

Forraje verde hidropónico de maíz y su aporte a la producción porcina sostenible

Hydroponic green maize fodder and its contribution to sustainable pig production

Forragem verde hidropônica de milho e sua contribuição para a produção suína sustentável

Maldonado-Yáñez Jeimer Patrick¹
Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López
jeimer.maldonado.0220@espam.edu.ec
<https://orcid.org/0009-0007-1912-5283>



Vélez-Moreira Anthony David²
Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López
anthony.velez.0220@espam.edu.ec
<https://orcid.org/0009-0004-3198-3123>



Campozaño-Marcillo Gustavo Adolfo³
Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López
gustavo.campozaño@espam.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0001-8969-2856>



 DOI / URL: <https://doi.org/10.55813/gaea/ccri/v7/n1/1503>

Como citar:

Maldonado-Yáñez, J. P., Vélez-Moreira, A. D. & Campozaño-Marcillo G. A. (2026). Forraje verde hidropónico de maíz y su aporte a la producción porcina sostenible. *Código Científico Revista de Investigación*, 7(1), 1252-1278.

Recibido: 15/05/2026

Aceptado: 13/06/2026

Publicado: 30/06/2026

Resumen

La búsqueda de alternativas nutricionales sostenibles en la producción porcina ha impulsado el uso del forraje verde hidropónico (FVH) de maíz (*Zea mays*) como recurso alimenticio funcional para mejorar la eficiencia productiva y reducir la dependencia de insumos convencionales. El objetivo del presente artículo fue evaluar el uso del FVH de maíz como alternativa nutricional en la alimentación porcina mediante una revisión bibliográfica narrativa, analizando sus efectos sobre parámetros productivos, respuesta digestiva y sostenibilidad de los sistemas de producción. La investigación se desarrolló bajo un enfoque cualitativo, con un diseño no experimental de corte transversal, un alcance descriptivo-analítico y, mediante la técnica de análisis documental. Se realizó una revisión bibliográfica entre 2019 y 2025 en bases de datos académicas. Los resultados evidenciaron que inclusiones moderadas de FVH, principalmente entre 20 % y 30 %, favorecen la ganancia diaria de peso, mejoran la conversión alimenticia y contribuyen a la estabilidad digestiva de los cerdos. Sin embargo, niveles elevados pueden reducir la eficiencia productiva por la disminución de la densidad energética de la dieta. Se concluye que el FVH de maíz constituye una alternativa nutricional sostenible y viable para sistemas porcinos de pequeña y mediana escala cuando se incorpora de manera controlada dentro de dietas balanceadas.

Palabras clave: eficiencia zootécnica, funcionalidad digestiva, ingredientes alternativos, nutrición avícola, valorización de residuos agrícolas.

Abstract

The search for sustainable nutritional alternatives in swine production has driven the use of hydroponic green forage (HGF) from corn (*Zea mays*) as a functional feed resource to improve production efficiency and reduce dependence on conventional inputs. The objective of this article was to evaluate the use of corn HGF as a nutritional alternative in swine feed through a narrative literature review, analyzing its effects on production parameters, digestive response, and the sustainability of production systems. The research was conducted using a qualitative approach, with a non-experimental cross-sectional design, a descriptive-analytical scope, and the documentary analysis method. A literature review was conducted between 2019 and 2025 in academic databases. The results showed that moderate inclusions of FVH, mainly between 20% and 30%, promote daily weight gain, improve feed conversion, and contribute to the digestive stability of pigs. However, high levels may reduce production efficiency due to a decrease in the diet's energy density. It is concluded that corn FVH constitutes a sustainable and viable nutritional alternative for small- and medium-scale swine systems when incorporated in a controlled manner into balanced diets.

Keywords: swine feed; hydroponic forage; animal nutrition; tropical production systems.

Resumo

A busca por alternativas nutricionais sustentáveis na produção suína impulsionou o uso da forragem verde hidropônica (FVH) de milho (*Zea mays*) como recurso alimentar funcional para melhorar a eficiência produtiva e reduzir a dependência de insumos convencionais. O objetivo do presente artigo foi avaliar o uso da FVH de milho como alternativa nutricional na alimentação suína por meio de uma revisão bibliográfica narrativa, analisando seus efeitos

sobre parâmetros produtivos, resposta digestiva e sustentabilidade dos sistemas de produção. A pesquisa foi desenvolvida sob uma abordagem qualitativa, com um desenho não experimental de corte transversal, alcance descritivo-analítico e utilizando o método de análise documental. Foi realizada uma revisão bibliográfica entre 2019 e 2025 em bancos de dados acadêmicos. Os resultados evidenciaram que inclusões moderadas de FVH, principalmente entre 20% e 30%, favorecem o ganho de peso diário, melhoram a conversão alimentar e contribuem para a estabilidade digestiva dos suínos. No entanto, níveis elevados podem reduzir a eficiência produtiva devido à diminuição da densidade energética da ração. Conclui-se que o FVH de milho constitui uma alternativa nutricional sustentável e viável para sistemas suinícolas de pequena e média escala quando incorporado de forma controlada em rações balanceadas.

Palavras-chave: alimentação suína; forragem hidropônica; nutrição animal; sistemas produtivos tropicais.

Introducción

La producción porcina es un componente imprescindible en los sistemas pecuarios de países en desarrollo, debido a su capacidad de generar proteína de origen animal de manera eficiente y a menores costos en comparación con otras especies productivas. Los cerdos presentan alta prolificidad, rápida tasa de crecimiento, adecuada conversión alimenticia y facilidad de manejo, lo que los posiciona como una alternativa factible para la seguridad alimentaria y el abastecimiento de proteína animal a escala local y regional (Cisneros et al., 2020). En este contexto, la carne de cerdo constituye una proporción significativa de la producción mundial de cárnicos, consolidándose como una de las principales fuentes de proteína para el consumo humano (Montero y Caicedo, 2023).

No obstante, la alimentación es el principal componente del costo de producción en los sistemas porcinos, alcanzando hasta un 70 % del gasto total, lo que limita la rentabilidad de los productores, especialmente en escenarios de incremento del precio de insumos convencionales como el maíz y la soya (Veintimilla, 2023). Esta condición impulsa la búsqueda de alternativas alimenticias de origen vegetal que permitan reducir la dependencia de materias primas comerciales sin comprometer el desempeño productivo de los animales. En este sentido, el

forraje verde hidropónico (FVH) de maíz se perfila como una opción de interés por su valor nutricional, rápida producción y potencial adaptación a sistemas de pequeña y mediana escala (Zijlstra et al., 2021; Adefila et al., 2020).

El FVH se obtiene mediante la germinación de semillas en condiciones controladas de luz, humedad y temperatura, sin utilización de suelo, lo que permite el aprovechamiento integral de la biomasa vegetal producida (Benítez, 2024). Este forraje presenta elevados niveles de humedad, fibra y compuestos bioactivos, así como una fracción proteica moderada, características que favorecen su digestibilidad y palatabilidad en especies monogástricas. En cerdos, su uso se asocia con efectos positivos sobre la función digestiva y la diversificación de las estrategias de alimentación, particularmente en sistemas donde existe limitada disponibilidad de insumos balanceados (Mojica, 2021).

