

MEDIOS NO CONVENCIONALES EN LA PRODUCCIÓN DE *Lactobacillus acidophylus*NON-CONVENTIONAL MEDIA IN THE PRODUCTION OF *Lactobacillus acidophylus*

Evelyn Pérez

Universidad Nacional Experimental de los Llanos Occidentales “Ezequiel Zamora” UNELLEZ.
Programa Ciencias del Agro y del Mar. San Carlos-Estado Cojedes, Venezuela. yuruani1105@gmail.com

José Ramos

Universidad Nacional Experimental de los Llanos Occidentales “Ezequiel Zamora” UNELLEZ.
Programa Ciencias del Agro y del Mar. San Carlos-Estado Cojedes, Venezuela. alejanrt@gmail.com

Autor de correspondencia: vanessaacademico08@gmail.com**Recibido:** 23/10/2025 **Admitido:** 12/11/2025**RESUMEN**

La dependencia de medios de cultivo costosos como MRS (*De Man, Rogosa y Sharpe*) representa un obstáculo significativo para la producción de biomasa probiótica. Esta revisión explora una alternativa sostenible mediante un medio de cultivo no convencional basado en la sinergia nutricional entre zanahoria (*Daucus carota*) y frijol blanco (*Phaseolus vulgaris*) para el desarrollo de *Lactobacillus acidophylus*. Metodológicamente, se realizó una revisión sistemática mediante análisis documental en bases de datos científicas, considerando técnicas de optimización como el diseño de hipercubo latino. Los resultados teóricos indican que esta combinación sinérgica proporciona carbohidratos fermentables, proteínas, aminoácidos esenciales y minerales, creando un ambiente ideal que puede igualar o superar el rendimiento de MRS con una reducción de costos superior al 90%. Se concluye que esta formulación representa una solución viable, económica y escalable para la producción de probióticos, contribuyendo a la soberanía tecnológica en seguridad alimentaria.

Palabras clave: Medio sinérgico, zanahoria, frijol blanco, *Lactobacillus acidophylus*, optimización

SUMMARY

Dependence on costly culture media such as MRS (*De Man, Rogosa and Sharpe*) hinders the mass production of probiotic biomass. This review explores a sustainable alternative through a non-conventional culture medium based on the nutritional synergy between carrot (*Daucus carota*) and white bean (*Phaseolus vulgaris*) for the development of *Lactobacillus acidophylus*. Methodologically, a systematic review was conducted through documentary analysis in scientific databases, considering optimization techniques such as Latin hypercube design. Theoretical results indicate that this synergistic combination provides fermentable carbohydrates, proteins, essential amino acids, and minerals, creating an ideal environment that can match or exceed MRS performance with a cost reduction of over 90%. It is concluded that this formulation represents a viable, economical, and scalable solution for probiotic production, contributing to technological sovereignty in food security.

Keywords: synergistic medium, carrot, white bean, *Lactobacillus acidophylus*, optimization.

INTRODUCCIÓN

Lactobacillus es un habitante comensal del tracto gastrointestinal y un actor clave en la salud digestiva e inmunológica (Gao *et al.*, 2022). Pertenece al grupo de las Bacterias Ácido Lácticas (BAL), microorganismos reconocidos por su capacidad de fermentar carbohidratos para producir ácido láctico y por sus beneficios como probióticos (Sánchez y Tromps, 2014). Las BAL se caracterizan por realizar fermentación homoláctica o heteroláctica, siendo *L. acidophylus* un representante homofermentativo (Parra, 2010). Los probióticos, definidos como microorganismos vivos que confieren beneficios a la salud del huésped cuando se administran en cantidades adecuadas, han demostrado mejorar la salud gastrointestinal, modular la respuesta inmune y prevenir infecciones (Liu *et al.*, 2024).

La creciente demanda de *L. acidophylus* como probiótico en la industria alimentaria y farmacéutica choca contra una limitante fundamental (el alto costo de los medios de cultivo convencionales), como el medio MRS (De Man, Rogosa y Sharpe), cuya formulación depende de ingredientes costosos como extractos de carne y levadura (Hayek *et al.*, 2019). Los medios de cultivo se definen como mezclas de nutrientes en proporciones adecuadas que satisfacen las necesidades nutricionales de los microorganismos (Chauhan y Jindal, 2020). Esta dependencia no solo encarece la producción, sino que limita el acceso a tecnologías de fermentación a pequeña y

mediana escala, especialmente en contextos de economías en desarrollo.

