

AÑO 30 NO. ESPECIAL 13, 2025
ENERO-JUNIO



AÑO 30 NO. ESPECIAL 13, 2025

ENERO-JUNIO



Revista Venezolana de Gerencia



UNIVERSIDAD DEL ZULIA (LUZ)
Facultad de Ciencias Económicas y Sociales
Centro de Estudios de la Empresa

ISSN 1315-9984

Esta obra está bajo una licencia de Creative Commons
Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 3.0 Unported.
http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/deed.es_ES

Como citar: García Crisanto, A. S., Flores Rodríguez, Luis A., García Nima, Elizabeth J., y Estrada Riofrio H. d. S. (2025). Producción artesanal y viabilidad económica del forraje hidropónico en la agricultura familiar peruana. *Revista Venezolana De Gerencia*, 30(Especial 13), 592-608. <https://doi.org/10.52080/rvgluz.30.especial13.38>

Universidad del Zulia (LUZ)
Revista Venezolana de Gerencia (RVG)
Año 30 No. Especial 13, 2025, 592-608
Enero-Junio
ISSN 1315-9984 / e-ISSN 2477-9423



Producción artesanal y viabilidad económica del forraje hidropónico en la agricultura familiar peruana

García Crisanto, Alex Segundo*
Flores Rodríguez, Luis Alberto**
García Nima, Elizabeth Julissa***
Estrada Riofrio Hilda del Socorro****

Resumen

El objetivo fue evaluar la viabilidad productiva y económica del FVH elaborado de forma artesanal, considerando su impacto en la reducción de costos y la optimización de recursos hídricos. La metodología incluyó ciclos de producción de 10 días, mediciones de biomasa, análisis de costos y encuestas a productores. Los resultados mostraron un rendimiento de 6 kg de forraje por kg de semilla, con costos de producción de S/. 0.5 por kg de FVH. El sistema demostró ser eficiente, con un contenido de materia seca del 15%, adecuado para la nutrición animal. La implementación de anaqueles verticales maximizó el espacio, alcanzando 352 kg de forraje por m² al día. El FVH redujo los costos de alimentación en un 60% al combinarse con concentrados, mejorando la rentabilidad de las explotaciones familiares. Las conclusiones destacan que el FVH es una solución viable y rentable para enfrentar la escasez de pastos, reducir la dependencia de

Recibido: 10.02.25

Aceptado: 29.05.25

* Pre Grado en Ingeniero Agrónomo, Universidad Nacional de Piura. Postgrado. Doctor en Medio ambiente y Desarrollo Sostenible, Universidad Federico Villareal. Docente Del Programa de Administración, Universidad Privada Antenor Orrego. (Piura, Perú). Email: agarcia19@upao.edu.pe, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5623-0484>

** Pregrado en Licenciado en Ciencias Administrativas y Contador Público Colegiado, Universidad Privada Antenor Orrego, Post Grado: En Administración, Universidad ESAN; Dr., en Administración. Ocupación: Director Programa de Administración UPAO. (Trujillo, Perú). Email: lloresr1@upao.edu.pe, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9172-5928>

*** Pregrado en Licenciada en Ciencias Administrativas, Universidad Nacional de Piura, Post Grado: Maestría en Administración y Dirección de Empresas, Universidad Alas Peruanas; Docente en el área de Investigación y Humanidades de la Universidad Tecnológica del Perú (Piura, Perú). Email: C30607@utp.edu.pe; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9951-0953>

**** Pregrado Licenciada en Derecho y ciencias Políticas, Universidad Alas Peruanas. Post Grado en la Universidad Nacional de Piura. Ocupación: Asesora en Recursos Humanos de Empresa Agroexportación Sr. Cautivo - ACEE. (Piura, Perú). Email: estradiariofrio@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-3038-9814>

insumos externos y fortalecer la resiliencia de los pequeños productores ante fenómenos climáticos adversos. Se recomienda optimizar el sistema con soluciones nutritivas y paneles fotovoltaicos para riego automatizado, así como evaluar su escalabilidad en otros contextos.

Palabras clave: forraje verde hidropónico; agricultura familiar; alimentación animal; sostenibilidad.

Artisanal production and economic viability of hydroponic fodder in Peruvian family farming

Abstract

This study analyzes the production of hydroponic green fodder (HGF) from corn as a sustainable alternative for animal feed in family farming in Piura, Peru, a region affected by drought and pasture scarcity. The objective was to evaluate the productive and economic viability of artisanal HGF, considering its impact on cost reduction and water resource optimization. The methodology included 10-day production cycles, biomass measurements, cost analysis, and producer surveys. The results showed a yield of 6 kg of forage per kg of seed, with production costs of S/. 0.5 per kg of HGF. The system proved efficient, with a dry matter content of 15%, suitable for animal nutrition. The implementation of vertical racks maximized space, achieving 352 kg of forage per m² per day. HGF reduced feed costs by 60% when combined with concentrates, improving the profitability of family farms. The conclusions highlight that the HGF is a viable and cost-effective solution for addressing pasture scarcity, reducing dependence on external inputs, and strengthening smallholder farmers' resilience to adverse weather events. It is recommended that the system be optimized with nutrient solutions and photovoltaic panels for automated irrigation, as well as evaluating its scalability in other contexts.

Keywords: hydroponic green fodder; family farming; animal feed; sustainability.

1. Introducción

La producción de forraje verde hidropónico (FVH) se ha convertido en una alternativa viable y sostenible dentro de la agricultura familiar, especialmente en regiones con condiciones climáticas adversas, como la ciudad de Piura, Perú. Esta ciudad, ubicada en la zona norte del país, presenta un clima tropical seco, con temperaturas anuales promedio de

24 °C, que en verano pueden superar los 35 °C y alcanzar hasta 38 °C. Además, las lluvias se concentran entre los meses de enero y marzo, lo que genera períodos prolongados de sequía que afectan gravemente la producción agrícola y ganadera.

Uno de los principales desafíos que enfrentan los pequeños productores en la región de Piura es la escasez de pastos para la alimentación del

ganado, problema que se agrava en tiempos de sequía. Los efectos de este fenómeno han sido documentados en diversas ocasiones. Por ejemplo, en los años 2014 y 2022, la Asociación de Ganaderos del Distrito de Morropón-Chulucanas reportó la muerte de más de 10,000 animales, incluidos bovinos, caprinos y ovinos, debido a la falta de alimento. Esta situación afectó a aproximadamente 40,000 agricultores de la zona, quienes vieron comprometida su actividad económica y su sustento (García et al., 2022).

