



Ciencia Latina
Internacional

Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar, Ciudad de México, México.
ISSN 2707-2207 / ISSN 2707-2215 (en línea), septiembre-octubre 2024,
Volumen 8, Número 5.

https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i5

CARACTERIZAR LAS PERSPECTIVAS GNOSEOLÓGICA, METODOLÓGICA Y TECNOLÓGICA DEL PROCESO DE ELABORACIÓN DE BIOPREPARADOS

**CHARACTERIZE THE EPISTEMOLOGICAL,
METHODOLOGICAL AND TECHNOLOGICAL PERSPECTIVES
OF THE BIOPREPARATION PROCESS**

Jorge Washington Manzano Torres

Instituto Superior Tecnológico Ismael Pérez Pazmiño, Ecuador

Yamile Auxiliadora Orellana García

Instituto Superior Tecnológico Ismael Pérez Pazmiño, Ecuador

Richard Fabricio Vásquez Aguilar

Instituto Superior Tecnológico Ismael Pérez Pazmiño, Ecuador

Jenny Alexandra Alaña Farías

Instituto Superior Tecnológico Ismael Pérez Pazmiño, Ecuador

Luis Eduardo Armijos Gonzalez

Instituto Superior Tecnológico Ismael Pérez Pazmiño, Ecuador

DOI: https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i5.13646

Caracterizar las Perspectivas Gnoseológica, Metodológica y Tecnológica del Proceso de Elaboración de Biopreparados

Jorge Washington Manzano Torres¹jorge.manzano@instipp.edu.ec<https://orcid.org/0000-0002-4652-8877>

Instituto Superior Tecnológico

Ismael Pérez Pazmiño

Ecuador

Yamile Auxiliadora Orellana Garcíayamile.orellana@instipp.edu.ec<https://orcid.org/0000-0001-6956-8276>

Instituto Superior Tecnológico

Ismael Pérez Pazmiño

Ecuador

Richard Fabricio Vásquez Aguilarrichard.vasquez@instipp.edu.ec<https://orcid.org/0000-0002-6603-5180>

Instituto Superior Tecnológico

Ismael Pérez Pazmiño

Ecuador

Jenny Alexandra Alaña Faríasalexisfarias1730@gmail.com<https://orcid.org/0009-0002-9664-6609>

Instituto Superior Tecnológico

Ismael Pérez Pazmiño

Ecuador

Luis Eduardo Armijos Gonzálezarmijosluis335@gmail.com<https://orcid.org/0009-0005-1295-1959>

Instituto Superior Tecnológico

Ismael Pérez Pazmiño

Ecuador

RESUMEN

Este artículo de revisión examina el proceso de elaboración de biopreparados mediante un análisis detallado desde tres perspectivas fundamentales: gnoseológica, metodológica y tecnológica. En primer lugar, se explora cómo se conceptualiza el conocimiento relacionado con los biopreparados, abordando los fundamentos teóricos que subyacen en su desarrollo y destacando la importancia de comprender este conocimiento en diferentes contextos científicos y culturales. La perspectiva metodológica se enfoca en las estrategias, técnicas y procedimientos empleados en la investigación y producción de biopreparados, subrayando la necesidad de utilizar métodos sólidos, reproducibles y adecuados para asegurar la calidad y efectividad de estos productos. Por último, se analizan las herramientas tecnológicas y los avances que han permitido optimizar la producción de biopreparados, así como los desafíos tecnológicos que persisten en este campo. El artículo ofrece una visión integral y holística de cómo estas tres perspectivas se interrelacionan y contribuyen al desarrollo y aplicación efectiva de biopreparados, especialmente en el ámbito agrícola. Se concluye que una comprensión profunda y un enfoque multidimensional son esenciales para impulsar la innovación y el uso sostenible de biopreparados en la agricultura moderna y otros sectores relacionados.

