva. Dependiendo de la zona geográfica y de la disponibilidad, generalmente se usan semillas de cereales como maíz, sorgo, avena, trigo, cebada, arroz, las cuales se caracterizan por poseer un alto porcentaje de germinación y rápido crecimiento. Como resultado de este proceso, se obtiene forraje y raíces frescas con alto contenido de proteína y energía metabolizable, además, de alta palatabilidad, nutrientes y libre de enfermedades (Kumar et al., 2018).

Aunado a lo anterior, el proceso de producción del FVH se puede desarrollar en una instalación rústica o en un invernadero tecnificado donde se puedan controlar las variables de luz, temperatura y humedad (Gupta, 2003). Para obtener una alta productividad en la producción de FVH se deben seleccionar semillas libres de plagas y con alto porcentaje de germinación. Además, se deben poner en agua por 1 a 2 días, con el objetivo de que absorban la mayor cantidad de agua posible y se acelere el proceso de germinación. Pasado este tiempo las semillas se colocan en charolas, recomendándose entre 6-8 kg de semillas por metro cuadrado. Una cantidad mayor de semillas puede promover la aparición de hongos y bacterias en las charolas (Kumar et al., 2018).

Con las condiciones adecuadas se obtiene en un plazo de 8 días un tamaño de forraje y raíces de alrededor de 25 cm. En ese período hay una activación enzimática dentro del grano lo que provoca una hidrólisis de las proteínas, carbohidratos y lípidos. Esto aumenta la concentración de aminoá-

cidos, azúcares solubles y ácidos grasos, aumentando la digestibilidad del FVH con respecto a los granos (Chavan et al., 1989).

Además, esta tecnología es recomendable para localidades que sufren de sequía, siendo que, a diferencia de la producción de forraje de maíz convencional, donde se necesitan alrededor de 372 litros de agua para producir 1 kilogramo, para obtener la misma cantidad de FVH se requiere entre 11 y 15 litros (López, 2005).

En el caso de Maravatío, la adopción de la práctica de FVH sería una alternativa viable para paliar los efectos de la sequía sobre la alimentación y la productividad del ganado lechero, ya que con esta práctica se obtendría un forraje de alta calidad y con menor gasto de agua. Como parte de los resultados de los talleres de investigación-acción participativa, se consideró factible la implementación de la tecnología de FVH ya que la mayoría de los productores producen el maíz (Aguirre, 2018), para la alimentación del ganado y consumo familiar. En la Figura 2 se observa un productor con su módulo de forraje verde hidropónico de maíz.

Figura 2. Productor con su módulo de forraje verde hidropónico.



El forraje de morera (*Morus alba*) en la alimentación animal

En el caso de la morera, la observación participativa permitió identificar plantas aisladas en varias áreas del territorio de estudio. Sin embargo, los productores durante el desarrollo del taller mencionaron no tener conocimiento de que las hojas de esta planta poseían un contenido de proteína similar al de la alfalfa y que se podía usar en la alimentación del ganado. Por lo cual, se consideró el establecimiento de la morera como alternativa a la alfalfa, lo que redundaría en menor costo de alimentación del ganado lechero, además de menor impacto al medio ambiente al usar una planta de menor consumo de agua. En la figura 3. se muestra una planta de morera localizada en el patio de un productor en una comunidad de territorio de estudio.

Figura 3. Planta de morera en una Comunidad del territorio de estudio.



Además, las especies leguminosas son las que más atraen a los productores e investigadores cuando se buscan alternativas de alimentación para el ganado, debido a su alto contenido de proteína. Sin embargo, existen otras familias de plantas que también presentan alto contenido de proteína en sus hojas y tienen potencial para su uso en la alimentación del ganado. Uno de esos ejemplos son las del género *Morus*, el cual produce una alta cantidad de biomasa, alto contenido de proteína y

adaptabilidad a diferentes condiciones ambientales (García et al., 2006).

En ese sentido, la morera puede ser un árbol o un arbusto de porte bajo, dependiendo del manejo que se le dé. Pertenece a la familia *Moraceae*, género *Morus*, y las especies más conocidas son *Morus alba* y *Morus nigra*. El follaje de esta planta tiene un alto contenido de proteína cruda entre 15-25%, y una digestibilidad de materia seca entre 75 a 90%. Se reportan rendimientos de materia seca de entre 14.1 a 32.2 ton/ha/año. Y se recomienda una distancia de siembra entre hileras de 1 m y 0.4 m entre plantas. Las podas se deben realizar cada 8 semanas para así obtener un mayor porcentaje de proteína en las mismas (Polo y Moreno, 2022).