Ante esta crisis recurrente, los productores han buscado diversas estrategias para garantizar la alimentación de sus animales. Entre las opciones más comunes se encuentra el uso de alimentos concentrados, cuyo elevado costo dificulta su acceso para la mayoría de los pequeños agricultores. Otra alternativa es la utilización de residuos agrícolas, aunque su disponibilidad es limitada y no siempre aportan los niveles de proteína necesarios para la nutrición del ganado (Villavicencio, 2014).

En este contexto, la producción de forraje verde hidropónico a través de métodos artesanales emerge como una solución accesible y eficiente para garantizar la disponibilidad de alimento para el ganado. Este sistema permite optimizar el uso del agua y los recursos disponibles, al tiempo que mejora la rentabilidad de la pequeña agricultura familiar. Además, la implementación de esta tecnología contribuye a la sostenibilidad económica y ambiental de las explotaciones ganaderas, proporcionando una estrategia efectiva para mitigar los efectos de la sequía y reducir la dependencia de insumos externos (Bartolomé et al., 2021; Fernández y Guailas, 2012).

El presente estudio tiene como objetivo analizar la viabilidad económica y productiva del FVH de maíz en la pequeña agricultura familiar de Piura. A través de un enfoque basado en ciclos de producción de diez días, se evaluará la eficiencia del sistema artesanal, los costos de producción y el impacto del FVH en la alimentación animal. Los resultados obtenidos permitirán determinar su rentabilidad y su potencial para fortalecer la resiliencia de los pequeños productores ante los desafíos climáticos y económicos de la región.

Esta investigación tiene por objetivo evaluar la viabilidad productiva y económica del forraje verde hidropónico de maíz elaborado de forma artesanal, para determinar su potencial como alternativa sostenible para la alimentación animal de la agricultura familiar en Piura. Su importancia radica en la capacidad para reducir costos de producción y optimizar el uso de recursos hídricos, minimizando el impacto ambiental en comparación con sistemas tradicionales de alimentación. Además, al ofrecer una opción accesible y eficiente en contextos de escasez de pastos, el FVH contribuye a la resiliencia económica de los pequeños productores frente a fenómenos climáticos adversos como la sequía.

El estudio se llevó a cabo en un predio familiar de la zona de Cieneguillo Sur, Piura, aplicando un enfoque cuantitativo y descriptivo-explicativo. La investigación analizó la producción artesanal de forraje verde hidropónico de maíz en ciclos de diez días, evaluando su viabilidad económica mediante mediciones directas, encuestas a productores y análisis de rentabilidad. Los datos obtenidos permitieron validar el potencial del FVH como una alternativa sostenible y accesible para

la alimentación animal en la agricultura familiar.

2. Sistemas de producción: concepciones artesanales

La producción artesanal en la agricultura se caracteriza por el uso de técnicas tradicionales y herramientas simples, con un predominio del trabajo manual y la experiencia del productor en la transformación de recursos naturales en bienes de consumo (Álvarez y Torres, 2023; Bustos, 2009). Este enfoque de producción no depende de maquinaria industrial compleja ni de tecnologías avanzadas, lo que lo hace accesible para pequeños productores y comunidades rurales. En este contexto, el forraje verde hidropónico (FVH) producido de manera artesanal se presenta como una alternativa viable para garantizar la alimentación del ganado en regiones afectadas por la escasez de pastos.

La producción artesanal en la agricultura se ha diversificado en los últimos años con la incorporación de sistemas innovadores como el forraje verde hidropónico (FVH). Según Eslava et al. (2022), la implementación de FVH con *Oryza sativa* (arroz) ha demostrado ser una alternativa viable para la alimentación animal. Este tipo de forraje presenta un alto valor nutricional y permite a los pequeños productores optimizar el uso de sus recursos sin depender de grandes extensiones de tierra o condiciones climáticas favorables. Su producción artesanal favorece la autosuficiencia alimentaria en comunidades rurales y representa una opción sostenible frente a la variabilidad de los sistemas convencionales de alimentación ganadera.

El FVH consiste en la germinación de granos y su posterior desarrollo bajo

un sistema hidropónico sin necesidad de suelo. En este proceso, las semillas obtienen los nutrientes esenciales de su propio endospermo y del agua suministrada mediante riego controlado, permitiendo el crecimiento de plántulas en un período de entre 8 y 14 días (Mohapatra et al., 2019; García-Carrillo et al., 2013; Rivera et al., 2010). La FAO (2001) destaca que este tipo de forraje elaborado a base de maíz, cebada o trigo posee un alto valor nutricional, favoreciendo la digestión y mejorando la calidad de la alimentación del ganado. Además, su cultivo permite aprovechar toda la planta, desde las raíces hasta las hojas, optimizando los recursos disponibles (Ballén, 2017; Juárez et al., 2013). Ramírez y Soto (2017) analizaron el impacto de la nutrición mineral en la producción de FVH de maíz, concluyendo que la adición equilibrada de macronutrientes como nitrógeno, fósforo y potasio incrementa significativamente el rendimiento del forraje. Sus hallazgos indican que una correcta suplementación mineral no solo favorece el crecimiento del FVH, sino que también mejora su valor proteico, lo que resulta fundamental para maximizar su aporte nutricional en la alimentación ganadera.

López-Aguilar et al. (2009) resaltan que la producción de FVH representa una alternativa eficiente para la alimentación del ganado en zonas áridas, debido a su alta eficiencia en el uso del agua y su capacidad para generar biomasa de calidad en espacios reducidos. Su estudio muestra que cultivos como el maíz y la cebada pueden producir FVH con un contenido proteico superior al de los métodos convencionales de alimentación, ofreciendo así una fuente nutricional sostenible para la ganadería en entornos con limitaciones hídricas.

En este mismo sentido, Núñez-Torres y Guerrero-López (2021) destacan que los forrajes hidropónicos no solo representan una solución viable para la alimentación del ganado en condiciones de escasez de agua y suelo cultivable, sino que también mejoran la calidad nutricional de la dieta animal. Su estudio resalta que el FVH presenta mayores concentraciones de minerales esenciales como calcio y fósforo en comparación con los métodos de cultivo tradicionales, lo que favorece el crecimiento y la salud de los animales domésticos, incluyendo bovinos, ovinos y aves de corral.

Cerrillo et al. (2012) evaluaron la producción de biomasa y el valor nutricional del FVH de trigo y avena, destacando su alto contenido en proteína cruda y su rápida disponibilidad para el consumo animal. Sus hallazgos indican que este tipo de forraje mejora la digestibilidad de los nutrientes, lo que contribuye a un mejor desempeño productivo del ganado. Además, su sistema de cultivo hidropónico permite una mayor eficiencia en la conversión de insumos en alimento, representando una alternativa viable frente a la variabilidad climática que afecta los pastos tradicionales.