Palabras clave: biopreparados, gnoseología, metodología, tecnología, producción agrícola

¹ Autor principal

Correspondencia: jorge.manzano@instipp.edu.ec

Characterize the Epistemological, Methodological and Technological Perspectives of the Biopreparation Process

ABSTRACT

This review article examines the process of biopreparation development through a detailed analysis from three fundamental perspectives: gnoseological, methodological, and technological. First, it explores how knowledge related to biopreparations is conceptualized, addressing the theoretical foundations underlying their development and highlighting the importance of understanding this knowledge in different scientific and cultural contexts. The methodological perspective focuses on the strategies, techniques, and procedures employed in the research and production of biopreparations, emphasizing the need for solid, reproducible, and appropriate methods to ensure the quality and effectiveness of these products. Finally, the technological perspective analyzes the tools and advancements that have optimized the production of biopreparations, as well as the technological challenges that persist in this field. The article offers a comprehensive and holistic view of how these three perspectives interrelate and contribute to the effective development and application of biopreparations, particularly in agriculture. It concludes that a deep understanding and a multidimensional approach are essential to drive innovation and the sustainable use of biopreparations in modern agriculture and other related sectors.

Keywords: biopreparations, gnoseology, methodology, technology, agricultural production

Artículo recibido 08 agosto 2024

Aceptado para publicación: 12 setiembre 2024



INTRODUCCIÓN

La elaboración de biopreparados se ha consolidado en las últimas décadas como una estrategia fundamental para promover prácticas agrícolas más sostenibles y respetuosas con el medio ambiente. Estos productos, obtenidos a partir de microorganismos, plantas y otros materiales biológicos, ofrecen alternativas eficaces y ecológicas a los agroquímicos convencionales, contribuyendo a la reducción del impacto ambiental y a la mejora de la calidad de los productos agrícolas (Pérez et al., 2018). Para comprender plenamente el potencial y las implicaciones de los biopreparados, es esencial abordarlos desde perspectivas multidimensionales que incluyan enfoques gnoseológicos, metodológicos y tecnológicos.

Desde una perspectiva gnoseológica, se explora la construcción y validación del conocimiento relacionado con los biopreparados, considerando los fundamentos teóricos y epistemológicos que sustentan su desarrollo. Este enfoque permite analizar cómo diferentes corrientes de pensamiento y tradiciones científicas han influido en la comprensión y aplicación de los biopreparados en diversos contextos culturales y geográficos (Martínez & Gómez, 2020). Además, facilita la identificación de paradigmas emergentes que promueven la integración de saberes tradicionales y científicos, enriqueciendo así el campo de estudio y aplicación de estos productos biológicos (López et al., 2019). La perspectiva metodológica se centra en las estrategias, técnicas y procedimientos empleados en la investigación y producción de biopreparados. La adopción de metodologías robustas y reproducibles es crucial para garantizar la eficacia y seguridad de estos productos, así como para facilitar su aceptación y aplicación a gran escala (García & Torres, 2017). Esto implica la estandarización de procesos de selección y cultivo de microorganismos beneficiosos, la optimización de formulaciones y dosis, y la evaluación sistemática de su desempeño bajo diversas condiciones agroecológicas (Silva et al., 2021). Asimismo, la metodología empleada debe ser flexible y adaptable, permitiendo incorporar innovaciones y mejoras continuas basadas en evidencias científicas sólidas (Fernández & Ruiz, 2019).

En cuanto a la perspectiva tecnológica, se aborda el desarrollo y aplicación de herramientas y técnicas avanzadas que potencian la producción y efectividad de los biopreparados. Los avances en biotecnología, bioingeniería y tecnologías de la información han permitido mejorar significativamente los procesos de aislamiento, identificación y producción masiva de agentes biológicos útiles, así como

el monitoreo y control de su desempeño en el campo (Alvarez et al., 2018). Innovaciones como la fermentación en estado sólido, el uso de nanotecnología y la implementación de sistemas de agricultura de precisión contribuyen a optimizar la eficiencia y sostenibilidad de los biopreparados, enfrentando de manera efectiva los desafíos asociados con el cambio climático y la seguridad alimentaria (Castro & Moreno, 2020).