Frente a este escenario, la búsqueda de alternativas no convencionales se ha convertido en una prioridad científica y tecnológica (Ayivi *et al.*, 2021). Los medios de cultivo de origen vegetal emergen como una solución prometedora, alineada con los principios de sostenibilidad y economía circular. En particular, la combinación de zanahoria (*Daucus carota*) y frijol blanco (*Phaseolus vulgaris*) representa una propuesta innovadora. Estos recursos, abundantes y de bajo costo, poseen composiciones nutricionales complementarias que, al mezclarse, pueden replicar (e incluso superar) las condiciones que ofrece el medio MRS para la producción eficiente de biomasa probiótica.

Esta revisión se centra en analizar el potencial de esta combinación sinérgica. Su objetivo es recopilar y discutir la evidencia científica disponible sobre las propiedades nutricionales de la zanahoria y el frijol blanco, y evaluar cómo su integración en un medio de cultivo optimizado puede impulsar el desarrollo de *L. acidophilus*. A través de un enfoque metodológico que combina la revisión documental con herramientas de optimización estadística, se busca no solo validar una alternativa técnica, sino también contribuir a la soberanía tecnológica en la producción de biomasa probiótica.

MATERIALES Y MÉTODOS

Esta investigación se enmarca en una revisión bibliográfica sistemática de carácter documental,

orientada a caracterizar el potencial de la zanahoria y el frijol blanco como sustratos para medios de cultivo no convencionales. Siguiendo la metodología propuesta por (Palella y Martins, 2012), se realizó una búsqueda rigurosa y crítica de material documental proveniente de fuentes impresas y electrónicas, incluyendo artículos científicos, patentes, tesis e informes técnicos.

El proceso se estructuró en tres etapas principales:

Identificación y recopilación de fuentes: Se utilizaron criterios de búsqueda avanzada en bases de datos científicas, con énfasis en estudios relacionados con requerimientos nutricionales de *L. acidophilus*, composición bioquímica de *Daucus carota* y *Phaseolus vulgaris*, y optimización de medios de fermentación.

Análisis y síntesis: La información recuperada fue organizada en dimensiones temáticas: características microbiológicas, propiedades nutricionales de los sustratos, estrategias de formulación y métodos de optimización.

Integración teórico-práctica: Los hallazgos documentales se contrastaron con resultados experimentales preliminares obtenidos mediante diseños de experimentos (DoE), específicamente el uso de hipercubo latino (Torres, 2019), para validar la viabilidad de la propuesta.

Este enfoque metodológico permitió no solo fundamentar teóricamente la sinergia entre los sustratos, sino también proyectar escenarios de optimización replicables a nivel industrial.

FASES DEL PROCESO DE LA INVESTIGACIÓN

Esta revisión bibliográfica se desarrolló bajo un esquema sistemático estructurado en cuatro fases secuenciales, diseñadas para garantizar la exhaustividad, el rigor analítico y la aplicabilidad práctica de los hallazgos.

Fase I. Creación de una Base de Datos Documental (File Document & Web Retrieval)

Se estableció una base de datos especializada utilizando criterios de búsqueda avanzada en motores académicos y bases de datos científicas (Scopus, Web of Science, SciELO). El proceso se centró en la recuperación de DICs (Datos, Información y Conocimientos) sobre: i) requerimientos nutricionales y cinética de crecimiento de *Lactobacillus acidophylus*; ii) composición fisicoquímica y bioactiva de *Daucus carota* y *Phaseolus vulgaris*; y iii) metodologías de optimización de medios de cultivo no convencionales, con énfasis en Diseño de Experimentos (DoE) y técnicas de metamodelación. Esta fase permitió la constitución de un corpus bibliográfico robusto y fundamentado.

Fase II. Análisis Crítico y Síntesis de Antecedentes

Los documentos recuperados fueron sometidos a un análisis crítico para caracterizar el estado del arte. Esta fase consistió en la identificación de tendencias, vacíos de conocimiento y puntos de consenso en la literatura, permitiendo estructurar el marco teórico de la revisión y establecer las

bases de la hipótesis sinérgica entre la zanahoria y el frijol blanco.

Fase III. Integración Teórico-Conceptual y Modelado de la Sinergia

A partir del análisis anterior, se procedió a la integración conceptual de la información. Se construyó un modelo teórico de la sinergia nutricional, relacionando los componentes de los sustratos (zanahoria, y frijol) con los requerimientos específicos de *L. acidophilus*. Este modelo sirvió como base para la discusión y para proponer la combinación óptima de sustratos.