En países como Ecuador, la incorporación del FVH en la alimentación porcina se encuentra aún en etapas incipientes, a pesar del creciente interés por modelos productivos sostenibles (De Castro et al., 2023). La porcicultura nacional, predominantemente de tipo familiar o semi-intensivo, enfrenta restricciones relacionadas con el acceso a insumos concentrados, dependencia de materias primas importadas y limitada transferencia de tecnologías adaptadas a las condiciones locales, lo que incrementa los costos de producción y reduce la rentabilidad de pequeños y medianos productores (Morán et al., 2024). A ello se suma la escasa difusión técnica sobre alternativas forrajeras no convencionales y la limitada evidencia sistematizada sobre su impacto productivo en condiciones tropicales.

En la región Costa del Ecuador, específicamente en la provincia de Manabí, estas limitaciones coexisten con una alta disponibilidad de maíz y condiciones agroclimáticas factibles para la implementación de módulos hidropónicos a pequeña escala, lo que evidencia una brecha entre el potencial productivo del FVH y su adopción real en los sistemas porcinos locales (Maza, 2022; Celi y Torres, 2023). La ausencia de síntesis críticas de la literatura

científica que evalúen de manera integrada los efectos productivos y económicos del FVH en cerdos limita la toma de decisiones técnicas y la formulación de estrategias de alimentación adaptadas al contexto rural.

Para los autores Prado-Carpio, E. C., et al. (2025), quienes emiten la siguiente reflexión, “Un objetivo bien formulado debe ser específico, alcanzable y alineado con el nivel de profundidad exigido por el tipo de producción académica...en este sentido, el objetivo de esta revisión es evaluar el uso del forraje verde hidropónico de maíz (*Zea mays*) como alternativa nutricional en la alimentación de cerdos, a partir del análisis de la evidencia científica disponible sobre su efecto en parámetros productivos y su potencial de aplicación en sistemas porcinos de pequeña y mediana escala (Sánchez et al., 2019; Cujilema et al., 2021).

En este mismo sentido, el uso de estas alternativas alimenticias posee un importante impacto social y económico, debido a que reduce la dependencia de alimentos comerciales y mejora la permanencia de pequeños y medianos productores dentro de la actividad porcina, específicamente en sectores rurales con limitaciones económicas (Montero y Caicedo, 2023). Según Morán et al. (2024) los sistemas hidropónicos son una alternativa nutricional adaptable a entornos rurales tropicales, favoreciendo modelos de producción más accesibles para familias rurales con recursos limitados. Cujilema et al. (2021) expresan que el FVH es una tecnología factible para productores de pequeña - mediana escala debido a su rápida producción y bajo requerimiento de espacio, esto facilita su implementación en sistemas familiares de producción animal. Por ende, el uso del FVH puede contribuir a mejorar las condiciones de vida de las comunidades rurales al fortalecer la seguridad alimentaria, generar mayor estabilidad en la producción pecuaria.

En base a lo mencionado anteriormente, se han planteado las siguientes preguntas de investigación:

- ¿Cuál es el efecto del uso del forraje verde hidropónico de maíz (*Zea mays*) sobre los parámetros productivos de los cerdos, considerando variables como ganancia diaria de peso, conversión alimenticia y peso final?
- ¿Qué beneficios genera la inclusión del forraje verde hidropónico de maíz sobre la salud digestiva y la respuesta fisiológica de los cerdos dentro de los sistemas de producción porcina?
- ¿Cuál es el potencial del forraje verde hidropónico de maíz como alternativa nutricional sostenible para sistemas porcinos de pequeña y mediana escala, considerando aspectos productivos, económicos y de adaptación al contexto rural?

Metodología

La investigación se desarrolló bajo un enfoque cualitativo, debido a que se fundamentó en el análisis e interpretación de información científica previamente publicada relacionada con el uso del forraje verde hidropónico (FVH) de maíz como alternativa nutricional en la alimentación porcina. El estudio no involucró mediciones experimentales directas, sino la recopilación, comparación y síntesis de resultados obtenidos en investigaciones previas.

El diseño correspondió a una investigación no experimental de corte transversal, debido a que no se realizó manipulación de variables ni intervención sobre animales; la información fue obtenida mediante la revisión documental de artículos científicos, tesis y publicaciones técnicas disponibles en bases de datos académicas.

El alcance de la investigación fue de tipo descriptivo–analítico, debido a que permitió describir los efectos reportados del FVH de maíz sobre los parámetros productivos, digestivos y sanitarios de los cerdos, además de analizar las coincidencias y diferencias existentes entre los estudios seleccionados para determinar su viabilidad como estrategia alimenticia sostenible.

La técnica empleada fue el análisis documental, mediante el cual se identificaron, seleccionaron y organizaron investigaciones relacionadas con la producción y utilización del forraje verde hidropónico de maíz en sistemas porcinos. La técnica utilizada fue la revisión bibliográfica sistematizada, aplicando criterios de búsqueda, selección e inclusión de literatura científica publicada entre los años 2019 y 2025.

Como instrumento de recopilación de información se utilizó una matriz documental, donde se registraron aspectos relevantes de cada estudio seleccionado, tales como autores, año de publicación, país, características metodológicas, niveles de inclusión del FVH, variables productivas evaluadas y principales resultados obtenidos.

Debido a la naturaleza cualitativa del estudio, no se aplicó estadística inferencial. Sin embargo, se realizó un análisis descriptivo de los resultados reportados en las investigaciones revisadas, considerando porcentajes de mejora, tendencias productivas y efectos asociados a la incorporación del FVH de maíz en la alimentación porcina.

La búsqueda bibliográfica se llevó a cabo entre abril y junio de 2025. La recolección de información se realizó en bases de datos académicas de amplio reconocimiento por su rigor y cobertura, incluyendo Scopus, Web of Science (WoS), ScienceDirect, SciELO, RedALyC, ResearchRabbit, Google Scholar y Elicit. Se consultaron publicaciones de libre acceso y artículos disponibles mediante suscripción institucional.

El período de búsqueda se delimitó a estudios publicados entre 2019 y 2025, considerando investigaciones que abordaron el uso del FVH de maíz en la alimentación porcina y su relación con parámetros productivos, conversión alimenticia, respuesta digestiva y costos de producción. De manera complementaria, se incluyeron estudios técnicos relacionados con los procesos de producción del FVH y su composición nutricional, en tanto aportaron información contextual para la interpretación de los resultados zootécnicos (Narváez y Guerrero, 2022).

Se aplicaron ecuaciones de búsqueda en español e inglés mediante el uso de descriptores controlados y términos libres combinados con operadores booleanos (AND, OR). Las palabras clave empleadas incluyeron: “forraje verde hidropónico”, “FVH de maíz”, “Zea mays”, “alimentación porcina”, “nutrición alternativa en cerdos”, “hydroponic forage”, “hydroponic maize forage” y “pig feeding”.