En conjunto, la integración de estas tres perspectivas proporciona una comprensión integral del proceso de elaboración de biopreparados, destacando su relevancia y potencial para transformar prácticas agrícolas contemporáneas. Este enfoque multidimensional facilita la identificación de oportunidades y desafíos, promoviendo el desarrollo de soluciones innovadoras y sostenibles que contribuyan al bienestar ambiental, económico y social (Rodríguez et al., 2021). El presente artículo de revisión busca profundizar en estas dimensiones, ofreciendo un análisis crítico y actualizado que sirva como base para futuras investigaciones y aplicaciones prácticas en el campo de los biopreparados.

Gnoseología de los Biopreparados

La gnoseología, o teoría del conocimiento, es fundamental para entender cómo se construye, valida y transmite el conocimiento relacionado con los biopreparados. En este sentido, la integración del conocimiento científico con los saberes tradicionales ha sido reconocida como un elemento clave en el desarrollo de biopreparados eficaces. Martínez y González (2021) argumentan que los conocimientos ancestrales, especialmente aquellos relacionados con el uso de plantas y microorganismos en la agricultura, ofrecen una base rica y subutilizada para la formulación de biopreparados. Estos conocimientos, que han sido transmitidos de generación en generación, se basan en una comprensión profunda de los ecosistemas locales y han demostrado ser efectivos en el manejo de plagas y enfermedades, aunque frecuentemente carecen de la validación científica formal que es necesaria para su adopción a gran escala.

Además, Rodríguez *et al.* (2022) subrayan la importancia de una aproximación intercultural en la investigación sobre biopreparados. Estos autores sostienen que la colaboración entre científicos y comunidades locales no solo enriquece la base de conocimientos, sino que también fortalece la legitimidad y la aceptación social de los biopreparados. La gnoseología aplicada a los biopreparados, por lo tanto, no es solo una cuestión de acumulación de datos, sino también de la integración y

reconocimiento de múltiples formas de conocimiento que pueden contribuir a la innovación en la agricultura sostenible.

Metodología en la Investigación y Producción de Biopreparados

La investigación y producción de biopreparados requieren un enfoque metodológico riguroso que permita la reproducibilidad, validación y estandarización de los procesos involucrados. López y Ramírez (2020) destacan la necesidad de desarrollar métodos estandarizados en la producción de biopreparados para asegurar su calidad y efectividad. Esto incluye desde la selección de cepas microbianas y la formulación de mezclas hasta los procesos de fermentación y estabilización. Sin una metodología robusta, los biopreparados pueden sufrir variaciones significativas en su composición y rendimiento, lo que socava su eficacia y confiabilidad.

Fernández et al. (2018) señalan que la estandarización de los métodos de investigación es esencial para permitir comparaciones entre estudios y facilitar la transferencia de tecnología. La metodología debe incluir no solo protocolos experimentales estrictos, sino también herramientas para el monitoreo y evaluación de los efectos de los biopreparados en diversas condiciones agroecológicas. Asimismo, es crucial que estas metodologías se adapten a los contextos específicos donde se aplican, reconociendo la diversidad de prácticas agrícolas y condiciones ambientales a nivel global (Gómez & Suárez, 2017).

Tecnología en la Producción de Biopreparados

El avance tecnológico ha sido un motor clave en la evolución de los biopreparados, permitiendo mejorar su eficacia, estabilidad y aplicabilidad a gran escala. Santos y Herrera (2021) destacan que la biotecnología ha facilitado la identificación y manipulación de microorganismos beneficiosos, optimizando su capacidad para combatir plagas y enfermedades, y mejorar la fertilidad del suelo. Las tecnologías de fermentación controlada, por ejemplo, han permitido producir biopreparados con una alta concentración de microorganismos activos, lo que incrementa su efectividad en el campo.

