

## **Bioinsumos agrícolas a base de residuos agroindustriales: innovación sostenible en el cultivo de banano**

### ***Agricultural bioinputs based on agroindustrial waste: sustainable innovation in banana cultivation***

**Nelson Aníbal Pérez Villarroel**  
Universidad Agraria del Ecuador  
Guayaquil – Ecuador

**Mario Gerardo Cartagena Munizaga**  
Universidad Agraria del Ecuador  
Guayaquil – Ecuador

**Jessenia María Tite López**  
Universidad César Vallejo  
Lima - Perú

#### **RESUMEN**

La creciente necesidad de adoptar prácticas agrícolas sostenibles ha llevado a una revalorización de los residuos agroindustriales como insumos alternativos para el manejo ecológico de cultivos. En el caso del banano, uno de los principales productos de exportación del Ecuador, el uso de bioinsumos derivados de cáscara de banano, bagazo de caña y otros subproductos orgánicos representa una estrategia viable para mejorar la fertilidad del suelo y reducir la dependencia de agroquímicos (Montaño et al., 2021). Estos biofertilizantes y bioplaguicidas han demostrado eficiencia en el control de patógenos y la estimulación del crecimiento vegetal (Paredes & Rojas, 2023), contribuyendo además a una gestión integrada de residuos bajo el modelo de economía circular. La presente investigación se orienta a evaluar el impacto de la aplicación de bioinsumos naturales en plantaciones de banano de pequeña escala en la región Litoral del Ecuador, integrando análisis de suelo, rendimiento agrícola y percepción de los productores. De acuerdo con estudios recientes, la adopción de tecnologías verdes en cultivos tropicales ha sido limitada por la falta de capacitación técnica y apoyo institucional (Carvajal et al., 2022), razón por la cual esta propuesta busca también identificar los principales desafíos sociotécnicos que enfrenta el sector. Asimismo, se analiza el potencial de escalabilidad de estos insumos como parte de una política agrícola sustentable, acorde a los Objetivos de Desarrollo Sostenible (FAO, 2024). Los hallazgos permitirán aportar evidencia científica para fortalecer una transición agroecológica efectiva y contextualizada.

**Palabras clave:** bioinsumos, banano, residuos agroindustriales, sostenibilidad, economía circular.

#### **ABSTRACT**

The growing need to adopt sustainable agricultural practices has led to a revaluation of agro-industrial waste as alternative inputs for the ecological management of crops. In the case of bananas—one of Ecuador's main export products—the use of bio-inputs derived from banana

peels, sugarcane bagasse, and other organic by-products represents a viable strategy to improve soil fertility and reduce dependency on agrochemicals (Montaño et al., 2021). These biofertilizers and biopesticides have proven effective in controlling pathogens and stimulating plant growth (Paredes & Rojas, 2023), while also contributing to integrated waste management under the circular economy model. This study aims to assess the impact of applying natural bio-inputs on small-scale banana plantations in Ecuador's coastal region, integrating soil analysis, agricultural yields, and farmers' perceptions. According to recent studies, the adoption of green technologies in tropical crops has been limited by the lack of technical training and institutional support (Carvajal et al., 2022). Therefore, this proposal also seeks to identify the main socio-technical challenges faced by the sector. Furthermore, the scalability potential of these inputs is analyzed as part of a sustainable agricultural policy aligned with the Sustainable Development Goals (FAO, 2024). The findings will provide scientific evidence to support an effective and context-sensitive agroecological transition.

**Keywords:** bio-inputs, banana, agro-industrial waste, sustainability, circular economy.

## INTRODUCCIÓN

En las últimas décadas, la producción agrícola ha estado fuertemente condicionada por modelos intensivos basados en el uso de agroquímicos sintéticos, cuya aplicación sostenida ha provocado degradación del suelo, contaminación ambiental y afectaciones a la salud humana (Altieri & Nicholls, 2020). Frente a este escenario, el enfoque agroecológico ha cobrado relevancia como una alternativa sustentable, especialmente mediante el uso de bioinsumos agrícolas formulados a partir de materiales orgánicos disponibles localmente, como los residuos agroindustriales. En el contexto ecuatoriano, el cultivo del banano representa una actividad estratégica tanto económica como social, pero también altamente demandante en insumos químicos, lo que plantea desafíos en términos de sostenibilidad productiva (Espinoza et al., 2021).