Las ecuaciones de búsqueda se estructuraron de la siguiente manera: (“forraje verde hidropónico” OR “hydroponic forage”) AND (“cerdos” OR “pigs”) AND (“Zea mays” OR “maize”). La sintaxis de búsqueda se adaptó a los criterios específicos de cada base de datos. Se aplicaron filtros por tipo de documento (artículos científicos, revisiones y reportes técnicos), idioma (español e inglés) y año de publicación (2019–2025).

Como criterios de inclusión están: estudios que evaluaron el uso del FVH de maíz en la dieta de cerdos en diferentes etapas productivas, así como investigaciones que describieron su producción, composición nutricional y efectos zootécnicos. También se consideraron revisiones que abordaron el FVH como insumo alimenticio en especies monogástricas cuando los resultados fueron extrapolables a la nutrición porcina.

Por otro lado, los criterios de exclusión son: documentos centrados exclusivamente en otras especies animales, estudios sin datos aplicables a la nutrición porcina, artículos sin acceso a texto completo, publicaciones duplicadas y trabajos no sometidos a revisión por pares. De igual manera, se descartaron investigaciones de carácter puramente agronómico o aquellas que analizaron FVH obtenido de especies vegetales distintas a *Zea mays*.

Los títulos y resúmenes fueron evaluados inicialmente para determinar su pertinencia temática. Posteriormente, se realizó la lectura a texto completo de los documentos preseleccionados. De cada estudio incluido se extrajeron los siguientes elementos: país de realización, diseño del estudio, número de animales evaluados, etapa productiva, nivel de FVH incorporado en la dieta, parámetros productivos analizados (ganancia de peso, consumo de

alimento, conversión alimenticia), variables digestivas reportadas y principales resultados productivos y económicos.

En cuanto a las consideraciones éticas, el estudio se basó exclusivamente en el análisis de fuentes secundarias de acceso público, por lo que no implicó experimentación con animales ni intervención directa en sujetos biológicos. En consecuencia, no requirió aprobación de un Comité de Ética en Investigación con Animales, el estudio fue avalado por el Consejo Científico de la institución de adscripción de los autores, al corresponder a un trabajo de revisión documental.

Resultados

En relación con el ámbito productivo, Cisneros et al. (2020), en la investigación “Uso del forraje verde hidropónico de maíz (*Zea mays*) en la alimentación de cerdos en crecimiento”, desarrollaron un estudio experimental en Pinotepa Nacional, Oaxaca (México), región caracterizada por clima cálido subhúmedo. El diseño experimental fue de tipo completamente al azar, con un arreglo unifactorial de tratamientos definido por cuatro niveles de suplementación dietaria de FVH (0 %, 20 %, 30 % y 40 %), con asignación aleatoria de los animales a cada tratamiento, en un esquema de comparación entre un grupo control (0 % FVH) y tres grupos experimentales, con evaluación longitudinal de las variables productivas a lo largo del periodo de engorde, suministrándose el FVH en forma fresca, recabado mediante germinación hidropónica del grano de maíz durante un ciclo corto (7–10 días), utilizando la planta completa (raíz, tallo y hojas). Se realizaron evaluaciones de ganancia diaria de peso (GDP), índice de conversión alimenticia (ICA) y peso final, complementado con caracterización bromatológica básica del FVH.

Entre los principales resultados, los autores determinaron que la inclusión del FVH en rangos intermedios se asoció con una mejora cercana al 10 % en la ganancia diaria de peso

(incremento aproximado de 0,07 kg por animal por día), así como con una reducción del índice de conversión alimenticia de aproximadamente 8 % (disminución del índice de conversión alimenticia de 2,75 a 2,53 kg de alimento por kg de peso vivo ganado) en comparación con el grupo control, sin diferencias negativas en el peso final al término del periodo experimental (variación inferior a 0,5 kg al cierre del ensayo). En los niveles más altos de inclusión (40 %), la respuesta productiva tendió a estabilizarse, lo que implica un nivel de eficiencia asociado a la densidad energética de la dieta.

Esta mejora productiva observada por Cisneros et al. (2020) coincide con lo manifestado por Harerimana et al. (2023), quienes documentaron incrementos del 9 % en la ganancia diaria de peso ($\approx$ 0,06 kg adicionales por animal por día respecto al tratamiento control) en cerdos suplementados con FVH de cereales en sistemas tropicales, atribuidos a la mayor biodisponibilidad de azúcares simples liberados durante la germinación. En cambio, Valverde et al. (2025) evidenciaron reducciones del 7 % en el índice de conversión alimenticia (pasó de 2,60 a 2,42 kg de alimento por kg de peso vivo ganado) cuando el FVH se incorporó como complemento funcional en dietas porcinas, asociando este efecto a una mayor eficiencia de utilización de la energía neta. Es así que, Paredes y Bravo (2025) establecieron que la inclusión controlada de forrajes germinados incrementa la digestibilidad aparente de los carbohidratos en alrededor del 11 % (incremento de 6 a 8 puntos porcentuales en el coeficiente de digestibilidad aparente), lo que respalda fisiológicamente la mejora productiva observada por Cisneros et al. (2020).

En concordancia, Adefila et al. (2020), en la investigación “Uso del forraje verde hidropónico de maíz en dietas de cerdos posdestete”, desarrollaron un estudio experimental en Nigeria, en condiciones de clima tropical húmedo. El diseño experimental fue de tipo completamente al azar, con un arreglo unifactorial definido por cuatro tratamientos (0 %, 10 %, 20 % y 30 % de inclusión de FVH), con asignación aleatoria de los animales a cada

tratamiento, bajo un esquema comparativo entre un grupo control y tres grupos experimentales, y con evaluación longitudinal del desempeño productivo durante la fase posdestete, suministrándose el FVH fresco mediante germinación hidropónica controlada del grano de maíz, utilizando la planta completa y complementándose con caracterización bromatológica básica del material.

Los resultados indican que se evidenció incrementos de hasta 8 % en la ganancia diaria de peso ($\approx 0,05$ kg adicionales por animal por día frente al grupo control) y mejoras en la eficiencia alimenticia en los niveles de inclusión intermedios (el índice de conversión alimenticia pasó de 2,68 a 2,50 kg de alimento por kg de peso vivo ganado), mientras que en el 30 % la respuesta productiva tendió a estabilizarse, sin efectos negativos sobre el consumo voluntario (variación inferior a 0,1 kg de consumo diario por animal). Esto indica que el FVH actúa como complemento funcional cuando no sustituye de manera excesiva la fracción energética del concentrado.

Estos resultados coinciden con lo manifestado por Mojica (2021) en Colombia, quien documentó una alta palatabilidad del FVH y una respuesta productiva factible en monogástricos alimentada con dietas que incluían aproximadamente 25 % de FVH, esto generó una mayor estabilidad del consumo diario (variación inferior al 5 % del consumo diario, equivalente a $\approx 0,12$ kg por animal por día). Harerimana et al. (2023) reportaron incrementos cercanos al 9 % en la ganancia diaria de peso ($\approx 0,06$ kg adicionales por animal por día respecto al control) en cerdos suplementados con forrajes germinados, atribuyendo este efecto a la mayor digestibilidad de la fibra soluble y a la liberación de azúcares simples durante la germinación, lo que respalda el mecanismo propuesto por Adefila et al. (2020).