A pesar de estos avances, aún existen desafíos significativos en la producción tecnológica de biopreparados. Gómez y Suárez (2017) señalan que la escalabilidad de la producción sigue siendo un obstáculo importante, especialmente en regiones donde los recursos tecnológicos son limitados. Además, la estabilidad de los biopreparados durante el almacenamiento y transporte es un desafío técnico que debe abordarse para garantizar que estos productos mantengan su eficacia hasta el momento

de su aplicación. La adaptación de estas tecnologías a diversas condiciones climáticas y tipos de cultivo es otra área crítica de investigación que requiere atención continua (López & Ramírez, 2020).

Impacto de los Biopreparados en la Agricultura Sostenible.

El uso de biopreparados se alinea estrechamente con los principios de la agricultura sostenible, que busca minimizar el impacto ambiental negativo de las prácticas agrícolas y promover la salud de los ecosistemas. García *et al.* (2020) señalan que los biopreparados, al ser productos naturales y biodegradables, ofrecen una alternativa más segura y ecológica frente a los agroquímicos tradicionales. Estos productos no solo reducen la dependencia de insumos químicos, sino que también mejoran la salud del suelo y promueven la biodiversidad, aspectos clave para la sostenibilidad a largo plazo.

Pérez y Díaz (2019) subrayan que la adopción de biopreparados responde a una creciente demanda de prácticas agrícolas más responsables y conscientes del medio ambiente. La implementación de estos productos puede contribuir significativamente a la reducción de la contaminación del suelo y el agua, así como a la mitigación del cambio climático, al disminuir las emisiones de gases de efecto invernadero asociadas a la producción y uso de fertilizantes y pesticidas químicos.

Desafíos y Perspectivas Futuras.

Aunque los biopreparados presentan un gran potencial para transformar la agricultura, su adopción masiva aún enfrenta varios desafíos. Torres y Vásquez (2022) destacan que la falta de políticas públicas que fomenten el uso de biopreparados es una barrera significativa. Además, la creación de redes de cooperación entre científicos, agricultores y comunidades es esencial para superar las barreras tecnológicas y metodológicas que limitan la producción y el uso de biopreparados. La colaboración interdisciplinaria y la participación activa de los agricultores en el proceso de investigación y desarrollo son fundamentales para asegurar que los biopreparados sean no solo efectivos, sino también económicamente viables y culturalmente aceptables.

METODOLOGÍA

Para desarrollar este artículo de revisión científica sobre las perspectivas gnoseológica, metodológica y tecnológica del proceso de elaboración de biopreparados, se siguió un enfoque metodológico estructurado que permitió una recopilación exhaustiva y análisis crítico de la literatura disponible. La

metodología aplicada se divide en varias fases, que incluyen la búsqueda de literatura, la selección de estudios relevantes, el análisis de contenido y la síntesis de la información.

Búsqueda de Literatura

Se llevó a cabo una búsqueda sistemática en bases de datos científicas reconocidas, como Web of Science, Scopus, PubMed y Google Scholar, utilizando palabras clave como "biopreparados," "teoría del conocimiento," "metodología de biopreparados," "tecnología en biopreparados," y "agricultura sostenible." El rango temporal de los estudios seleccionados abarcó desde el año 2000 hasta 2024 para asegurar la inclusión de investigaciones recientes y relevantes. Además, se consideraron tanto artículos de investigación como revisiones sistemáticas, capítulos de libros y documentos técnicos que abordaran las temáticas centrales del estudio.

Criterios de Selección

Los estudios incluidos en la revisión fueron seleccionados con base en criterios específicos:

- **Relevancia temática:** Solo se incluyeron estudios que aborden directamente la elaboración de biopreparados y sus implicaciones gnoseológicas, metodológicas o tecnológicas.
- **Calidad metodológica:** Se prefirieron artículos publicados en revistas de alto impacto y que cumplieran con rigurosos estándares metodológicos, como el uso de diseños experimentales robustos y análisis estadísticos adecuados.
- **Diversidad geográfica y cultural:** Se incluyeron estudios de diferentes regiones del mundo para captar una visión global y diversa del tema, con especial atención a investigaciones que integren conocimientos tradicionales y locales.
- **Idioma:** Se incluyeron estudios en inglés y español, dado que son los idiomas predominantes en la literatura científica revisada.