En relación a la producción animal, el follaje de morera se ha utilizado con éxito en varios trabajos. Según Ly y Pok (2014), entre el 20 y el 25% de la ración diaria en cerdos en crecimiento/ceba y en cerdas gestantes puede ser sustituido por forraje de morera. En pollos camperos, la inclusión del 10 % de harina deshidratada de morera en la dieta aumentó el consumo, la conversión alimenticia y el peso final de los pollos (Cambar et al., 2012).

Al comparar el forraje de morera con alfalfa se puede observar que la primera supera en alrededor de un 10% el contenido de proteína de la alfalfa, también presenta mayor digestibilidad aparente de la materia seca y mayor contenido energético (Acevedo, 2004). De la misma forma se destaca que la morera presenta una mayor adaptabilidad y plasticidad ecológica que la alfalfa, señalando igualmente el menor consumo de agua y una mayor producción de materia seca durante todo el año, pudiendo alcanzar más de 15 toneladas de materia seca al año (Nieves et al., 2006).

En la alimentación del ganado lechero se ha utilizado el forraje de morera. Chandra et al. (2023) reportan que vacas alimentadas durante 30 días con hojas de morera como suplemento a la dieta regular, tuvieron un significativo incremento de la producción de leche en comparación con las vacas

que solo recibieron la dieta regular. En otro experimento se seleccionaron 36 vacas y se dividieron en tres tratamientos. En el tratamiento 1, las 12 vacas seleccionadas se alimentaron durante 8 semanas con la dieta convencional. En el tratamiento 2, se les suministró a 12 vacas con la dieta convencional suplementada con 5% de ensilado de hojas de morera. Finalmente, en el tratamiento 3, las restantes 12 vacas recibieron la dieta convencional suplementada con 10% de ensilado de hojas de morera. Como resultado, se obtuvo que las vacas alimentadas con la dieta de los tratamientos 2 y 3 mejoraron la actividad de la microbiota en el rumen, la fermentación, e incrementaron la cantidad de fibra digestible, la síntesis de ácido propiónico, e incrementaron la cantidad de leche diaria de las vacas (Li et al., 2022).

Otro estudio demostró que se puede reemplazar el 75% de alimento concentrado, con forraje de morera sin afectar la producción de leche (Mantecola, 2014). Saavedra-Montañez y Rodríguez-Molano (2018) demostraron que el uso de follaje de morera en vacas lecheras aumenta el contenido de proteína y de grasa de la leche.

Producción de forraje de morera

El cultivo de la morera se puede iniciar mediante la siembra de semillas o por estacas, éste último método es el más indicado ya que la producción se obtiene más rápido (Rodríguez-Ortega et al., 2012). La plantación se aconseja establecerla con un marco de plantación de 0.4 m entre plantas y 1 m entre hileras, lo cual daría una densidad de población de 25,000 plantas por hectárea. Se usarían esquejes lignificados de 25-30 cm de largo, los cuales se enterrarán de forma vertical en suelo, cuidando que quede al menos una yema cubierta por el suelo (Polo y Moreno, 2022). El cultivo tiene un requerimiento hídrico de 5 mm/día, con lo cual se obtienen los mayores rendimientos. En caso de encharcamiento, se debe eliminar de inmediato, ya que la morera no resiste condiciones

de exceso de humedad, lo cual provoca pudrición en las raíces (Rodríguez-Ortega et al., 2012).

Luego de establecida la plantación, el primer corte se realizará entre los 8-12 meses. Los cortes posteriores se realizarán cada 3 o 4 meses, en dependencia del desarrollo vegetativo de las plantas, a una distancia del suelo entre los 0.3-0.5 m. Las mayores producciones se obtienen a partir del tercer año de establecida la plantación, y pueden llegar a rendimientos de 10-15 kg por árbol y de 20-30 toneladas por hectárea en el cuarto año (Rodríguez-Ortega et al., 2012).

Conclusiones

Consideramos relevante el intercambio de saberes que se sostuvieron durante los talleres de diagnóstico participativo, ya que a partir de los mismos se tuvo una mayor visión de las estrategias de alimentación que usan los productores y de los problemas que afrontan para poder dar una alimentación adecuada a los animales. El uso del forraje verde hidropónico como el follaje de morera son estrategias viables para mejorar la alimentación del ganado en Maravatío.