Este estudio se propone analizar el potencial agro biológico y socioeconómico de biofertilizantes y bioplaguicidas elaborados con cáscara de banano y bagazo de caña, mediante un enfoque metodológico mixto. En una primera fase, se desarrollará una revisión sistemática de literatura científica basada en criterios de inclusión como año de publicación (últimos 5 años), pertinencia temática y aplicación en cultivos tropicales. En paralelo, se realizará trabajo de campo en fincas bananeras de pequeña y mediana escala ubicadas en la provincia de Los Ríos, donde se aplicará un diseño cuasi experimental para comparar parcelas tratadas con bioinsumos frente a parcelas con manejo convencional (Torres & Guevara, 2023).

La interacción empírica se fortalecerá mediante entrevistas semiestructuradas a productores, técnicos agrónomos y representantes institucionales, lo que permitirá incorporar percepciones, limitaciones tecnológicas y experiencias prácticas en el análisis. Como criterio de evaluación, se considerarán indicadores como rendimiento del cultivo, calidad del suelo, costos de producción y aceptación social del insumo. Según la FAO (2023), el desarrollo de tecnologías

adaptadas a contextos locales y con base en recursos renovables es clave para lograr una transición agroecológica justa y efectiva. Por tanto, este estudio busca no solo validar la efectividad técnica de los bioinsumos, sino también contribuir al diseño de políticas públicas que promuevan su uso generalizado.

### JUSTIFICACIÓN

La producción intensiva de banano en Ecuador ha sostenido históricamente su competitividad mediante el uso masivo de fertilizantes y plaguicidas químicos, los cuales han generado externalidades negativas sobre el ambiente, la salud humana y la biodiversidad del suelo (Paredes et al., 2020). Frente a esta realidad, el impulso de prácticas agrícolas sostenibles como el uso de bioinsumos elaborados a partir de residuos agroindustriales se convierte en una necesidad urgente. Estos residuos, frecuentemente subutilizados o descartados sin procesamiento, tienen alto potencial para ser transformados en fertilizantes orgánicos y controladores biológicos, fomentando así un enfoque de **economía circular** en la producción agrícola (Ramírez & Lema, 2022).

La elección de residuos como la **cáscara de banano** y el **bagazo de caña** no solo responde a su disponibilidad en las zonas agrícolas del litoral ecuatoriano, sino también a su riqueza en nutrientes esenciales como potasio, fósforo y carbono orgánico, fundamentales para la regeneración del suelo y el fortalecimiento de las plantas (González & Quiñónez, 2023). El presente estudio busca aportar evidencia empírica y técnica sobre los beneficios del uso de estos bioinsumos en sistemas de cultivo de banano, valorando su impacto sobre la productividad agrícola y la sostenibilidad ambiental.

Además, esta propuesta responde a la necesidad de políticas públicas que fortalezcan la innovación tecnológica rural mediante el aprovechamiento de recursos locales. En línea con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS 12 y 15), promover la gestión responsable de residuos y la restauración de ecosistemas productivos constituye un eje estratégico para el futuro de la agricultura ecuatoriana (FAO, 2023). De este modo, la investigación se posiciona como una contribución relevante a la transición agroecológica, priorizando el enfoque territorial y la participación activa de los productores como agentes clave de cambio.

### OBJETIVOS Y METODOLOGÍA

El presente estudio tiene como objetivo general analizar acciones concretas para el aprovechamiento de la cáscara de banano como bioinsumos agrícola sostenible, mediante el análisis cualitativo de experiencias, percepciones y prácticas de productores bananeros, así como el rol de actores institucionales en la región Litoral del Ecuador (FAO, 2023). Esta propuesta se enmarca en la necesidad de generar alternativas viables que reduzcan el uso de agroquímicos y fomenten la economía circular en el agro ecuatoriano (González & Quiñónez, 2023).