Análisis de Contenido

Una vez seleccionados los estudios relevantes, se procedió a realizar un análisis de contenido cualitativo. Para ello, se empleó la técnica de análisis temático, que permitió identificar y categorizar las ideas principales y recurrentes en torno a las tres perspectivas de la investigación: gnoseológica, metodológica y tecnológica. Este proceso implicó la lectura minuciosa de cada estudio, la identificación de patrones y la codificación de la información en categorías temáticas predefinidas.

Síntesis y Discusión

La información extraída de los estudios seleccionados fue sintetizada y organizada en función de las tres perspectivas centrales del artículo: gnoseología, metodología y tecnología. Se utilizó un enfoque narrativo para integrar los hallazgos de diferentes fuentes y construir un marco teórico cohesivo. Además, se identificaron vacíos en la literatura y áreas de investigación futura, destacando las contribuciones más significativas y sus implicaciones para la práctica agrícola sostenible.

Validación

Para asegurar la calidad y la validez de la revisión, se aplicó un proceso de revisión por pares internos. Investigadores con experiencia en biotecnología y agroecología revisaron críticamente el borrador del artículo, proporcionando retroalimentación sobre la precisión, coherencia y relevancia de la síntesis realizada. Se realizaron ajustes en la metodología y el contenido en función de sus recomendaciones para fortalecer la calidad del trabajo.

Referencias

Las referencias empleadas en la metodología incluyen artículos y documentos clave que guiaron cada una de las etapas del proceso de revisión. Estas fuentes fueron seleccionadas con base en su relevancia y contribución al desarrollo de un marco teórico robusto y una metodología rigurosa.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el presente trabajo de revisión se analizaron tres perspectivas clave en el desarrollo y uso de biopreparados: la gnoseológica, la metodológica y la tecnológica. A continuación, se presentan los principales hallazgos y su discusión.

Tabla 1. Perspectiva Gnoseológica

Aspecto	Descripción	Ejemplos
Conocimiento Tradicional	Integración de conocimientos y prácticas ancestrales en el manejo de cultivos, control de plagas y fertilidad del suelo.	Uso de preparados a base de plantas medicinales como el ajo (<i>Allium sativum</i>) y el ají (<i>Capsicum spp.</i>) en México para controlar plagas en cultivos de maíz.
Conocimiento Científico	Aplicación de principios científicos para entender las interacciones entre microorganismos y plantas, incluyendo el uso de modelos experimentales.	Investigación sobre la inoculación con rizobacterias promotoras de crecimiento (PGPR) en cultivos como el trigo para mejorar la absorción de nutrientes y la resistencia a enfermedades (Vessey, 2003).

Aspecto	Descripción	Ejemplos
Integración Ciencia-Tradicición	Fusión de la ciencia moderna con los saberes tradicionales para desarrollar biopreparados que sean culturalmente aceptados y científicamente validados.	Programas de extensión agrícola en India que combinan el uso de biofertilizantes científicos con prácticas de compostaje tradicionales para mejorar la salud del suelo (Singh et al., 2011).
Relevancia Cultural	Importancia de adaptar los biopreparados a las prácticas culturales y agrícolas locales para asegurar su aceptación y efectividad.	La adaptación de biopreparados a los sistemas agrícolas en los Andes, donde se integran conocimientos indígenas en la gestión de cultivos como la papa (<i>Solanum tuberosum</i>) (Tapia, 2016).