El rendimiento y la calidad del forraje verde hidropónico dependen de diversos factores, entre ellos la fertilización utilizada durante su producción. Por consiguiente, las investigaciones han demostrado que el uso de fertilización orgánica puede mejorar la calidad nutricional del FVH, aumentando su contenido de proteínas, carbohidratos y minerales esenciales para la alimentación del ganado (Salas-Pérez et al., 2010). De manera similar, un estudio realizado en invernadero evidenció que el FVH de maíz cultivado bajo fertilización orgánica presenta un

mayor contenido fenólico y una mayor capacidad antioxidante en comparación con sistemas convencionales, lo que podría traducirse en beneficios adicionales para la salud animal (Salas Pérez et al., 2012).

El sistema de producción artesanal de FVH se diferencia de los modelos industriales y semi-intensivos en varios aspectos clave. A diferencia de la producción industrial, que emplea infraestructura tecnificada con control automatizado de temperatura, humedad y riego, el modelo artesanal utiliza insumos accesibles y métodos manuales, como el riego por aspersión o inmersión y la germinación en bandejas sin control mecanizado. En comparación con el modelo semi-intensivo, que combina procesos manuales con el uso de ciertos equipos tecnológicos, la producción artesanal se basa en la optimización del espacio y el empleo de conocimientos empíricos adquiridos por los productores a lo largo del tiempo.

El rendimiento y la eficiencia de distintos cultivos en la producción de FVH han sido objeto de diversas investigaciones. Vargas (2007) realizó un análisis comparativo entre el maíz, el arroz y el sorgo negro forrajero en sistemas hidropónicos, determinando que el maíz presentaba mayores rendimientos y valor nutricional. Sin embargo, el arroz y el sorgo forrajero demostraron una mejor tolerancia a condiciones adversas, como limitaciones hídricas o variaciones climáticas. Esta evidencia sugiere que la elección del cultivo para la producción artesanal de FVH debe basarse en la disponibilidad de recursos y en las condiciones agroecológicas particulares de cada región, asegurando así una producción eficiente y sostenible.

Las ventajas de la producción

artesanal de FVH en la pequeña agricultura familiar son diversas. En primer lugar, permite una planificación ajustada a la demanda de alimento del ganado, garantizando una producción continua y sostenible durante todo el año, independientemente de las condiciones climáticas (Gerber et al., 2013). Además, se trata de un sistema de bajo costo, altamente digestible para los animales y con un aporte nutricional significativo en términos de proteínas, vitaminas y enzimas digestivas (Romero et al., 2009). Por su parte, López-Aguilar et al. (2009) señalan que la producción de FVH puede alcanzar entre 15 y 25 toneladas de materia seca por año, utilizando hasta 100 veces menos tierra que los cultivos convencionales. Asimismo, su eficiencia hídrica es notable, ya que con 1 m³ de agua se pueden generar hasta 100 kg de forraje, en contraste con los 1 a 8 kg obtenidos mediante métodos tradicionales.

El uso del FVH en la alimentación de distintas especies ha sido ampliamente estudiado. Saavedra et al. (2021) analizaron la inclusión de FVH de cebada en la dieta de cuyes (*Cavia porcellus*) en Perú, concluyendo que su incorporación mejoró el crecimiento y la conversión alimenticia de los animales. Estos hallazgos refuerzan la versatilidad del FVH como una fuente de alimento viable para diversas especies ganaderas, ampliando su aplicabilidad más allá del ganado bovino y ovino. Además, este tipo de forraje representa una opción eficiente en sistemas de producción intensiva, donde la optimización del espacio y los recursos es esencial para la sostenibilidad del modelo productivo.

Sin embargo, la producción artesanal de FVH también enfrenta desafíos. Uno de sus principales inconvenientes es su bajo contenido de

fibra, lo que lo convierte en un suplemento y no en un alimento completo para el ganado (Chavarría-Torrez y Castillo-Castro, 2018). Chavarría et al. (2018) subrayan la importancia de combinar el FVH con otras fuentes de fibra para garantizar una dieta balanceada en el ganado. Su investigación muestra que, aunque el FVH aporta altos niveles de proteínas y vitaminas, su bajo contenido en fibra cruda puede afectar la función ruminal si no se complementa con otros forrajes de mayor contenido estructural. Esta consideración es fundamental para optimizar los beneficios nutricionales del FVH en la alimentación animal.

Además, su elaboración requiere de una dedicación constante por parte del productor, quien debe monitorear las condiciones de germinación y crecimiento de las plántulas. En términos de costos, aunque el FVH reduce la dependencia de insumos externos, su rentabilidad varía según la escala de producción y la gestión eficiente de los recursos disponibles (Trevizan y Challapa, 2020). Desde una perspectiva ambiental, la producción artesanal de FVH contribuye a la reducción del impacto ecológico asociado con la ganadería tradicional.

La minimización del uso de suelo agrícola y la optimización del agua en este sistema permiten disminuir la deforestación y la sobreexplotación de los recursos naturales, aspectos críticos en la producción intensiva de pastos para el ganado. Según la Gerber et al. (2013), los sistemas hidropónicos, especialmente aquellos implementados por pequeños agricultores, pueden reducir hasta en un 80 % el consumo de agua en comparación con el pastoreo convencional, lo que resulta en una estrategia sostenible para regiones áridas o propensas a sequías.

Valdez-Sandoval et al. (2022)

evaluaron la producción de FVH utilizando variedades mejoradas de maíz desarrolladas por el Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícola (ICTA) de Guatemala, demostrando que estas variedades presentan una mayor tasa de crecimiento y una mejor adaptación a sistemas hidropónicos. Su investigación evidenció que el uso de semillas mejoradas puede incrementar la biomasa obtenida por metro cuadrado, optimizando así la eficiencia del sistema y garantizando un suministro constante de forraje de alta calidad para la alimentación animal.

Por otro lado, Loqui et al. (2023) analizaron la producción hidropónica de maíz y soya con fines de alimentación animal y acuícola, encontrando que este método permite un uso eficiente del agua y una reducción significativa en la demanda de superficie agrícola. Su estudio evidencia que el FVH no solo beneficia a la ganadería, sino que también puede aplicarse a otras industrias alimentarias, ampliando así su potencial impacto en la seguridad alimentaria y la sostenibilidad de los sistemas productivos.