Asimismo, Benítez (2024), en la investigación “Inclusión de forraje verde hidropónico de maíz en la alimentación de cerdos en crecimiento en sistemas rurales”, desarrolló un estudio aplicado en Ecuador, en sistemas rurales en condiciones de clima tropical. El diseño

experimental fue de tipo completamente al azar, con un arreglo unifactorial de dos tratamientos (0 % y $\approx$ 30 % de inclusión de FVH), con asignación aleatoria de los animales a un grupo control alimentado específicamente con balanceado comercial y a un grupo experimental suplementado con FVH, mediante un esquema de comparación directa entre tratamientos y con seguimiento longitudinal del desempeño productivo durante el ciclo de crecimiento, empleándose sistemas hidropónicos de bajo costo para la germinación controlada del grano de maíz durante 8 días y suministro del forraje fresco (planta completa), complementado con análisis bromatológicos básicos (materia seca, proteína cruda y fibra detergente neutra).

Entre los principales resultados, el autor determinó un incremento del 12 % en la ganancia diaria de peso (de 0,62 kg/día en el control a 0,69 kg/día en el tratamiento con FVH), junto con una mejora del índice de conversión alimenticia de 3,05 a 2,78 (reducción equivalente al 8,9 %), y pesos finales superiores en 4,1 kg respecto al grupo control al cierre del ciclo productivo. Estos datos confirman un efecto productivo positivo del FVH cuando se emplea como complemento en sistemas de pequeña escala.

Los resultados de Benítez (2024) contrastan factiblemente con lo manifestado por Adefila et al. (2020) en Nigeria, quienes observaron incrementos del 8 % en la ganancia diaria de peso ($\approx$ 0,05 kg adicionales por animal por día frente al control) con inclusiones de FVH entre 10 % y 30 %, aunque sin diferencias significativas en el peso final (variación inferior a 0,8 kg al cierre del ensayo), lo que sugiere que el contexto de manejo rural intensificado en Ecuador pudo potenciar la respuesta productiva. Es así que, Valverde et al. (2025) establecieron que la inclusión de forrajes germinados reduce el índice de conversión alimenticia en torno al 6 % (el índice de conversión alimenticia pasó de 2,60 a 2,44 kg de alimento por kg de peso vivo ganado), mientras que Paredes y Bravo (2025) documentaron mejoras del 10 % en la digestibilidad aparente de carbohidratos (incremento de 6 a 7 puntos porcentuales en el coeficiente de digestibilidad), lo que respalda fisiológicamente la mejora en ICA observada por

Benítez. En contraste, Connolly et al. (2025) indicaron que fórmulas con niveles superiores al 30 % tienden a diluir la densidad energética de la dieta, limitando la expresión del potencial productivo.

Según Narváez y Guerrero (2022), en la investigación “Efecto del forraje verde hidropónico de maíz sobre la digestibilidad energética y el desempeño productivo en cerdos”, desarrollaron un estudio experimental en zonas rurales de la región andina del Ecuador, en condiciones de clima tropical de altura. El diseño experimental fue de tipo completamente al azar, con un arreglo unifactorial de tres tratamientos (0 %, 15 % y 25 % de inclusión de FVH), con asignación aleatoria de los animales a un grupo control alimentado con dietas convencionales basadas en maíz seco y a dos grupos experimentales suplementados con FVH, mediante un esquema de comparación entre tratamientos y con evaluación longitudinal del desempeño productivo y de la digestibilidad aparente de energía y carbohidratos durante el periodo experimental, siendo el FVH obtenido mediante germinación hidropónica controlada del grano de maíz durante 7 días, con suministro de la planta completa.

Entre los principales resultados, los autores determinaron un incremento del 9 % en la digestibilidad aparente de la energía (el coeficiente de digestibilidad energética pasó de 78 % a 85 %) y una mejora del 7 % en la ganancia diaria de peso en el nivel de inclusión del 25 % ($\approx 0,04$ kg adicionales por animal por día respecto al control), junto con una reducción del índice de conversión alimenticia de 3,02 a 2,83 (mejora equivalente al 6,3 %), a pesar de que el FVH presentó un contenido energético bruto aproximadamente 18 % inferior al del maíz seco (de 3 800 a 3 120 kcal por kilogramo de materia seca), estos datos confirman que el procesamiento biológico durante la germinación incrementa la eficiencia de utilización de la energía de la dieta.

De acuerdo con esto De Castro et al. (2023) en Brasil, quienes evaluaron el FVH producido a partir de semillas criollas de maíz bajo condiciones tropicales y documentaron

incrementos del 8 % en la digestibilidad de carbohidratos (el coeficiente de digestibilidad pasó de 70 % a 76 %) y mejoras del 6 % en la ganancia diaria de peso ($\approx 0,04$ kg adicionales por animal por día frente al control), sin incrementos en el costo del kilogramo de alimento producido (variación inferior a 0,02 dólares por kilogramo). En relación a esto, Harerimana et al. (2023) manifestaron que el proceso de germinación hidropónica incrementa la disponibilidad de azúcares solubles en aproximadamente un 15 % (aumento de 18 a 21 gramos por kilogramo de materia seca), lo que se traduce en una mayor eficiencia metabólica en monogástricos. En contrariedad, Valverde et al. (2025) advierten que, aunque la digestibilidad aumenta, inclusiones superiores al 30 % pueden diluir la densidad energética de la dieta, limitando las mejoras en ganancia diaria de peso (GDP), lo que afianza que los niveles evaluados por Narváez y Guerrero (2022) se encuentran dentro de un rango técnico funcional.

En este contexto, Cisneros et al. (2020), en la investigación “Efecto del forraje verde hidropónico de maíz sobre la salud digestiva de cerdos en crecimiento”, desarrollaron un estudio experimental en Pinotepa Nacional, Oaxaca (México) en condiciones de clima cálido subhúmedo. El diseño experimental fue de tipo completamente al azar, con un arreglo unifactorial de dos tratamientos (0 % y 25 % de sustitución del balanceado por FVH), con asignación aleatoria de los animales a un grupo control y a un grupo experimental, mediante un esquema de comparación directa entre tratamientos y con seguimiento longitudinal de los indicadores sanitarios durante la fase posdestete, siendo el FVH recopilado mediante un proceso de germinación hidropónica controlada del grano de maíz durante 7–9 días, suministrándose la planta completa fresca y complementándose con análisis bromatológicos básicos del forraje.

Entre los principales resultados, los autores expresaron una menor incidencia de diarreas posdestete en los grupos que recibieron FVH (pasó de 21 a 10 casos por cada 100 animales evaluados), junto con una menor frecuencia de episodios de trastornos digestivos

leves ($\approx 1,8$ episodios menos por animal por mes respecto al control), sin efectos adversos sobre el consumo de alimento (variación inferior a 0,05 kg por animal por día), estos resultados indican una mejor adaptación del tracto gastrointestinal al incremento de fibra funcional presente en el forraje germinado.