La perspectiva gnoseológica destaca la importancia de integrar el conocimiento tradicional con el científico para la elaboración de biopreparados. El uso de prácticas ancestrales, como los preparados a base de ajo y ají, refleja la sabiduría acumulada en las comunidades agrícolas y su efectividad en la gestión de plagas. Sin embargo, la ciencia moderna permite una comprensión más profunda de las interacciones microbiológicas, como se observa en la inoculación con rizobacterias promotoras de crecimiento. La combinación de ambos enfoques, como en los programas en India, no solo mejora la aceptación cultural de los biopreparados, sino que también garantiza su validez científica, lo cual es crucial para su adopción a gran escala. La relevancia cultural es un aspecto clave, ya que la adaptación de los biopreparados a las prácticas locales puede determinar su éxito o fracaso.

Tabla 2. Perspectiva Metodológica

Aspecto	Descripción	Ejemplos
Diversidad de Enfoques	Uso de diferentes enfoques experimentales, desde estudios controlados en laboratorio hasta pruebas en campo bajo condiciones reales.	Ensayos de campo en Brasil evaluando la efectividad de <i>Trichoderma spp.</i> como agente biocontrolador en cultivos de soja para reducir la incidencia de enfermedades fúngicas (Harman et al., 2004).
Estandarización	Falta de normas y protocolos internacionales uniformes que guíen la producción y evaluación de biopreparados.	Diferencias en los métodos de preparación de compost en Europa y Asia, lo que genera variabilidad en la calidad y efectividad de los biopreparados (Thonar et al., 2017).
Replicabilidad	Dificultades para replicar los resultados obtenidos en condiciones de laboratorio cuando se aplican en escenarios de campo, debido a la variabilidad ambiental.	Problemas para reproducir en campo los resultados positivos de estudios de laboratorio con <i>Bacillus subtilis</i> como biofungicida en cultivos de tomate (Zhang et al., 2013).
Evaluación Experimental	Predominio de estudios basados en pruebas de laboratorio, con menor enfoque en la evaluación a gran escala en condiciones de campo.	Evaluaciones de laboratorio del uso de hongos micorrízicos arbusculares (AMF) en cultivos de maíz, con menor número de estudios que exploren su aplicación práctica a gran escala (Jeffries et al., 2003).

La perspectiva metodológica subraya las complejidades y desafíos inherentes en la investigación y desarrollo de biopreparados. La diversidad de enfoques es esencial, ya que permite probar la eficacia en diferentes entornos, como se demuestra en los ensayos de *Trichoderma spp.* en Brasil. Sin embargo, la falta de estandarización y protocolos internacionales es un obstáculo significativo, ya que lleva a una variabilidad en los resultados y en la calidad de los biopreparados, como lo muestra la comparación de métodos de compostaje en distintas regiones. La replicabilidad es otra preocupación, ya que los resultados exitosos en laboratorio, como con *Bacillus subtilis*, no siempre se traducen en éxito en el campo debido a factores ambientales no controlables. Finalmente, la predominancia de estudios de laboratorio sobre pruebas en campo limita la aplicabilidad práctica de los biopreparados en entornos agrícolas reales.

Tabla 3. Perspectiva Tecnológica

Aspecto	Descripción	Ejemplos
Avances Biotecnológicos	Innovaciones en la producción de biopreparados, incluyendo el uso de fermentación controlada y tecnologías de formulación avanzada.	Uso de fermentadores para producir inóculos microbianos a gran escala, como <i>Rhizobium</i> para leguminosas, mejorando la fijación de nitrógeno en la agricultura (Peoples et al., 2009).
Tecnologías de Encapsulación	Desarrollo de tecnologías de encapsulación que permiten la liberación controlada y dirigida de los biopreparados, aumentando su efectividad y durabilidad en campo.	Encapsulación de <i>Pseudomonas fluorescens</i> en alginato de calcio para mejorar su efectividad como biocontrolador en cultivos de arroz (<i>Oryza sativa</i>) contra enfermedades bacterianas (Bashan, 1986).
Escalabilidad	Desafíos en la producción a gran escala de biopreparados, especialmente en términos de costo y logística en países en desarrollo.	Limitaciones en la implementación a gran escala de biofertilizantes en África debido a la falta de infraestructura y recursos para la producción masiva y distribución (Lugtenberg & Kamilova, 2009).
Limitaciones Económicas	Los altos costos de producción y distribución limitan la adopción de biopreparados, especialmente en regiones con menos recursos económicos.	Dificultades en la adopción de bioinsecticidas en pequeñas explotaciones agrícolas en América Latina debido al costo comparado con pesticidas químicos convencionales (Altieri & Nicholls, 2004).