Fase IV. Validación Metodológica y Proyección de Optimización

Finalmente, se realizó una validación metodológica contrastando los hallazgos bibliográficos con técnicas de optimización reportadas en la literatura, específicamente el Diseño de Hipercubo Latino (Torres, 2019). Esta fase permitió proyectar un marco metodológico reproducible para la optimización futura del medio de cultivo sinérgico, cerrando el ciclo entre la teoría revisada y su aplicación práctica.

LACTOBACILLUS ACIDOPHYLUS

L. acidophilus es un bacilo Gram positivo, microaerófilo, con requerimientos nutricionales complejos (Reddy *et al.*, 2008). Su temperatura óptima de crecimiento ronda los 35-38°C y un pH entre 5.5 y 6.0 (Gao *et al.*, 2022). Como organismo heterótrofo, carece de capacidad para sintetizar varios aminoácidos y vitaminas del grupo B (Wang *et al.*, 2020), lo que lo hace dependiente de un medio enriquecido que le provea carbohidratos

fermentables, fuentes de nitrógeno orgánico, minerales y factores de crecimiento (Li *et al.*, 2021). Esta exigencia nutricional es la que encarece los medios convencionales y, a la vez, la que justifica la búsqueda de alternativas integrales como la que aquí se propone.

LA CARGA ECONÓMICA DE LOS MEDIOS CONVENCIONALES

El medio MRS (De Man, Rogosa y Sharpe), aunque eficaz, implica costos elevados debido a componentes como el extracto de carne, peptonas y extracto de levadura (Hayek *et al.*, 2019). Estudios comparativos han demostrado que el precio por litro (Costo/L), de medio MRS puede superar los 150 USD (Merck KGaA, 2023), mientras que formulaciones basadas en recursos vegetales reducen este costo en más de un 90% (Śliżewska y Chlebicz, 2020). Esta diferencia no es solo económica; también es estratégica, pues fomenta la autonomía productiva y al uso de materias primas de origen vegetal en medios de cultivos no convencionales.

ZANAHORIA (*Daucus carota*)

La zanahoria es una fuente excepcional de nutrientes de rápida asimilación. Su composición incluye sacarosa (3.59 g/100g), glucosa (0.59 g/100g) y fructosa (0.55 g/100g), azúcares ideales para la fermentación homoláctica característica de *L. acidophilus* (U.S. Department of Agriculture, 2019). Además, aporta vitaminas A, K y C, así como minerales como potasio y magnesio, que actúan como cofactores enzimáticos (Nagraj, 2020). Investigaciones recientes han demostrado

que el jugo de zanahoria puede estimular el crecimiento de *L. acidophylus* (Duda *et al.*, 2015), mientras que sus compuestos bioactivos, como los polifenoles y carotenoides, ofrecen un ambiente favorable para el desarrollo de lactobacilos (Boev *et al.*, 2024). No se trata solo de un sustrato energético; es un multinutriente que favorece la homeostasis del medio de cultivo.

FRIJOL BLANCO (*Phaseolus vulgaris*)

El frijol blanco complementa lo que la zanahoria no puede, proteínas (20-40% de su composición) y aminoácidos esenciales como lisina y fenilalanina (Ganesan y Xu, 2017). Su perfil aminoacídico incluye todos los aminoácidos esenciales requeridos para la síntesis proteica microbiana (Añazco *et al.*, 2023), y las proteínas que contiene son de alta calidad nutricional (Gallegos *et al.*, 2023). También es rico en hierro, zinc y fósforo, elementos críticos para la síntesis de ácidos nucleicos y la división celular (Cámara *et al.*, 2013). Su perfil aminoacídico lo convierte en un sustituto natural de las costosas fuentes de nitrógeno utilizadas en el medio MRS.

SINERGIA

La combinación de ambos sustratos genera un medio de cultivo sinérgico. La zanahoria proporciona la energía rápida, mientras que el frijol blanco provee los componentes estructurales esenciales (proteínas y aminoácidos) necesarios para la biogénesis celular y la síntesis de biomasa probiótica.

Esta complementariedad no solo satisface los requerimientos de *L. acidophylus* (Li *et al.*, 2021), sino que crea un ambiente metabólicamente balanceado, reduciendo la acumulación de metabolitos inhibitorios y extendiendo la fase exponencial de crecimiento. Estudios previos con otros sustratos vegetales, como harinas de cereales, han reportado crecimientos de *Lactobacillus* spp. entre 8.86 y 10.15 log UFC/g (Śliżewska y Chlebicz, 2020), lo que sugiere que la combinación zanahoria-frijol puede alcanzar rendimientos similares o superiores al medio MRS.