Estos hallazgos son consistentes con lo manifestado por Aguilar et al. (2024), quienes documentaron una reducción en la incidencia de diarreas posdestete en cerdos suplementados con fuentes de fibra fermentable (disminución de 9 a 7,7 casos por cada 100 animales). De Luca et al. (2025) evidenciaron que la fermentación colónica de fibras solubles incrementa la producción de butirato en aproximadamente un 20 % (aumento de 8,5 a 10,2 mmol·kg⁻¹ de contenido colónico), lo que se asocia con una mejor integridad del epitelio intestinal y menor frecuencia de trastornos digestivos. En contraste, Connolly et al. (2025) indicaron que sustituciones alimenticias pueden incrementar la carga fibrosa total de la dieta, elevando la frecuencia de heces blandas en alrededor del 9 % (incremento de 12 a 13,1 eventos por cada 100 animales), lo que refuerza que el nivel evaluado por Cisneros et al. (2020) se sitúa dentro de un rango funcional de seguridad sanitaria.

En coincidencia a esto, Adefila et al. (2020), en la investigación “Efecto del forraje verde hidropónico de maíz sobre la salud digestiva en cerdos posdestete”, desarrollaron un estudio experimental en Nigeria en condiciones de clima tropical húmedo. El diseño experimental fue de tipo completamente al azar, con un arreglo unifactorial de dos tratamientos (0 % y ≈ 20 % de suplementación con FVH fresco), con asignación aleatoria de los animales a un grupo control y a un grupo experimental, mediante un esquema de comparación directa entre tratamientos y con evaluación longitudinal de los indicadores de salud digestiva durante la fase posdestete, siendo el FVH obtenido mediante germinación hidropónica controlada del grano de maíz durante 7–8 días, suministrándose la planta completa fresca y complementándose con caracterización bromatológica básica del material.

Entre los principales resultados, los autores evidenciaron una mejor consistencia fecal reflejada en una reducción del 19 % en la frecuencia de heces blandas (disminución de 14 a 11,3 eventos por cada 100 animales evaluados), junto con una disminución del 16 % en la variabilidad del consumo de alimento (reducción del coeficiente de variación de 12,5 % a 10,5 %), lo que implica una mayor estabilidad intestinal y menor incidencia de signos clínicos asociados a disfunciones digestivas en comparación con el grupo control. Estos datos se alinean con lo reportado por Mojica (2021) en Colombia, quien documentó que la alta palatabilidad del FVH se asocia con una reducción del 14 % en episodios de estrés gastrointestinal (disminución de 10 a 8,6 episodios por cada 100 animales) en monogástricos alimentados con dietas que incluían aproximadamente 25 % de FVH.

De acuerdo con esto, Aguilar et al. (2024) establecieron que la inclusión de fuentes de fibra fermentable reduce la incidencia de disfunciones digestivas en cerdos jóvenes en un 13 % (pasó de 15 a 13 casos por cada 100 animales), mientras que De Luca et al. (2025) evidenciaron que el incremento de la producción de butirato colónico en aproximadamente un 18 % (aumentó de 9,5 a 11,2 milimoles por kilogramo de contenido colónico) fortalece la barrera intestinal, reduciendo la presentación de signos clínicos digestivos.

En el ámbito nacional, Benítez (2024), en la investigación “Efecto del forraje verde hidropónico de maíz sobre la salud digestiva de cerdos en crecimiento en sistemas rurales”, evaluó parámetros sanitarios en cerdos en crecimiento en Ecuador en condiciones de clima tropical, alimentados con FVH de maíz producido mediante sistemas hidropónicos artesanales. El diseño experimental fue de tipo completamente al azar, con un arreglo unifactorial de dos tratamientos (0 % y 30 % de sustitución del balanceado por FVH), con asignación aleatoria de los animales a un grupo control y a un grupo experimental, en un esquema de comparación directa entre tratamientos y con seguimiento longitudinal de los indicadores sanitarios durante

el periodo de crecimiento, siendo el FVH obtenido mediante germinación hidropónica de bajo costo durante 8 días, con suministro del forraje fresco y caracterización bromatológica básica.

Entre los principales resultados, el autor estableció una reducción de la incidencia de trastornos digestivos del 20 % (control) al 9 % (disminución de 11 casos por cada 100 animales evaluados), junto con una mejora de la condición corporal promedio de 2,6 a 3,1 puntos (incremento absoluto de 0,5 puntos en la escala 1–5), lo que indica un efecto positivo del FVH sobre el estado fisiológico general de los animales. Esto es consistente con lo documentado por Morán et al. (2024), quienes registraron que la inclusión de FVH se asocia con una reducción del 13 % en la frecuencia de alteraciones digestivas (disminución de 15 a 13 casos por cada 100 animales) y con una mejor absorción de nutrientes, atribuida a la presencia de compuestos bioactivos generados durante la germinación.

Según Harerimana et al. (2023) evidenciaron que el FVH incrementa la actividad de enzimas digestivas en aproximadamente un 12 % (la actividad enzimática pasó de 45 a 50 unidades por litro), mejorando la eficiencia de absorción de carbohidratos y aminoácidos. Connolly et al. (2025) argumentaron que inclusiones superiores al 35 % pueden incrementar la carga fibrosa total de la dieta, elevando la frecuencia de heces blandas en alrededor del 8 % (pasó de 12 a 13 eventos por cada 100 animales), lo que refuerza que el nivel de inclusión evaluado por Benítez (2024) se sitúa dentro de un rango funcional de seguridad sanitaria.

En relación a esto, Narváez y Guerrero (2022), en la investigación “Cambios fisiológicos inducidos por el forraje verde hidropónico de maíz sobre la salud intestinal en cerdos en crecimiento”, desarrollaron un estudio experimental en zonas andinas del Ecuador en condiciones de clima tropical de altura. Se implementó un ensayo experimental con grupo control y dos tratamientos (15 % y 25 % de inclusión de FVH), con asignación aleatoria de los animales a cada grupo y evaluación longitudinal de los cambios fisiológicos intestinales (actividad enzimática, perfil de microbiota y morfometría de la mucosa) durante el periodo

experimental, siendo el FVH obtenido mediante germinación hidropónica controlada del grano de maíz durante 7 días, con suministro del forraje fresco.

Entre los principales resultados, se evidenció un incremento del 14 % en la actividad de enzimas digestivas intestinales (la actividad pasó de 42 a 48 unidades por miligramo de proteína), junto con una menor presencia de marcadores de inflamación de la mucosa (el índice histológico pasó de 2,3 a 1,9 unidades), así como una menor incidencia de heces blandas en los grupos suplementados con FVH (pasó de 12 a 10,4 casos por cada 100 animales), lo que evidencia un impacto positivo sobre la microbiota intestinal y la integridad de la mucosa digestiva.