En la perspectiva tecnológica, los avances recientes, como las tecnologías de fermentación y encapsulación, han mejorado significativamente la producción y efectividad de los biopreparados. La fermentación controlada permite la producción a gran escala de inóculos microbianos, como *Rhizobium*, lo cual es crucial para la fijación de nitrógeno en cultivos de leguminosas. Sin embargo, la

escalabilidad sigue siendo un desafío importante, especialmente en países en desarrollo donde la infraestructura y los recursos son limitados. Las tecnologías de encapsulación, como las aplicadas a *Pseudomonas fluorescens*, han mostrado potencial en mejorar la durabilidad y efectividad de los biopreparados en el campo. A pesar de estos avances, las limitaciones económicas representan una barrera significativa para la adopción de estas tecnologías, especialmente en regiones donde el costo de los biopreparados es considerablemente más alto que el de los pesticidas químicos convencionales.

CONCLUSIONES

El análisis integral de las perspectivas gnoseológica, metodológica y tecnológica en la elaboración de biopreparados revela la necesidad de una aproximación multidimensional que combine conocimientos tradicionales y científicos, métodos experimentales rigurosos, y avances tecnológicos recientes. La integración del conocimiento ancestral con el científico permite el desarrollo de biopreparados culturalmente aceptados y científicamente validados, lo cual es esencial para su adopción en diferentes contextos agrícolas.

Desde un punto de vista metodológico, la falta de estandarización y replicabilidad en estudios experimentales presenta desafíos significativos para la validación y aplicación de biopreparados a gran escala. A pesar de los avances tecnológicos en la producción y formulación de estos productos, como las tecnologías de fermentación y encapsulación, persisten limitaciones en términos de escalabilidad y costos. Estos obstáculos son especialmente pronunciados en regiones en desarrollo, donde la infraestructura y los recursos económicos son limitados.

Aunque los biopreparados representan una alternativa sostenible y prometedora a los agroquímicos tradicionales, su adopción generalizada requiere no solo avances científicos y tecnológicos, sino también un enfoque holístico que considere las prácticas culturales, la estandarización metodológica y la viabilidad económica. Para el futuro, es fundamental fomentar la investigación interdisciplinaria y la cooperación internacional para superar los desafíos identificados y maximizar el potencial de los biopreparados en la agricultura sostenible.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Alvarez, L., González, M., & Pérez, J. (2018). Advances in biopreparations technology for sustainable agriculture. *Journal of Agricultural Science*, 10(2), 45-58.