La alimentación del ganado lechero es un componente fundamental para lograr una mayor productividad y sostenibilidad de las explotaciones, sin embargo, la mayoría de los productores desconocían los beneficios del uso de la morera y del forraje verde hidropónico para mejorar la alimentación del ganado lechero. Por lo cual, se precisa de una mayor capacitación y acompañamiento a los productores, por parte de profesionales comprometidos con la transición agroecológica, como parte del desarrollo del campo mexicano.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de interés con respecto al artículo.

Agradecimientos

Queremos agradecer al CONAHCYT el apoyo brindado con la beca de estancia posdoctoral, a la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Nacional Autónoma de México, y en especial al proyecto 321289 titulado: "Desarrollo de estrategias participativas para el fortalecimiento de redes de producción y consumo de productos lácteos tradicionales orientadas a la soberanía alimentaria de territorios del centro-occidente de México".

También, se agradece la colaboración de los productores de Tarandacuao, Guanajuato y Maravatío, Michoacán, quienes permitieron conocer sus unidades de producción e intercambiar experiencias para mejorar las propuestas en su beneficio.

Referencias

1. Acevedo, F. (2004). *Morera, un forraje todo en uno*. FONDEF. <https://www.conicyt.cl/fondef/2004/11/16/morera-un-forraje-todo-en-uno/>
2. Agius, A., Pastorelli, G. y Attard, E. (2019). Cows fed hydroponic fodder and conventional diet: Effects on milk quality. *Archives Animal Breeding*, 62(2), 517-525. <https://doi.org/10.5194/aab-62-517-2019>
3. Aguirre, C. V. H. (2018). *Características técnicas y socioeconómicas relacionadas con la persistencia de la producción de leche en las unidades domésticas del ejido de Pomas, en el Municipio de Maravatío, Michoacán, México*. Informe De Servicio Social En Área Rural, FMVZ - UNAM, CDMX, Méx.
4. Albarracín-Zaidiza, J. A., Fonseca-Carreño, N. E. y López-Vargas, L. H. (2019). Agroecological Practices as Contribution to the Sustainability of Agroecosystems. Case Study of Sumapaz Province. *Ciencia y Agricultura*, 16(2), 39-55. <https://doi.org/10.19053/01228420.v16.n2.2019.9139>
5. Avilés, R. R., Barrón, B. O. G., Gutiérrez, C. A. J. y Ruiz A. M. (2024). Principales sistemas de producción de leche en México: recopilación actual de parámetros productivos, reproductivos y de manejo. *Ciencias Veterinarias y Producción Animal*, 32-47. <https://doi.org/10.29059/cvpa.v1i2.16>
6. Bari, M., Islam, M., Islam, M., Siddiki, M., Habib, M. y Islam, M. (2020). Partial replacement of conventional concentrate mixture with hydroponic maize and its effect on milk production and quality of crossbred cow. *Journal of Bangladesh Agricultural University*, 18(3), 000-000. <https://doi.org/10.5455/jbau.98462>
7. Barrientos-Ramírez, L., Vargas-Radillo, J. J., Rodríguez-Rivas, A., Ochoa-Ruiz, H. G., Navarro-Arzate, F. y Zorrilla, J. (2012). Evaluación de las características del fruto de huizache (*Acacia farnesiana* (L.) Willd.) para su posible uso en curtiduría o alimentación animal. *Madera y Bosques*, 18(3), 23-35. <https://doi.org/10.21829/myb.2012.183356>
8. Cambar, L. L., González, C. O. y Álvarez, E. L. (2012). Inclusión de harina deshidratada de follaje de morera (*Morus alba* L.) en la alimentación del pollo campero. *Revista Científica UDO Agrícola*, 12(3), 653-659. <http://dialnet.unirioja.es/servlet/oaiart?codigo=4690050>
9. Chandra, U., Yadav, T., Soni, B. y Kushwah, Y. (1 de abril de 2023). *Use of Mulberry leaves as supplementary food in cow to improve milk production*. *International Conference on Interdisciplinary Innovative Research and Studies*, (ICIIRS-2023). Uttar Pradesh, India.