Otro aspecto relevante en la calidad del FVH es su contenido de compuestos bioactivos. Se ha identificado que las prácticas de producción influyen significativamente en la concentración de ácidos fenólicos, los cuales desempeñan un papel clave en la digestibilidad y el valor nutricional del forraje. Estudios previos han señalado que las condiciones de cultivo, como el tipo de fertilización y el manejo del agua, afectan la acumulación de estos compuestos en las plantas forrajeras, destacando la importancia de adoptar estrategias agrícolas sostenibles para mejorar la calidad del alimento producido (Zhao et al., 2009).

Además de la eficiencia hídrica y la reducción del uso de suelo, la calidad del FVH también se ve influenciada por factores previos a la cosecha, como la selección de semillas, el tiempo de germinación y la composición nutricional de los sustratos utilizados. Van Soest et al. (1978) destacan que las condiciones ambientales y la genética de la planta afectan directamente la calidad del forraje conservado, influyendo en su digestibilidad y valor energético. En este sentido, optimizar las condiciones de producción del FVH podría contribuir a mejorar su aporte nutricional y su eficiencia en la alimentación animal.

Uno de los principales retos de la producción artesanal de FVH es la optimización del modelo productivo para mejorar su rentabilidad. Albarracín y Mendoza (2019) proponen un enfoque de diversificación para el sector arrocero que puede aplicarse a la producción de FVH, enfatizando la necesidad de estrategias innovadoras en comercialización y gestión. La implementación de modelos productivos diversificados no solo permitiría mejorar la eficiencia de la producción de FVH, sino que también brindaría oportunidades de mercado a los pequeños productores, asegurando su viabilidad económica en el largo plazo.

Además de sus beneficios ambientales, la producción artesanal de FVH fortalece la seguridad alimentaria y la resiliencia de las comunidades rurales. Al ser una tecnología accesible y adaptable, permite a los pequeños productores garantizar el suministro constante de alimento para su ganado sin depender de factores externos como la fluctuación de precios de los insumos agrícolas o la disponibilidad de tierras fértiles. En este sentido, estudios recientes han evidenciado que

la producción de FVH puede mejorar la calidad de vida de los productores, al ofrecerles una fuente de ingreso estable y reducir la incertidumbre frente a crisis climáticas o económicas (Zagal-Tranquilino et al., 2016).

Por otro lado, la implementación de este sistema productivo puede verse limitada por la falta de conocimiento técnico y acceso a recursos básicos como semillas de calidad o sistemas de riego adecuados. La capacitación y el acompañamiento técnico resultan fundamentales para garantizar la eficiencia del FVH en la pequeña agricultura familiar. De acuerdo con García et al. (2013), los programas de asistencia técnica y extensión agrícola han demostrado ser una herramienta clave para la adopción de este tipo de tecnologías en comunidades rurales, aumentando su productividad y sostenibilidad a largo plazo.

Celi y Torres (2023) estudiaron la aplicación de microorganismos eficientes en la producción de FVH de maíz, evidenciando que esta técnica puede mejorar la absorción de nutrientes y aumentar la calidad del forraje. Sus hallazgos destacan que el uso de microorganismos beneficiosos optimiza el desarrollo radicular y fortalece la resistencia de las plántulas, lo que se traduce en un incremento del rendimiento productivo y una mayor estabilidad del sistema en condiciones de producción artesanal.

La implementación de estrategias innovadoras en la producción de FVH también puede incluir el uso de bioinsumos, como los extractos de vermicomposta. Se ha evidenciado que estos extractos pueden mejorar el crecimiento vegetal, aumentar la absorción de minerales y potenciar la actividad antioxidante de cultivos como

el pak choi, lo que sugiere su potencial aplicación en sistemas de producción forrajera para mejorar la calidad nutricional del FVH (Pant et al., 2009). La incorporación de estas prácticas sostenibles en la producción artesanal de forraje podría fortalecer su impacto positivo en la economía de pequeños productores y en la eficiencia del sistema alimentario agropecuario.

El análisis de modelos matemáticos ha sido clave en la evaluación del impacto del FVH en la producción ganadera. Naranjo Guerrero et al. (2021) desarrollaron un modelo lineal para evaluar características pre-destete en ganado criollo Blanco Orejinegro, lo que demuestra la importancia de herramientas analíticas en la toma de decisiones dentro del sector agropecuario. La integración de modelos predictivos en la producción artesanal de FVH podría contribuir a la optimización de los procesos productivos y a una mejor planificación del suministro de alimento para el ganado, asegurando un uso eficiente de los recursos disponibles.

De este modo, el sistema de producción artesanal de FVH representa una solución viable para la seguridad alimentaria del ganado en pequeños predios familiares. Su facilidad de implementación y su impacto positivo en la reducción de costos lo convierten en una estrategia clave para enfrentar la escasez de pastos y fortalecer la resiliencia de los productores ante eventos climáticos adversos (Velázquez-del Valle et al., 2008; Quirós & Villalobos, 2022; Salvador-Castillo et al., 2022). No obstante, su éxito y sostenibilidad dependen de la capacitación de los agricultores y del acceso a recursos que permitan optimizar su producción en términos de calidad y rentabilidad.

3. Aspectos metodológicos

La investigación se desarrolló bajo un enfoque cuantitativo, con un diseño aplicado y de tipo descriptivo-explicativo, orientado a la validación del proceso productivo artesanal del forraje verde hidropónico (FVH) de maíz y al análisis de su rentabilidad como alimento para animales en el contexto de la pequeña agricultura familiar. El estudio se llevó a cabo entre agosto y diciembre de 2023 en la zona de Cieneguillo Sur, provincia de Piura, Perú, en un predio familiar ubicado a 59 m.s.n.m., dentro de un ambiente de producción real.

El proceso productivo del FVH se basó en ciclos de diez días, desde la siembra hasta la cosecha, empleando maíz grano como insumo principal. Se realizaron etapas de selección y desinfección de semillas, germinación en bandejas sin sustrato, riego controlado con soluciones nutritivas y monitoreo del crecimiento para determinar el rendimiento óptimo del cultivo. Para evaluar la viabilidad del FVH, se analizaron variables clave como la cantidad de producción obtenida en relación con la semilla utilizada, los costos de producción, la rentabilidad económica, el impacto ambiental en términos de eficiencia en el uso de recursos y su incorporación en la alimentación de chanchos, pavos y gallinas.