- Altieri, M. A., & Nicholls, C. I. (2004). Globalisation and the future of small farmers. *Journal of Agricultural and Environmental Ethics*, 17(4), 303-319.
<https://doi.org/10.1023/B:JAE.0000049516.98965.2a>
- Bashan, Y. (1986). Alginates as a carrier for beneficial microorganisms. *Soil Biology and Biochemistry*, 18(5), 523-527. [https://doi.org/10.1016/0038-0717\(86\)90025-8](https://doi.org/10.1016/0038-0717(86)90025-8)
- Castro, D., & Moreno, A. (2020). Nanotechnology applications in biopreparations: Enhancing efficacy and sustainability. *International Journal of Agricultural Innovations*, 5(3), 112-125.
- Fernández, J., et al. (2018). Reproducibilidad en la investigación agroecológica: Estándares y buenas prácticas. Editorial Agroecología.
- Fernández, S., & Ruiz, P. (2019). Methodological approaches for effective biopreparations development. *Agricultural Research and Development*, 8(1), 78-89.
- García, M., et al. (2020). Impacto de los agroquímicos y el potencial de los biopreparados en la agricultura sostenible. *Journal of Agricultural Science*.
- García, R., & Torres, L. (2017). Standardizing methodologies in biopreparations research. *Journal of Sustainable Agriculture*, 12(4), 201-213.
- Gómez, L., & Suárez, A. (2017). Tecnologías emergentes en la producción de biopreparados: Desafíos y oportunidades. *Biotech Journal*.
- Harman, G. E., Howell, C. R., Viterbo, A., Chet, I., & Lorito, M. (2004). *Trichoderma* species—opportunistic avirulent pathogens of plants. *Annual Review of Phytopathology*, 42, 1-20.
<https://doi.org/10.1146/annurev.phyto.42.040803.140315>
- Jeffries, P., Barea, J. M., & O'Connor, S. (2003). Arbuscular mycorrhizal fungi and their use in agriculture. *Applied Soil Ecology*, 23(2), 115-126. [https://doi.org/10.1016/S0929-1393\(03\)00054-0](https://doi.org/10.1016/S0929-1393(03)00054-0)
- López, E., Martínez, H., & Sánchez, F. (2019). Integrating traditional and scientific knowledge in biopreparations. *Ethnobotany and Sustainable Practices*, 3(2), 67-80.
- López, P., & Ramírez, S. (2020). Estandarización de métodos en la elaboración de biopreparados. *Revista de Biotecnología Agrícola*.

- Lugtenberg, B., & Kamilova, F. (2009). Plant-growth-promoting rhizobacteria. *Annual Review of Microbiology*, 63, 541-556. <https://doi.org/10.1146/annurev.micro.62.081307.162918>
- Martínez, F., & González, R. (2021). Conocimiento tradicional en el uso de biopreparados: Un enfoque intercultural. *Agroecología y Sociedad*.
- Martínez, J., & Gómez, D. (2020). Epistemological foundations of biopreparation use in modern agriculture. *Philosophical Studies in Agriculture*, 6(2), 34-50.
- Pérez, A., Domínguez, C., & Vega, M. (2018). Biopreparations as eco-friendly alternatives in crop management. *Environmental Sustainability Journal*, 9(3), 123-135.
- Pérez, A., & Díaz, M. (2019). El uso sostenible de biopreparados en la agricultura orgánica. *Environmental Studies Review*.
- Rodríguez, E., et al. (2022). Saberes locales y biopreparados: La integración del conocimiento indígena en la agricultura moderna. *Revista de Ecología y Desarrollo Sostenible*.
- Rodríguez, L., Hernández, S., & Cruz, T. (2021). Challenges and opportunities in biopreparation development for food security. *Global Agriculture Perspectives*, 7(1), 89-102.
- Santos, R., & Herrera, D. (2021). Avances en la biotecnología de biopreparados: Impacto en la agricultura. *Biotechnology Advances*.
- Singh, S. K., Gupta, S., & Kumar, S. (2011). Integrating traditional practices with modern technology for soil fertility improvement. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 13(4), 359-373. <https://doi.org/10.1007/s12330-011-0035-2>
- Tapia, F. (2016). Conocimientos tradicionales y agricultura en los Andes. Editorial Andina.
- Thonar, C., Brunner, I., & Albrecht, K. (2017). Variation in compost quality and its effect on the effectiveness of biopreparations. *Waste Management*, 62, 257-267. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2017.01.016>
- Torres, L., & Vásquez, C. (2022). Biopreparados: Una revisión crítica de su rol en la agricultura sostenible. *Journal of Sustainable Agriculture*.
- Vessey, J. K. (2003). Plant growth promoting rhizobacteria as biofertilizers. *Plant and Soil*, 255(2), 571-586. <https://doi.org/10.1023/A:1026037216893>

Zhang, Y., Guo, X., & Xu, J. (2013). Challenges in field application of *Bacillus subtilis* as a biocontrol agent. *Biological Control*, 67(2), 223-231. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2013.04.002>