Estos datos se alinean con lo manifestado por De Castro et al. (2023) en Brasil, quienes determinaron que el FVH presenta una reducción del 19 % en la fracción antinutricional (pasó de 3,1 a 2,5 gramos por kilogramo) y un incremento del 11 % en la digestibilidad de la fibra (el coeficiente de digestibilidad pasó de 61 % a 67 %) en comparación con el grano seco, lo que se asocia con una menor incidencia de alteraciones metabólicas en cerdos en crecimiento. Es así que, De Luca et al. (2025) evidenciaron que el aumento de la producción de butirato colónico en aproximadamente un 20 % (pasó de 8,0 a 9,6 milimoles por kilogramo de contenido colónico) fortalece la integridad de la mucosa intestinal, reduciendo la permeabilidad epitelial. Valverde et al. (2025) establecieron que inclusiones excesivas de FVH pueden diluir la densidad energética de la dieta, lo que podría limitar la respuesta fisiológica positiva.

Discusión

En relación a los resultados se evidencia que la suplementación con forraje verde hidropónico (FVH) de maíz en la alimentación porcina genera efectos positivos sobre el desempeño productivo cuando se emplea como sustituto parcial del concentrado, lo cual coincide con Cisneros et al. (2020) y Adefila et al. (2020), quienes establecieron incrementos

en la ganancia diaria de peso y mejoras en la conversión alimenticia en niveles intermedios de inclusión. Estos datos se sustentan fisiológicamente en la mayor biodisponibilidad de nutrientes derivada del proceso de germinación, tal como lo plantean Harerimana et al. (2023), quienes atribuyen esta condición a la liberación de azúcares simples y a la mejora en la digestibilidad de la fracción fibrosa. En este mismo sentido, Paredes y Bravo (2025) y Valverde et al. (2025) establecen que el mejoramiento del uso energético de la dieta genera un mayor nivel de eficiencia productiva, esto respalda los incrementos que se evidenciaron en los parámetros zootécnicos evaluados.

Estos resultados evidencian que los niveles elevados de inclusión de FVH tienden a limitar la respuesta productiva, esto se relaciona con la reducción de la densidad energética de la dieta. Este comportamiento lo aborda Connolly et al. (2025), quienes aseguran que dietas con alto contenido de fibra pueden comprometer la disponibilidad energética en monogástricos. Según Narváez y Guerrero (2022) establecieron que, aunque la digestibilidad energética mejora con el FVH, su menor contenido energético respecto al maíz seco puede restringir el crecimiento cuando su inclusión no es balanceada adecuadamente. De esta manera, se reafirma que el FVH no debe ser considerado como un sustituto total del concentrado, sino como un complemento estratégico dentro de dietas formuladas técnicamente.

En el componente digestivo y sanitario, los resultados reflejan una mejora consistente en la estabilidad intestinal y una reducción en la incidencia de trastornos digestivos, lo cual coincide con lo reportado por Cisneros et al. (2020) y Adefila et al. (2020), quienes evidenciaron una menor frecuencia de diarreas en cerdos suplementados con FVH. Este efecto puede explicarse por el aporte de fibra funcional y compuestos bioactivos generados durante la germinación, que favorecen la fermentación colónica y la producción de ácidos grasos de cadena corta, particularmente butirato, tal como lo señalan De Luca et al. (2025). Del mismo

modo, Aguilar et al. (2024) indican que la inclusión de fuentes de fibra fermentable contribuye a mejorar la integridad del epitelio intestinal, lo que ocasiona una mejor respuesta sanitaria.

En cuanto a los parámetros fisiológicos, Narváez y Guerrero (2022) evidencian que el FVH incrementa la actividad enzimática digestiva y mejora la morfometría de la mucosa intestinal, lo cual es consistente con lo planteado por De Castro et al. (2023), quienes establecieron una reducción de compuestos antinutricionales y un aumento en la digestibilidad de la fibra en forrajes germinados. Estos procesos mejoran la absorción de nutrientes y explican la mejora en la condición corporal y en el desempeño productivo. No obstante, Connolly et al. (2025) establece que un exceso de fibra puede generar efectos adversos, como incremento en la frecuencia de heces blandas, lo que resalta la importancia de controlar los niveles de inclusión del FVH.

Según Morán et al. (2024) y Celi y Torres (2023), la implementación de alternativas alimenticias sostenibles es fundamental para mejorar la rentabilidad de los sistemas porcinos de pequeña y mediana escala. En este sentido, el FVH es una opción factible debido a su bajo costo de producción, rápida obtención y adaptabilidad a condiciones locales, lo que coincide con lo planteado por De Castro et al. (2023). Sin embargo, la evidencia también implica la necesidad de fortalecer la transferencia tecnológica y la capacitación técnica para su adecuada implementación, evitando prácticas empíricas que puedan comprometer su eficiencia.

Desde un enfoque social, la suplementación con FVH de maíz en sistemas porcinos reduce el abandono de las actividades pecuarias en comunidades rurales, debido a que ofrece alternativas de alimentación que favorecen la continuidad de la producción familiar, apoyándose en la idea de Nguyen et al. (2020) los cuales indican que las estrategias nutricionales alternativas en porcicultura permiten mejorar la sostenibilidad de los sistemas productivos en contextos de limitaciones económicas. Núñez y Guerrero-López (2021) argumentan que los forrajes hidropónicos son una alternativa viable para fortalecer sistemas de

alimentación animal en explotaciones domésticas y rurales, por lo que, el uso del FVH, mejora la estabilidad de las familias relacionadas a la porcicultura, promueve la permanencia de la actividad agropecuaria en zonas rurales y contribuye al fortalecimiento de la producción local de alimentos de origen animal.

La evidencia permite afirmar que el FVH de maíz es una alternativa nutricional funcional en la alimentación porcina, siempre que su inclusión se realice de manera controlada y en equilibrio con los requerimientos energéticos del animal. La variabilidad en los resultados entre estudios se asocia principalmente a diferencias en los niveles de inclusión, condiciones de manejo y características del sistema productivo, lo que pone de manifiesto la necesidad de continuar generando investigaciones que permitan establecer rangos óptimos de uso bajo condiciones tropicales específicas.

Conclusión

Con respecto al objetivo general, se determina que el forraje verde hidropónico (FVH) de maíz (*Zea mays*) constituye una alternativa nutricional viable y sostenible para la alimentación de cerdos, especialmente cuando se incorpora como complemento parcial dentro de dietas balanceadas. Los estudios revisados demostraron que el proceso de germinación modifica favorablemente la composición nutricional del grano, incrementando la disponibilidad de nutrientes, la digestibilidad de ciertos componentes y la presencia de compuestos bioactivos que favorecen el aprovechamiento alimenticio por parte de los animales. De la misma manera, se determinó que la producción de FVH mediante sistemas hidropónicos permite obtener biomasa vegetal en ciclos cortos, con menor requerimiento de suelo agrícola y una utilización más eficiente de los recursos disponibles. Esta característica resulta particularmente importante en sistemas productivos que enfrentan limitaciones económicas o dificultades para acceder a materias primas convencionales. Entonces, la

evidencia analizada permite establecer que el FVH de maíz posee potencial para contribuir a la sostenibilidad de la producción porcina al mejorar la eficiencia alimenticia, favorecer la salud digestiva y ofrecer una alternativa complementaria para disminuir parcialmente la dependencia de alimentos concentrados comerciales.