La recolección de datos se llevó a cabo mediante observación directa del proceso productivo, medición de la biomasa obtenida y consumo de recursos, encuestas a productores sobre la percepción de costos y beneficios del FVH y revisión documental de estudios previos. Posteriormente, se aplicaron herramientas estadísticas descriptivas para el análisis de tendencia central

y dispersión de los datos productivos, así como análisis costo-beneficio para determinar la viabilidad económica en comparación con otras fuentes de alimentación animal. Este abordaje permitió obtener evidencia cuantificable sobre la factibilidad de la producción artesanal de FVH y su contribución a la sostenibilidad de la pequeña agricultura familiar en Piura.

4. Agricultura familiar del Perú: resultados sobre sistemas de producción, decisiones y proyecciones

El forraje verde hidropónico (FVH) ha emergido como una alternativa viable para la alimentación animal en el contexto de la agricultura familiar, destacándose por su eficiencia en el uso de recursos y su potencial para reducir costos de producción. La evaluación de la producción de FVH de maíz bajo un sistema artesanal arrojó un rendimiento promedio de 6 kg de forraje por cada kilogramo de semilla, con costos de producción que ascienden a S/. 0.5 (0.14 dólares) por kilogramo de FVH. Estos resultados reflejan la eficiencia del sistema en términos de conversión de insumos, con ciclos de producción que oscilan entre 7 y 10 días, dependiendo de las necesidades de cosecha. La optimización del espacio mediante el uso de anaqueles verticales permitió maximizar la producción por unidad de área, alcanzando un promedio de 352 kg de forraje por metro cuadrado al día, lo que evidencia la viabilidad técnica y económica de este sistema en pequeñas y medianas explotaciones agropecuarias.

La aplicación del FVH en la alimentación de chanchos, pavos

y gallinas demostró ser altamente efectiva, tanto en términos nutricionales como económicos. Se implementó una proporción de 60% de FVH y 40% de alimento concentrado, logrando una reducción significativa en los costos de alimentación sin comprometer el estado nutricional de los animales. En el caso de las aves de corral, el FVH picado y mezclado con concentrado resultó ser altamente apetecible, favoreciendo su consumo y asimilación. Esta práctica contribuye a la sostenibilidad económica de las explotaciones familiares y reduce la dependencia de insumos externos, fortaleciendo la autonomía productiva de los agricultores.

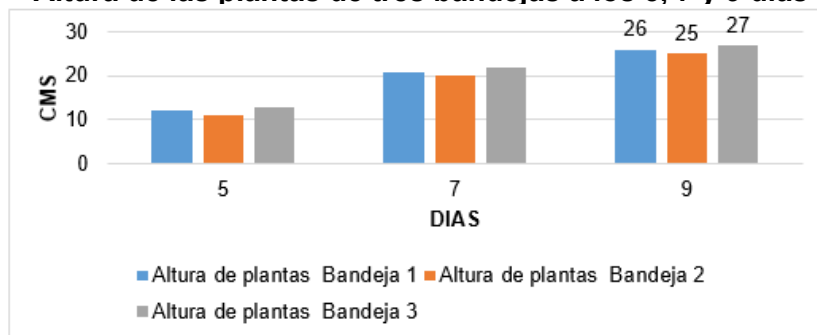
Las decisiones productivas y económicas de los agricultores familiares en relación con la adopción del FVH están influenciadas por diversos factores, entre los que destacan la percepción de rentabilidad, la disponibilidad de recursos locales y el conocimiento técnico sobre el sistema. La mayoría de los productores perciben el FVH como una alternativa sostenible y económicamente viable, especialmente en contextos donde el acceso a forraje convencional es limitado o costoso. Sin embargo, la adopción del sistema requiere de una capacitación adecuada en los procesos tecnológicos, desde la selección y preparación de la semilla hasta el manejo del riego y la cosecha. La construcción de instalaciones artesanales, utilizando materiales locales como madera de eucalipto y malla Raschel, demostró ser una solución

accesible y eficiente para la producción de FVH, adaptándose a las condiciones específicas de cada explotación.

Se identificó un alto potencial de escalabilidad, tanto en términos de aumento de la producción como de su replicabilidad en diferentes contextos geográficos y socioeconómicos. La posibilidad de implementar este sistema en áreas con limitaciones de suelo y agua lo convierte en una herramienta clave para la adaptación al cambio climático y la mejora de la seguridad alimentaria. Además, el impacto ambiental del FVH es significativamente menor en comparación con los sistemas de producción de forraje convencional, debido a su bajo consumo de agua y su capacidad para reciclar nutrientes. Desde una perspectiva social, la adopción del FVH puede fortalecer las economías locales, promoviendo la inclusión de pequeños productores en cadenas de valor más sostenibles y resilientes.

Para abordar la producción de Forraje Verde Hidropónico (FVH) se estudiaron variables clave como la altura de las plantas (cm), la biomasa verde (kg), la materia seca (grs) y la valoración económica del sistema, lo cual permite comprender la eficiencia del proceso de producción y su viabilidad económica en el contexto de la agricultura familiar. La altura de las plantas se midió desde la base de la bandeja hasta el punto más alto del crecimiento alcanzado por las plántulas, expresándose en centímetros (Gráfico 1).

Gráfico 1
Altura de las plantas de tres bandejas a los 5, 7 y 9 días

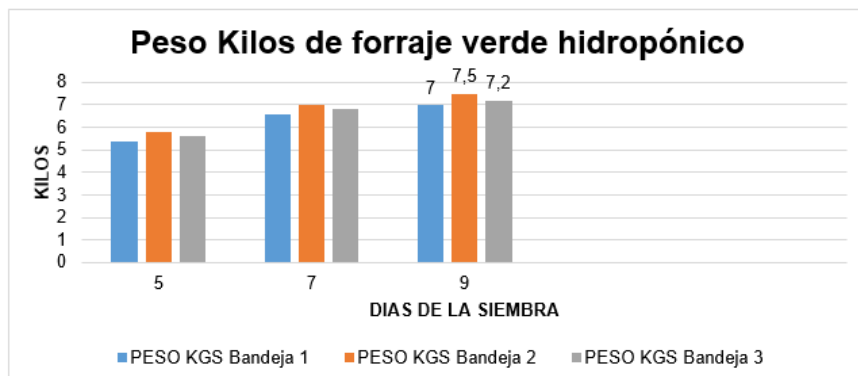


Esta variable refleja el grado de adaptación y desarrollo del FVH durante su ciclo de crecimiento. En promedio, las plantas de maíz alcanzaron una altura de 26 cm, lo que indica un crecimiento óptimo bajo las condiciones de producción artesanal implementadas. Este resultado sugiere que el sistema hidropónico proporciona las condiciones adecuadas de humedad, temperatura y luminosidad para el desarrollo de las plántulas, tal como se ha reportado en estudios previos (García et al., 2022).