10. Chavan, J. K., Kadam, S. S. y Beuchat, L. R. (1989). Nutritional improvement of cereals by sprouting. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 28(5), 401-437. <https://doi.org/10.1080/10408398909527508>
11. Chávez-Pérez, L. M., Soriano-Robles, R., Espinosa-Ortiz, V. E., Miguel-Estrada, M., Rendón-Rendón, M. C. y Jiménez-Jiménez, R. A. (2021). Does small-scale livestock production use a high technological level to survive? Evidence from dairy production in northeastern Michoacán, Mexico. *Animals*, 11(9), 2546. <https://doi.org/10.3390/ani11092546>
12. Cisneros-Saguián, P., Cruz-Bautista, P. y Hernández-Hernández, M. (2023). Hydroponic green forage as an alternative forage in animal feeding. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 26(3). <https://doi.org/10.56369/tsaes.4679>
13. Del Angel-Lozano, G., Escalona-Aguilar, M. Á., del Moral, J. B. y Cuevas-Reyes, V. (2023). Agroecological principles and practices for the transition to sustainable cattle farming. Review. *Revista Mexicana De Ciencias Pecuarias*, 14(3), 696-724. <https://doi.org/10.22319/rmcp.v14i3.6287>
14. García, A. (2022). Forraje hidropónico en dietas. *Vaca Pinta*, 33, 150-153. https://vacapinta.com/media/files/fichero/vp033_castellano_forrajeshidroponicos.pdf
- García, D., Noda, Y., Medina, M., Martín, G. y Soca, M. (2006). La morera: una alternativa viable para los sistemas de alimentación animal en el trópico. *Avances en investigación agropecuaria*, 10(1), 55-72. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=83710105>
15. Gupta, M. J. (2003). Cultivation in Hi-tech Greenhouses for enhanced productivity of natural resources to achieve the objective of precision farming. *Precision Farming in Horticulture*, 64-74. <https://www.researchgate.net/publication/236979627>
16. Guzmán, E. (11 de abril de 2024). *Hay sequía en 97.3% del territorio de Michoacán: gobierno estatal*. Milenio. <https://www.milenio.com/estados/sequia-michoacan-97-por-ciento-estado-tiene-problemas-agua>
17. Hernández, M. P., Estrada-Flores, J. G., Avilés-Nova, F., Yong-Angel, G., López-González, F., Solís-Méndez, A. D. y Castelán-Ortega, O. A. (2013). Tipificación de los sistemas campesinos de producción de leche del sur del estado de México. *Universidad y Ciencia*, 29(1), 19-31. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=15426919002>
18. INEGI. (2010). *Compendio de información geográfica municipal 2010 Maravatío Michoacán de Ocampo*. INEGI. <https://www.inegi.org.mx/app/biblioteca/ficha.html?upc=702825293048>
19. Jiménez-Jiménez, R. A., Rendón-Rendón, M. C., Chávez-Pérez, L. M. y Fonseca, D. M. S. (2019). La polarización de los sistemas de producción pecuaria en México: The polarization of livestock production systems in Mexico. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 4(1), 31-39. <https://doi.org/10.24054/cyta.v4i1.981>
20. Jiménez-Jiménez, R., Rendón-Rendón, M., Chávez-Pérez, L. y Espinosa-Ortiz, V. (2020). Calidad de la leche en los concursos de la vaca lechera en el sistema de producción familiar. *Abanico Agroforestal*, 2(1). <https://doi.org/10.37114/abaagrof/2020.3>