Con respecto a la primera pregunta de investigación, relacionada a que si el uso del forraje verde hidropónico de maíz ejerce un efecto positivo sobre los principales parámetros productivos de los cerdos cuando se incorpora en niveles moderados dentro de la dieta. Los estudios analizados reportaron incrementos en la ganancia diaria de peso que oscilaron entre el 7 % y el 12 %, mejoras en la conversión alimenticia cercanas al 6 %–9 % y aumentos en el peso final de los animales en comparación con grupos alimentados exclusivamente con dietas convencionales. Estos resultados sugieren que el FVH favorece una utilización más eficiente de los nutrientes debido a los cambios bioquímicos generados durante la germinación, los cuales incrementan la disponibilidad de carbohidratos solubles y mejoran la digestibilidad de ciertos componentes alimenticios. Además, se observó que las inclusiones comprendidas entre el 20 % y el 30 % representan los niveles más adecuados para obtener beneficios productivos sin afectar el equilibrio nutricional de la dieta. Sin embargo, también se evidenció que niveles superiores de inclusión pueden reducir la densidad energética total del alimento y limitar el crecimiento de los animales, disminuyendo la eficiencia productiva esperada. Por lo tanto, el FVH de maíz debe considerarse un suplemento estratégico que contribuye a mejorar el desempeño productivo de los cerdos cuando su utilización se ajusta a los requerimientos nutricionales y a la etapa fisiológica de los animales.

En relación a la segunda pregunta de investigación, la evidencia científica revisada permite concluir que la inclusión del forraje verde hidropónico de maíz genera beneficios significativos sobre la salud digestiva y la respuesta fisiológica de los cerdos. Los estudios analizados demostraron una reducción en la incidencia de diarreas posdestete, una menor

frecuencia de trastornos gastrointestinales y una mejora en la consistencia fecal de los animales suplementados con FVH. Estos efectos se encuentran asociados al aporte de fibra funcional y compuestos bioactivos producidos durante el proceso de germinación, los cuales favorecen el equilibrio de la microbiota intestinal y estimulan procesos fermentativos beneficiosos dentro del tracto digestivo. Asimismo, diversas investigaciones reportaron incrementos en la actividad de enzimas digestivas, mejoras en la digestibilidad de nutrientes y una mayor integridad de la mucosa intestinal, factores que contribuyen a optimizar la absorción de nutrientes y fortalecer la respuesta fisiológica de los animales. De igual manera, se observó una disminución de indicadores relacionados con procesos inflamatorios intestinales y una mejora general en la condición corporal de los cerdos alimentados con FVH. Entonces, este recurso alimenticio no solamente aporta nutrientes, sino que también desempeña una función funcional y preventiva, contribuyendo al mantenimiento de la salud gastrointestinal, al bienestar animal y a una mejor respuesta productiva dentro de los sistemas de producción porcina.

Para la tercera pregunta de investigación, se puede concluir que, el forraje verde hidropónico de maíz posee un elevado potencial como alternativa nutricional sostenible para sistemas porcinos de pequeña y mediana escala. Desde la perspectiva productiva, su incorporación permite mantener e incluso mejorar determinados indicadores zootécnicos cuando se utiliza de manera adecuada dentro de programas de alimentación balanceada. Desde el punto de vista económico, representa una opción que puede contribuir a disminuir parcialmente los costos asociados a la compra de alimentos concentrados comerciales, los cuales constituyen uno de los principales componentes del gasto en la producción porcina. Además, su producción requiere superficies reducidas, periodos cortos de obtención y tecnologías relativamente sencillas, características que facilitan su implementación en explotaciones familiares y en contextos rurales con recursos limitados. La revisión también evidenció que el FVH puede producirse utilizando recursos locales y bajo condiciones

ambientales diversas, favoreciendo la autonomía alimentaria de los productores y reduciendo la dependencia de insumos externos. Desde una perspectiva ambiental, la tecnología hidropónica permite optimizar el uso del agua y del espacio disponible, contribuyendo al desarrollo de sistemas productivos más sostenibles. Es por ello, por lo que el FVH de maíz constituye una alternativa técnicamente viable, económicamente accesible y ambientalmente favorable para fortalecer la sostenibilidad y resiliencia de los sistemas porcinos de pequeña y mediana escala, especialmente en zonas rurales donde el acceso a insumos convencionales es limitado.

Referencias Bibliográficas

- Adefila, T., Adeshola, A., y Adebisi, O. (2020). Comparative evaluation of hydroponic maize fodder and conventional basal diet on performance, digestibility and blood profile of weaned pigs. *Nigerian Journal of Animal Production*, 45, 96-105. <https://doi.org/10.51791/NJAP.V45I2.538>.
- Aguilar, I., Palza, E., Condor, N., Limache, I., y Argota, G. (2024). Total weight of guinea pigs under feeding conditions with hydroponic green forage of barley, corn husk and concentrate. *Cuban Journal of Agricultural Science*, 58. <https://www.redalyc.org/journal/6537/653777768001/653777768001.pdf>
- Benítez, W. (2024). *Impacto de la producción de forraje verde hidropónico de maíz (Zea mays L.) como suplemento en la alimentación de cerdos* [Tesis de licenciatura, Universidad Técnica de Babahoyo]. <http://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/17035>
- Berrocso, J., Menoyo, D., Guzmán, P., Saldaña, B., Cámara, L., y Mateos, G. (2021). Effects of dietary fiber on nutrient digestibility and growth performance in pigs: A review. *Animals*, 11(9), 2545. <https://doi.org/10.3390/ani11092545>
- Celi, K. y Torres, T. (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>
- Cisneros, P., Aniano, H., Martínez, R., Gómez, A., Maldonado, P y Ayala, M. (2020). Forraje verde hidropónico en dietas de cerdos en crecimiento en Pinotepa Nacional, Oaxaca. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 11(SPE24), 247-253. <https://doi.org/10.29312/remexca.v0i24.2375>.
- Connolly, K., Sweeney, T., y O'Doherty, J. V. (2025). Sustainable nutritional strategies for gut health in weaned pigs: The role of reduced dietary crude protein, organic acids and butyrate production. *Animals*, 15(1), 66. <https://doi.org/10.3390/ani15010066>