La biomasa verde, definida como

la conversión de maíz grano comercial en forraje hidropónico, se determinó pesando el contenido de cada bandeja al final del ciclo de producción. Los resultados mostraron una producción de biomasa verde entre 7 y 8 kg por bandeja a los 9 días de la siembra. Este rendimiento evidencia la eficiencia del sistema en la transformación de insumos en forraje, maximizando el uso del espacio vertical mediante anaqueles y optimizando el manejo de recursos como el agua y los nutrientes (gráfico 2).

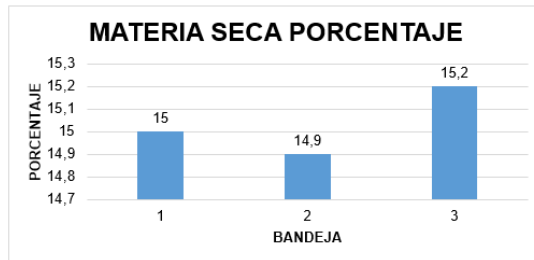
Gráfico 2
Peso de las plantas de tres bandejas a los 5, 7 y 9 días



El porcentaje de materia seca se calculó a partir de muestras de 1 kg de FVH, las cuales se secaron a temperatura ambiente (38 °C) durante cuatro días. El peso final de las muestras secas permitió determinar un contenido de materia seca del 15%, equivalente a

150 grs por kilogramo de forraje verde (gráfico 3). Este valor es consistente con los rangos reportados en la literatura para FVH de maíz, confirmando su calidad nutricional como complemento alimenticio para el ganado (Eslava et al., 2022; Zagal-Tranquilino, 2016).

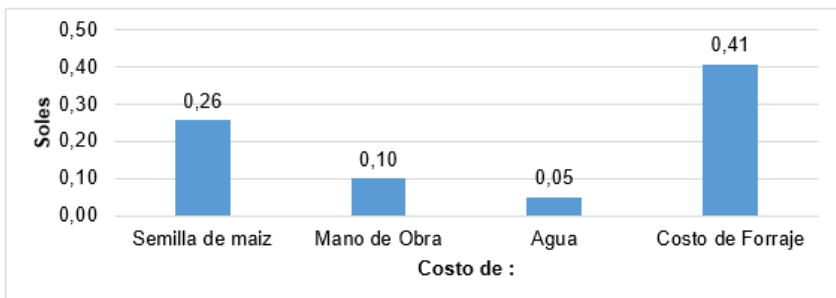
Gráfico 3
Porcentaje de materia seca por bandeja



El análisis económico del sistema de producción de FVH arrojó un costo de 0.4 soles por kilogramo de forraje producido. Este costo incluye los siguientes ítems: semilla de maíz (0.26 soles), mano de obra (0.10 soles) y agua (0.005 soles). La mano de obra se calculó en función del salario agrícola local (50 soles diarios), considerando las horas necesarias para las actividades

de siembra, riego, mantenimiento y cosecha. La depreciación de las instalaciones y materiales también fue incluida en el cálculo. Cabe destacar que el costo de la semilla podría reducirse significativamente si se optimiza el rendimiento del forraje por kilogramo de semilla (gráfico 4), lo que representa una oportunidad para mejorar la rentabilidad del sistema.

Gráfico 4
Costo de producción de un kilo del cultivo de Forraje Verde Hidropónico



La altura de las plantas, como indicador del crecimiento, demostró que el FVH alcanza un desarrollo adecuado en condiciones artesanales, lo que respalda su implementación en sistemas de pequeña escala. La producción de biomasa verde, por su parte, confirma la eficiencia del sistema en la conversión de insumos, con rendimientos que superan las expectativas iniciales. El porcentaje de materia seca obtenido (15%) es consistente con los estándares nutricionales requeridos para la alimentación animal, lo que refuerza la viabilidad del FVH como complemento alimenticio. Finalmente, el análisis económico revela que el sistema es rentable, con costos de producción competitivos y potencial de mejora mediante la optimización de insumos y procesos.

La producción artesanal de FVH representa una alternativa viable y sostenible para la alimentación animal en la agricultura familiar, con resultados que evidencian su eficiencia productiva, su impacto positivo en la reducción de costos y su potencial para mejorar la nutrición animal. La adopción de este sistema requiere de un enfoque integral que combine el conocimiento técnico con la adaptación a las condiciones locales, promoviendo así su escalabilidad y sostenibilidad a largo plazo. Futuras investigaciones deberían profundizar en el análisis de los impactos ambientales y sociales del FVH, así como en el desarrollo de estrategias para su difusión y adopción a mayor escala.

5. Conclusiones

El estudio confirma que el forraje verde hidropónico (FVH) de maíz representa una alternativa viable y rentable para la producción de alimento

de alta calidad nutricional en sistemas artesanales, especialmente en el contexto de la agricultura familiar. Los resultados demuestran que, utilizando recursos disponibles en la granja, es posible obtener un forraje de excelente calidad en un ciclo de producción promedio de 10 días, con alturas de planta que alcanzan los 28 cm y un rendimiento de 8 kg de forraje verde por bandeja. Además, el contenido de materia seca del 15% evidencia su valor nutricional como complemento alimenticio para el ganado, lo que lo convierte en una opción atractiva para reducir la dependencia de alimentos concentrados, cuyo costo supera los 2.50 soles por kilogramo.

En términos económicos, el costo de producción del FVH se situó en 0.41 soles por kilogramo, incluyendo los gastos de insumos, mano de obra y agua. Este costo, significativamente inferior al de los alimentos concentrados, refuerza la viabilidad del sistema como una estrategia para reducir los costos de alimentación animal y mejorar la rentabilidad de las explotaciones familiares. La implementación de tecnologías artesanales, como el uso de anaqueles verticales y materiales locales, demostró ser eficiente y accesible, lo que facilita su adopción en contextos de limitados recursos.

Las implicaciones de este sistema para la agricultura familiar son notables, ya que promueve la autosuficiencia alimentaria, reduce la dependencia de insumos externos y contribuye a la sostenibilidad económica de las explotaciones. Sin embargo, para maximizar su potencial, se recomienda evaluar la inclusión de una solución nutritiva desde el inicio del ciclo de producción, lo que podría mejorar aún más el rendimiento y la calidad del forraje.

Asimismo, se sugiere realizar pruebas de germinación al grano comercial antes de su adquisición, con el fin de garantizar una alta tasa de germinación y optimizar el uso de los recursos.