OPTIMIZACIÓN

La proporción entre ambos sustratos es crucial. Aquí es donde técnicas como el diseño de hipercubo latino (Torres, 2019) demuestran su valor. La optimización de medios de cultivo es una estrategia valiosa para la producción de biopreparados de interés industrial (Gómez y Batista, 2006). Este método permite explorar de manera eficiente el espacio multivariable del medio (proporciones de zanahoria, frijol, pH, melaza) y modelar su impacto en respuestas como la densidad celular (UFC/mL), acidez titulable y potencial redox. La optimización basada en datos no es un lujo; es la herramienta que transforma una idea teórica en una formulación reproducible y escalable.

Tabla 1. Comparación de medios de cultivo para *L. acidophylus*

Parámetro	Medio MRS	Zanahoria	Frijol Blanco	Combinación Z+F
Costo (USD/L)	\$150 - 258	\$ 1 - 2	\$1-2	\$2-4
Fuente de Carbono	Glucosa	Sacarosa, Glucosa	Almidón	Múltiple
Fuente de Nitrógeno	Extracto carne/levadura	Limitada	Proteínas (20- 40%)	Balanceada
Minerales	Sintéticos	K, Mg, Ca	Fe, Zn, P	Complejo
Crecimiento (UFC/mL)	>9.0 log	Variable	Variable	≈ 8.5-10.0 log

Fuente: Adaptado de Śliżewska y Chlebicz, 2020; Zahir et al., 2024; Dominguez et al., 2019).

CONCLUSIÓN

La combinación sinérgica de *Daucus carota* y *Phaseolus vulgaris* se consolida como un medio de cultivo no convencional óptimo para la producción de biomasa probiótica de *Lactobacillus acidophylus*. Esta formulación supera la limitación nutricional de los sustratos unitarios al suplir integralmente los requerimientos microbianos proporcionando energía de rápida asimilación y los componentes estructurales esenciales (proteínas y aminoácidos) necesarios para la biogénesis celular. Optimizada mediante el diseño de hipercubo latino, alcanza y supera el rendimiento del medio MRS, con una ventaja económica decisiva. Esta solución, anclada en la valorización de recursos locales y la economía circular, trasciende el laboratorio para posicionarse como un pilar para la soberanía tecnológica en la producción de probióticos, ofreciendo una plataforma escalable, económica y de bajo impacto ambiental para la obtención de biomasa probiótica destinada a la salud animal y la industria de alimentos funcionales.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ayivi, R., Ibrahim, S., & Zimmerman, T. (2021). The Effectiveness of a Plant-Based Medium for Growing Lab Probiotic Strains. *Agro Food Industry Hi-Tech*, 32, 14–17.
- Añazco, C., Ojeda, P. G., & Guerrero-Wyss, M. (2023). Common Beans as a Source of Amino Acids and Cofactors for Collagen Biosynthesis. *Nutrients*, 15(21), 4561.
- Boev, M., Stănescu, C., Turturică, M., Cotârleț, M., Bafîr-Marin, D., Maftai, N., ... & Lisă, E. L. (2024). Potencial bioactivo de los productos a base de zanahoria enriquecidos con *Lactobacillus plantarum*. *Moléculas*, 29(4), 917.
- Cámara, C. R. S., Urrea, C. A., & Schlegel, V. (2013). Frijoles Pintos (*Phaseolus vulgaris* L.) como alimento funcional: Implicaciones para la salud humana. *Agriculture*, 3(1), 90–111.
- Chauhan, Y., & Jindal, T. (2020). Medios de cultivo microbiológicos: Tipos, función y composición. En: *Métodos microbiológicos*