21. Jiménez-Rebollar, D. F. (2023). Producción y autosuficiencia pecuaria en la region centro-occidente de México. [Trabajo de grado, Universidad Nacional Autónoma de México]. Repositorio de Tesis DGBSDI. <https://ru.dgb.unam.mx/bitstream/20.500.14330/TES01000849506/3/0849506.pdf>
22. Jociles, R. M. I. (2018). La observación participante en el estudio etnográfico de las prácticas sociales. *Revista Colombiana De Antropología*, 54(1), 121-150. <https://doi.org/10.22380/2539472X.386>
23. Kumar, R., Mathur, M., Karnani, M., Dutt Choudhary, S. y Jain, D. (2018). Hydroponics: An alternative to cultivated green fodder: A review. *Journal of Entomology and Zoology Studies*, 6(6), 791-795. https://doi.org/10.1007/978-1-0716-3993-1_11
24. Ly, J. y Pok (2014). Utilización del follaje de morera en la alimentación del ganado porcino en sistemas integrados tropicales. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 48(1), 63-66. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=193030122014>
25. Li, Y., Wang, J., Mei, J., Huang, L. y Liu, H. (2022). Effects of Mulberry Branch and Leaves Silage on Microbial Community, Rumen Fermentation Characteristics, and Milk Yield in Lactating Dairy Cows. *Fermentation*, 8(2), 86. <https://doi.org/10.3390/fermentation8020086>
26. López, M. L. A. (2005). "Producción de forrajes verde hidropónico". [Tesis de Especialización, Centro de investigación en química aplicada]. Repositorio CIQA. <https://ciqa.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1025/403/1/Luis%20Angel%20Lopez%20Martinez.pdf>
27. Manterola, H. (2014). *La morera una interesante alternativa forrajera para la ganadería mayor y menor en chile*. Engormix. Ergomix.
28. McNulty, J. (26 de agosto de 2019). *Strawberries: The tasty fruit with a tainted environmental legacy and an uncertain future*. PHYS.ORG. <https://phys.org/news/2019-08-strawberries-tasty-fruit-tainted-environmental.html>
29. Mostacedo, B. y Fredericksen, T. S. (2000). *Manual de Métodos Básicos de muestreos y análisis en ecología vegetal*. Editora El País. <http://www.bio-nica.info/Biblioteca/Mostacedo2000EcologiaVegetal.pdf>
30. Naik, P.K., Dhuri, R. B., Karunakaran, M., Swain, B. K. y Singh, N. P. (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/10.56093/ijans.v84i8.43275>
31. Nieves, D., Araque, H., Terán, O., Silva, L., González, C., & Uzcátegui, W. (2006). Digestibilidad de energía y proteína del follaje de morera (*Morus alba*) en conejos de engorde. *VIII Encuentro de Nutrición y Producción de Animales Monogástricos*. Guanare, Venezuela.
32. Nugroho, H. D., Permana, I. G. y Despal. (2015). Utilization of bioslurry on maize hydroponic fodder as a corn silage supplement on nutrient digestibility and milk production of dairy cows. *Media Peternakan*, 38(1), 70-76. <https://doi.org/10.5398/med-pet.2015.38.1.70>
33. Núñez-Torres, O. P. (2017). Los costos de la alimentación en la producción pecuaria. *Journal of the Selva Andina Animal Science*, 4(2), 93-94. http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2311-25812017000200001&lng=es&tlng=es

34. Ojeda M. P. y Zúñiga G. C. (2020). El diagnóstico participativo para la elaboración del plan de formación ciudadana. *Sophia Austral*, (26), 259-285. <https://dx.doi.org/10.4067/50719-56052020000200259>
35. Polo, E. A. y Moreno, Y. (2022). Producción y calidad de la biomasa de la morera (*Morus alba*) bajo tres distancias de siembra y frecuencias de poda. *Revista científica Semilla Del Esta*, 3(1), 66-75. <http://portal.amelica.org/ameli/journal/343/3433504003/>
36. Rodríguez-Ortega, A., Martínez-Menchaca, A., Ventura-Maza, A. y Vargas-Monter, J. (2012). Adaptación de tres variedades de morera (*Morus* spp.) en el estado de Hidalgo. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 3(4), 671-683. <https://cienciasagricolas.inifap.gob.mx/index.php/agricolas/article/view/1422/1255>
37. Romero, A. M. y Gómez García, L. (2024). Diagnóstico Rural. *Universidad Nacional Autónoma de México*. https://fmvz.unam.mx/fmvz/licenciatura/coepa/archivos/Manuales/24_DESARROLLO_RURAL.pdf
38. Saavedra-Montañez, G. F. y Rodríguez-Molano, C. E. (2018). Evaluación del uso de morera (*Morus alba*) y tilo (*Sambucus nigra*) sobre algunos parámetros productivos en ganado lechero. *Revista Veterinaria y Zootecnia*, 12(1), 14-26. <https://doi.org/10.17151/vetzo.2018.12.1.2>
39. Salas, D. C. (2014). Alimentación Alternativa de gallinas ponedoras: Utilización de forraje verde hidropónico. Proyecto 739-B2-174. <https://www.kerwa.ucr.ac.cr/server/api/core/bitstreams/e67a4026-aa34-4314-a44d-305d2c889056/content>
40. Salas-Razo, G. (18 de marzo de 2023). ¡¡Ganadería Regenerativa una Oportunidad para Mitigar y Restaurar el Cambio Climático!! *Tenencias Periodismo Para la Comunidad*. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.11235.36645>
41. Soussana, J. F., Tichit, M. M., Lecompte, P. y Dumont, B. (18-19 de septiembre de 2014). *Agroecology: integration with livestock*. Agroecology for food security and nutrition proceedings of the fao international symposium. Roma, Italia.