Otra recomendación relevante es explorar la incorporación de paneles fotovoltaicos para automatizar el sistema de riego mediante una bomba, lo que podría reducir los costos de mano de obra y mejorar la eficiencia del proceso. Finalmente, se proponen futuras líneas de investigación orientadas a evaluar el impacto de diferentes soluciones nutritivas, la optimización de los ciclos de producción y la escalabilidad del sistema en diferentes contextos agroecológicos. En conjunto, estos hallazgos y recomendaciones refuerzan el potencial del FVH como una herramienta clave para fortalecer la seguridad alimentaria y la sostenibilidad de la agricultura familiar.

Referencias

- Albarracín, M. G., y Mendoza, I. (2019). *Modelo para la diversificación y sofisticación del sector arrocero en el área metropolitana de Cúcuta*. [Repositorio Universal Libre]. <https://hdl.handle.net/10901/15807>
- Álvarez De Moya, M. del R., y Torres, R. (2023). Epistemología de la tecnología artesanal. *Cuadernos del Centro de Estudios en Diseño y Comunicación*, 179. <https://doi.org/10.18682/cdc.vi179.8870>
- Ballén, A. G. (2017). *Estudio de factibilidad para la elaboración de un plan de negocio relacionado a la producción de forraje verde hidropónico como suplemento alimenticio de ganado lechero*. [Tesis de pregrado, Fundación Universidad de América]. Repositorio Institucional. <https://hdl.handle.net/20.500.11839/6526>
- Bartolomé, A. M., Benito, D., y Urbano, B. (2021). La agricultura urbana en el cambio de paradigma del sistema alimentario [Ponencia]. XVII Congreso de Historia Agraria SEHA.
- Bustos, C. (2009). La producción artesanal. *Visión Gerencial*, (1), 37-52. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=465545880009>
- Celi, K. D., y Torres, T. E. (2023). Producción de forraje verde hidropónico de maíz (*Zea mays* L.) con aplicación de microorganismos eficientes. *Revista Criterios*, 30(2), 43–50. <https://doi.org/10.31948/rev.criterios/30.2-art3>
- Cerrillo, M. A., Juárez, A. S., Rivera, J. A., Guerrero, M., Ramírez, R. G., y Bernal Barragán, H. (2012). Producción de biomasa y valor nutricional del forraje verde hidropónico de trigo y avena. *Interciencia*, 37(12), 906-913. <https://www.redalyc.org/pdf/339/33925592007.pdf>
- Chavarria-Torrez, A., y Castillo-Castro, S. del S. (2018). El forraje verde hidropónico (FVH), de maíz como alternativa alimenticia y nutricional para todos los animales de la granja. *Revista Iberoamericana de Bioeconomía y Cambio Climático*, 4(8), 1032–1039. <https://doi.org/10.5377/ribcc.v4i8.6716>
- Eslava, A. A., Carreño, R. D., & Salazar, S. A. (2022). Implementation of a hydroponic system to produce *Oryza sativa* as fodder with potential in animal feed. *TecnoLógicas*, 25(55), e2415. <https://doi.org/10.22430/22565337.2415>
- FAO. (2001). Manual técnico: Forraje verde hidropónico. Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe. <http://www.fao.org/3/a-ah472s.pdf>
- Fernández, S. E., y Guailas, B. A. (2012). *Proyecto de factibilidad*

para la creación de una empresa de producción y comercialización de forraje verde hidropónico ubicado en la parroquia El Valle perteneciente al Cantón Cuenca [Tesis de pregrado, Universidad Politécnica Salesiana]. Repositorio Universidad Politécnica Salesiana. <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/2983/1/UPS-CT002495.pdf>

García, A. S., Flores, L. A., y García, E. J. (2022). La producción artesanal del forraje verde hidropónico (FVH) de maíz, una alternativa alimenticia para la ganadería familiar empresarial en Piura, Perú. En *Análisis científico desde distintas perspectivas* (pp. 224-236). EIDEC Editorial.

García-Carrillo, M., Salas-Pérez, L., Esparza-Rivera, J. R., Preciado-Rangel, P., y Romero-Paredes, J. (2013). Producción y calidad fisicoquímica de leche de cabras suplementadas con forraje verde hidropónico de maíz. *Agronomía mesoamericana: organo divulgativo del PCCMCA, Programa Cooperativo Centroamericano de Mejoramiento de Cultivos y Animales*, 24(1), 169. <https://doi.org/10.15517/am.v24i1.9794>

Gerber, P. J., Steinfeld, H., Henderson, B., Mottet, A., Opio, C., Dijkman, J., Falcucci, A., y Tempio, G. (2013). Enfrentando el cambio climático a través de la ganadería: Una evaluación global de las emisiones y oportunidades de mitigación. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO).

Juárez-López, P., Morales-Rodríguez, H. J., Sandoval-Villa, M., Gómez-Danés, A. A., Cruz-Crespo, E., Juárez-Rosete, C. R., Aguirre-Ortega, J., Alejo-Santiago, G., y Ortiz-Catón, M. (2013). Producción de forraje verde hidropónico. *Revista*

Fuente nueva época, 4(13), 16-26. <http://aramara.uan.mx:8080/jspui/bitstream/123456789/2126/1/Produccion%20de%20forraje%20verde%20hidroponico.pdf>

López-Aguilar, R., Murillo-Amador, B., y Rodríguez-Quezada, G. (2009). El forraje verde hidropónico (FVH): Una alternativa de producción de alimento para el ganado en zonas áridas. *Interciencia*, 34(2), 121-126. http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378-18442009000200009&lng=es&lng=es.