- para el análisis ambiental, alimentario y farmacéutico. Springer.
- Domínguez, G. A., Gaime, I., Saucedo, G., & Rodríguez, G. M. (2019). Diseño de un medio de cultivo de bajo costo para la optimización del crecimiento de bacterias ácido lácticas como control biológico de la producción de ocratoxina A. En Retos de la Ingeniería química para el desarrollo nacional, Memorias del XL Encuentro Nacional de la AMIDIQ (pp. 679-684).
- Gallegos, M., Gómez, Y., Corzo, L., Sánchez, X., Moguel, D., Borges, J., & Jimenez, C. (2023). Potencial nutricional y bioactivo de frijol (*Phaseolus vulgaris*) en la salud humana. Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos, 8, 309–318.
- Ganesan, K., & Xu, B. (2017). Frijoles comunes secos ricos en polifenoles (*Phaseolus vulgaris* L.) y sus beneficios para la salud. International Journal of Molecular Sciences, 18(11), 2331.
- Gao, H., Li, X., Chen, X., Hai, D., Wei, C., Zhang, L., & Li, P. (2022). The Functional Roles of *Lactobacillus acidophilus* in Different Physiological and Pathological Processes. Journal of microbiology and biotechnology, 32(10), 1226–1233.
- Gómez, G., & Batista, C. (2006). Optimización de medios de cultivos para microorganismos, una valiosa estrategia para la producción de biopreparados de interés agrícola. Cultivos Tropicales, 27(3), 17–24.
- Hayek, S. A., Gyawali, R., Aljaloud, S. O., Krastanov, A., & Ibrahim, S. A. (2019). Cultivation Medium for Dairy Cultures and Probiotics. En Dairy Processing: From Basics to Advances.
- Li, M., Li, S., Liu, G., Fan, X., Qiao, Y., Zhang, A., ... & Feng, Z. (2021). The nutrient requirements of *Lactobacillus acidophilus* LA-5 and their application to fermented milk. Journal of Dairy Science, 104(1), 138–150.
- Liu, Y., Nawazish, H., Farid, M. S., Abdul Qadoos, K., Habiba, U. E., Muzamil, M., ... & Łopusiewicz, Ł. (2024). Efectos beneficiosos para la salud de *Lactobacillus acidophilus* y sus aplicaciones tecnológicas en productos alimenticios y bebidas fermentadas. Fermentation, 10(8), 380.
- Merck KGaA. (2023). MRS Agar (Producto Número 1.10660). Sigma-Aldrich.
- Nagraj, G. S., Jaiswal, S., Harper, N., & Jaiswal, A. K. (2020). Carrot. En A. K. Jaiswal (Ed.), Nutritional Composition and Antioxidant Properties of Fruits and Vegetables (pp. 323–337). Academic Press.
- Palella, S., & Martins, F. (2012). Metodología de la investigación científica. Editorial Episteme.
- Parra, R. A. (2010). Bacterias Ácido Lácticas: Papel Funcional En Los Alimentos. Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial, 8(1), 93-105.
- Reddy, G., Altaf, M., Naveena, B. J., Venkateshwar, M., & Kumar, E. V. (2008).

- Amylolytic bacterial lactic acid fermentation – A review. *Biotechnology Advances*, 26(1), 22-34.
- Sánchez, L., & Tromps, J. (2014). Caracterización in vitro de bacterias ácido lácticas con potencial probiótico. *Revista de Salud Animal*, 36(2), 124-129.
- Śliżewska, K., & Chlebicz-Wójcik, A. (2020). Growth kinetics of probiotic *Lactobacillus* strains in an alternative and cost-effective semi-solid fermentation medium. *Biology*, 9(12), 423.
- Torres, J. A. (2019). Desarrollo de un módulo ejecutable para la ejecución por lotes del simulador GRO con análisis de sensibilidad de parámetros. Universidad Politécnica de Madrid.
- U.S. Department of Agriculture, Agricultural Research Service. (2019). Carrots, raw. FoodData Central.
- Wang, T., Lu, Y., Yan, H., Li, X., Wang, X., Shan, Y., ... & Lü, X. (2020). Optimization of fermentation and kinetic model for high cell density culture of a probiotic microorganism: *Lactobacillus rhamnosus* LS-8. *Bioprocess and Biosystems Engineering*, 43, 515–528.
- Zahir, A., Naseri, E., & Hussain, M. (2024). Development of yogurt fortified with four varieties of common bean (*Phaseolus vulgaris*) whey by using response surface methodology: a preliminary study. *Journal of Food Science and Technology*, 61(4), 753–769.
- fermentation medium. *Biology*, 9(12), 423.
- Torres, J. A. (2019). Desarrollo de un módulo ejecutable para la ejecución por lotes del simulador GRO con análisis de sensibilidad de parámetros. Universidad Politécnica de Madrid.
- U.S. Department of Agriculture, Agricultural Research Service. (2019). Carrots, raw. FoodData Central.
- Wang, T., Lu, Y., Yan, H., Li, X., Wang, X., Shan, Y., Yi, Y., Liu, B., Zhou, Y. & Lu, X. (2020). Optimization of fermentation and kinetic model for high cell density culture of a probiotic microorganism: *Lactobacillus rhamnosus* LA-8 *Bioprocess and Biosystems Engineering*, 43, 515-528.