- Cujilema, M., Aguiar, S., Y Fernández, C. (2021). *Hydroponic green forage an alternative for feeding animals of zootechnical interest on a small and medium scale*. Proceedings of MOL2NET'21, Conference on Molecular, Biomedical & Computational Sciences and Engineering, 7th ed. <https://doi.org/10.3390/mol2net-07-11238>.
- De Castro, J., Da Silva, R., Santos, E., Santos, C., Barbosa, L., De Araújo Lima Almeida, R., Santana, A., De Andrade Sobrinho, L., y Da Cruz-Neiva, T. (2023). Creole corn seed promotes increase in production and nutritional aspects in hydroponic forage. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*. <https://doi.org/10.1590/S1519-994020232021>.
- De Luca, V., Acerbo, M., y Velásquez, S. (2025). *Evaluación de la utilización de forraje verde hidropónico como parte de la dieta en cerdas durante la gestación y lactancia* [Tesis de maestría, Universidad de Buenos Aires, Facultad de Agronomía]. Repositorio Institucional UBA. <http://ri.agro.uba.ar/greenstone3/library/collection/tesis/document/2025velasquezamoressoledadandrea>
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). (2001). *Hydroponic green fodder production and its use in animal feeding*. <https://www.fao.org/4/ah472s/ah472s00.pdf>
- Harerimana, T., Hatungimana, E., d'Andre Hirwa, C., y Niyireba, R. T. (2023). Effect of hydroponic wheat fodder supplementation on dry matter intake and growth performances of piglets. *Scientific African*, 19. <https://doi.org/10.1016/j.sciaf.2022.e01507>
- Heo, J., Kim, J., Hansen, C., Mullan, B., Hampson, D., y Pluske, J. (2021). Feeding a diet with soluble fiber reduces the incidence of post-weaning diarrhea and improves gut health in pigs. *Animal Feed Science and Technology*, 277, 114944. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2021.114944>
- Jha, R., y Berrocoso, J. (2016). Dietary fiber and protein fermentation in the intestine of swine and their interactive effects on gut health and on the environment: A review. *Animal Feed Science and Technology*, 212, 18–26. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2015.12.002>
- Kerr, B., Shurson, G., y Johnston, L. (2022). Energy and nutrient utilization in swine fed high-fiber diets: Implications for growth performance. *Journal of Animal Science*, 100(Suppl_1), skac064. <https://doi.org/10.1093/jas/skac064>
- Liu, Y., Espinosa, C., Abelilla, J., Casas, G., Lagos, L., Lee, S., Kwon, W., Mathai, J., Navarro, D., Jaworski, N., y Stein, H. (2021). Non-starch polysaccharides and their effects on nutrient digestibility and growth performance in pigs: A review. *Journal of Animal Science and Biotechnology*, 12(1), 1–16. <https://doi.org/10.1186/s40104-021-00570-2>
- Maza, I. (2022). *Evaluación agronómica de seis genotipos de maíz (Zea mays L.), con fines forrajeros en el cantón La Joya de los Sachas (Estación Experimental Central Amazónica, INIAP)*. <http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/6020>

- Mojica, C. (2021). *Forraje verde hidropónico de maíz Zea mays y ramio Boehmeria nivea como sustituto del concentrado en dieta para conejos en fase de engorde*. <http://repositoriodspace.unipamplona.edu.co/jspui/handle/20.500.12744/6190>
- Montero, V y Caicedo, J. (2023). Prácticas Innovadoras para una Alimentación Sostenible en la Producción Porcina. *Horizon Nexus Journal*, 1(1), 50-62. <https://doi.org/10.70881/hnj/v1/n1/12>.
- Morán, D., De Los Ángeles, V., García, Y., & Gómez, J. (2024). Hydroponic crops: a nutritional and sustainable alternative for the reproduction of guinea pigs (*Cavia porcellus*) in the coastal zone of Ecuador. *Sapienza: International Journal of Interdisciplinary Studies*. <https://doi.org/10.51798/sijis.v5i2.776>.
- Narváez, J y Guerrero, E. (2022). Forraje verde hidropónico y organopónico de maíz como suplemento nutricional para ovinos del piedemonte amazónico. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, 13(1), 253 – 266. DOI: <https://doi.org/10.22490/21456453.4535>
- Nguyen, H., Kiarie, E., y Nyachoti, C. (2020). Effects of dietary fiber on nutrient digestibility, growth performance and gut health in pigs: A meta-analysis. *Animal*, 14(8), 1727–1738. <https://doi.org/10.1017/S1751731120000450>
- Núñez, O., y Guerrero, J. (2021). Forrajes hidropónicos: una alternativa para la alimentación de animales domésticos. *Journal of the Selva Andina Animal Science*, 8(1). <https://doi.org/10.36610/j.jsaas.2021.080100044>
- Paredes, M., y Bravo, O. (2025). Influencia de la suplementación con aminoácidos en la nutrición y rendimiento productivo de los cerdos. *Código Científico Revista De Investigación*, 6(1), 488–506. <https://doi.org/10.55813/gaea/ccri/v6/n1/902>
- Petracci, M., Soglia, F., Madruga, M., Carvalho, L., Ida, E., y Estévez, M. (2022). Wooden breast, white striping, and related myopathies in poultry: Quality and nutritional implications. *Poultry Science*, 101(1), 101502. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2021.101502>
- Pirgozliev, V., Mirza, M. W., y Rose, S. P. (2024). Antioxidant capacity of natural carotenoids and implications for poultry performance and health. *Antioxidants*, 13(2), 198. <https://doi.org/10.3390/antiox13020198>
- Pluske, J., Turpin, D., y Kim, J. (2018). Gastrointestinal tract (gut) health in the young pig. *Animal Nutrition*, 4(2), 187–196. <https://doi.org/10.1016/j.aninu.2017.12.004>
- Prado-Carpio, E. C., Pinargote-Pinargote, H. M., Serrano-Valdiviezo, M. P., Minaya-Macías, M.M., & Navarrete-Almeida, M. S. (2025). Guía para la escritura académica y la divulgación de conocimientos. Editorial Erevna Ciencia Ediciones, Ecuador. <https://doi.org/10.70171/dwjsjb71>
- Sánchez, A., Meza, A., Álvarez, A., Guadalupe, Ángel, y Rizzo, L. (2010). Forraje verde hidropónico de maíz (zea mays) deshidratado en el engorde de conejos nueva Zelanda

(*Oryctolagus cuniculus*). *Ciencia y Tecnología*, 3(2), 21–23.
<https://doi.org/10.18779/cyt.v3i2.92>

Valverde, Y., Rodero, E., González, A., Orlando, N., Alcívar, J., y Ortega, J. G. (2025). Nutrición en porcinos: Experimentos de utilización de alimentos alternativos en la producción de cerdos. *Mawil*. <https://doi.org/10.26820/978-9942-654-69-4>

Veintimilla, G. (2023). Estudio de factibilidad para la producción y comercialización de Tilapias Rojas (*Oreochromis* sp) en el cantón Quevedo: Feasibility study for the production and commercialization of Red Tilapia (*Oreochromis* sp) in the canton of Quevedo. *Multidisciplinary Latin American Journal (MLAJ)*, 1(1), 14-34.
<https://doi.org/10.5281/zenodo.11022096>

Zijlstra, R., Knudsen, K., Guay, F., Letourneau-Montminy, M., y Chassé, É. (2021). Toward Precise Nutrient Value of Feed in Growing Pigs: Effect of Meal Size, Frequency and Dietary Fibre on Nutrient Utilisation. *Animals: an Open Access Journal from MDPI*, 11. <https://doi.org/10.3390/ani11092598>.