Loqui, A., Meza, W., Acosta, J., y Maldonado, M. (2023). Evaluación del cultivo de maíz y soya bajo condiciones hidropónicas para su posterior uso en la alimentación de especies acuícolas. *Polo del Conocimiento*, 8(12), 1453-1479. <https://doi.org/10.23857/pc.v8i12.6355>

Mohapatra, K. K., Mohapatra, S., Ekka, R., Behera, R. C., & Mohanta, R. K. (2019). Variations in round-the-year fodder production in a low-cost hydroponic shed. *National Academy Science Letters. National Academy of Sciences, India*, 42(5), 383–385. <https://doi.org/10.1007/s40009-018-0764-5>

Naranjo, L. F., Herrera, A. L., Rincon, J. C., y González, L. G. (2021). Identificación de un modelo lineal adecuado para evaluar características pre-destete en ganado criollo colombiano Blanco Orejinegro. *Scientia et Technica*, 26(1), 49–56. <https://doi.org/10.22517/23447214.24301>

Núñez-Torres, O. P., y Guerrero-López, J. R. (2021). Forrajes hidropónicos: una alternativa para la alimentación de animales domésticos. *Journal of the Selva Andina Animal Science*, 8(1), 44–52. <https://doi.org/10.36610/j>

[jsaas.2021.080100044](https://doi.org/10.1002/jsfa.3732)

- Pant, A. P., Radovich, T. J. K., Hue, N. V., Talcott, S. T., & Krenek, K. A. (2009). Vermicompost extracts influence growth, mineral nutrients, phytonutrients and antioxidant activity in pak choi (*Brassica rapa* cv. Bonsai, Chinensis group) grown under vermicompost and chemical fertiliser: Effect of vermicompost extracts on pak choi. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 89(14), 2383–2392. <https://doi.org/10.1002/jsfa.3732>
- Quirós, D. F., y Villalobos, V. (2022). Costo y efecto de la suplementación con Forraje Verde Hidropónico: Estudio de caso. *e-Agronegocios*, 8(1), 7–24. <https://doi.org/10.18845/ea.v8i1.5596>
- Ramírez, C., y Soto, F. (2017). Efecto de la nutrición mineral sobre la producción de forraje verde hidropónico de maíz. *Agronomía Costarricense*, 41(2), 79-91. <https://dx.doi.org/10.15517/rac.v41i2.31301>
- Rivera, A., Moronta, M., Gonzáles-Estopiñán, M., Gonzáles, D., Perdomo, D., García, D. E., y Hernández, G. (2010). Producción de forraje verde hidropónico de maíz (*Zea mays* L.) en condiciones de iluminación deficiente. *Zootecnia Tropical*, 28(1), 33-41. http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0798-72692010000100005&lng=es&tlng=es.
- Romero, M. E., Córdova, G., y Hernández, E. O. (2009). Producción de Forraje Verde Hidropónico y su Aceptación en Ganado Lechero. *Acta Universitaria*, 19(2), 11–19. <https://doi.org/10.15174/au.2009.93>
- Saavedra, D. M., Gómez, J. W., Loa, G. S., y Gómez-Urviola, N. C. (2021). Forraje verde hidropónico de tres variedades de cebada (**Hordeum vulgare**) en la dieta de cuyes (**Cavia porcellus**) en recría, Abancay, Perú. *Actas Iberoamericanas de Conservación Animal, AICA*, 16, 67-71. https://aicarevista.jimdo.com/app/download/19268701125/AICA_Vol16_Trabajo012.pdf?t=1656701212
- Salas, L., Esparza, J. R., Preciado, P., Álvarez, V. P., Meza, J. A., Velázquez, J. R., y Murillo, M. (2012). Rendimiento, calidad nutricional, contenido fenólico y capacidad antioxidante de forraje verde hidropónico de maíz (**Zea mays**) producido en invernadero bajo fertilización orgánica. *Interciencia*, 37(3), 215-220. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=33922725009>
- Salas-Pérez, L., Preciado-Rangel, P., Esparza-Rivera, J. R., Álvarez-Reyna, V. P., Palomo-Gil, A., Rodríguez-Dimas, N., y Márquez-Hernández, C. (2010). Rendimiento y calidad de forraje hidropónico producido bajo fertilización orgánica. *Terra Latinoamericana*, 28(4), 355-360. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-57792010000400007&lng=es&tlng=es.
- Salvador-Castillo, J. M., Bolaños-González, M. A., Cedillo-Aviles, A. K., Vázquez-Chena, Y., Varela-de Gante, S. A., y Meza-Discua, J. L. (2022). Efecto de la aplicación de soluciones nutritivas en la calidad bromatológica del forraje verde hidropónico de Avena sativa y *Hordeum vulgare*. *Terra Latinoamericana: organo científico de la Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, A.C.*, 40. <https://doi.org/10.28940/terra.v40i0.996>
- Trevizan, J. F., y Challapa, G. A. (2020). Comparación del rendimiento de forraje verde hidropónico con maíz lluteño y maíz comercial, utilizando cuatro calidades de agua. Arica,

- Chile. *Idesia*, 38(3), 113–122. <https://doi.org/10.4067/s0718-34292020000300113>
- Valdez-Sandoval, C., Guerra-Centeno, D., Díaz-Rodríguez, M., Noriega-Morales, C., y Pérez Noriega, H. (2022). Producción de biomasa de forraje verde hidropónico de cinco variedades mejoradas de maíz producidas por el Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas de Guatemala. *Revista Científica del Sistema de Estudios de Postgrado de la Universidad de San Carlos de Guatemala*, 5(2), 21–34. <https://doi.org/10.36958/sep.v5i2.116>
- Van, P. J., Mertens, D. R., & Deinum, B. (1978). Preharvest factors influencing quality of conserved forage. *Journal of animal science*, 47(3), 712–720. <https://doi.org/10.2527/jas1978.473712x>
- Vargas, C. F. (2007). Comparación productiva de forraje verde hidropónico de maíz, arroz y sorgo negro forrajero. *Agronomía mesoamericana: organo divulgativo del PCCMCA, Programa Cooperativo Centroamericano de Mejoramiento de Cultivos y Animales*, 19(2), 233. <https://doi.org/10.15517/am.v19i2.5005>
- Velázquez-del Valle, M. G., Bautista-Baños, S., Hernández-Lauzardo, A. N., Guerra-Sánchez, M. G., y Amora-Lazcano, E. (2008). Estrategias de control de *Rhizopus stolonifer* Ehrenb. (Ex Fr.) Lind, agente causal de pudriciones postcosecha en productos agrícolas. *Revista Mexicana de Fitopatología*, 26(1), 49–55. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0185-33092008000100008&lng=es&tlng=es
- Villavicencio, A. (2014). *Producción de forraje hidropónico (Boletín INIA Núm. 285)*. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Centro Regional de Investigación La Platina.
- Zagal-Tranquilino, M., Martínez-González, S., Salgado-Moreno, S., Escalera-Valente, F., Peña-Parra, B., y Carrillo-Díaz, F. (2016). Producción de forraje verde hidropónico de maíz con riego de agua cada 24 horas. *Abanico Veterinario*, 6(1), 29–34. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2448-61322016000100029&lng=es&tlng=es
- Zhao, X., Nechols, J. R., Williams, K. A., Wang, W., & Carey, E. E. (2009). Comparison of phenolic acids in organically and conventionally grown pac choi (*Brassica rapa* L. chinensis). *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 89(6), 940–946. <https://doi.org/10.1002/jsfa.3534>