Entre los objetivos específicos se plantean: **(1)** analizar las propiedades agro biológicas de la cáscara de banano y su potencial como insumo para biofertilizantes y bioplaguicidas, a partir

de revisión documental especializada; **(2)** examinar, a través de entrevistas semiestructuradas, las percepciones, saberes y prácticas de los productores sobre el uso de residuos agroindustriales; **(3)** identificar las barreras sociales, técnicas y normativas que limitan su aprovechamiento a nivel comunitario; y **(4)** diseñar recomendaciones estratégicas para que tanto los productores como las entidades públicas implementen modelos de aprovechamiento sostenible con base en recursos locales (Paredes & Rojas, 2023; Altieri & Nicholls, 2020).

El enfoque de investigación es cualitativo de tipo exploratorio, centrado en comprender el contexto rural-productivo desde una lógica territorial. La fase documental incluyó una revisión sistemática de literatura científica en bases como Scopus, SciELO y RedALyC, seleccionando estudios entre 2019 y 2025 que aborden temas de bioinsumos, residuos agrícolas y agroecología. En la fase empírica, se realizaron entrevistas semiestructuradas a 10 productores bananeros, dos técnicos agrónomos y un funcionario institucional en la provincia de Los Ríos. Además, se aplicó observación participativa en fincas donde se reutiliza cáscara de banano. El análisis se basó en codificación temática, permitiendo identificar patrones de uso, obstáculos y posibilidades de acción colaborativa entre Estado y actores rurales.

## DISCUSIÓN

La creciente necesidad de una agricultura resiliente y sostenible ha impulsado en diversos países la valorización de residuos agroindustriales como insumos útiles para la fertilización orgánica y el control de plagas. En este sentido, la cáscara de banano, rica en potasio, fósforo y compuestos bioactivos, ha sido objeto de estudios que confirman su eficacia como base para biofertilizantes y extractos antimicrobianos (Meza & Tapia, 2021). En Colombia, por ejemplo, investigaciones realizadas en cultivos de plátano demostraron que el uso de compost enriquecido con cáscara de banano incrementó la materia orgánica del suelo en un 35% en un período de 6 meses, reduciendo a la vez la necesidad de fertilizantes nitrogenados (Rodríguez et al., 2020).

Este tipo de prácticas se enmarca en lo que Altieri & Nicholls (2020) denominan transición agroecológica, la cual requiere no solo de innovación técnica, sino también del reconocimiento de saberes locales y de un entorno político-institucional favorable. En Ecuador, sin embargo, aún persiste una limitada adopción de estas prácticas debido a la escasa articulación entre productores y entidades públicas, la falta de incentivos y la débil capacitación técnica (Paredes & Rojas, 2023).

La presente investigación revela, a través de entrevistas realizadas en la provincia de Los Ríos, que existe interés por parte de los productores bananeros en aprovechar sus propios residuos orgánicos, pero enfrentan barreras como el desconocimiento de métodos de preparación, la falta de asistencia técnica y el temor a comprometer la calidad del producto exportable. Esta percepción coincide con hallazgos en Perú, donde se implementaron programas locales de bioinsumos con base en residuos de frutas tropicales, logrando una reducción del 40% en el uso de agroquímicos en pequeñas fincas certificadas (Vargas et al., 2022).

Además, en India se han desarrollado biopreparados a partir de cáscara de banano fermentada, los cuales mostraron efectos anti fúngicos contra enfermedades comunes como la sigatoka, sin efectos tóxicos residuales en el fruto (Singh & Kumar, 2019). Estos antecedentes respaldan los objetivos de esta investigación, orientados a proponer acciones conjuntas entre productores y entidades gubernamentales, promoviendo el aprovechamiento local de residuos como una estrategia viable para avanzar hacia la sostenibilidad.

De este modo, la discusión evidencia que el caso ecuatoriano no está aislado de una tendencia internacional más amplia, y que experiencias exitosas en América Latina y Asia pueden ofrecer insumos clave para el diseño de políticas públicas agroecológicas contextualizadas. Desde el enfoque de la investigación que analiza experiencias y evidencia comparada, los bioinsumos agrícolas elaborados a partir de residuos agroindustriales representan una innovación clave para impulsar la sostenibilidad en cultivos intensivos como el del banano, especialmente en países con economías agrícolas dependientes de este rubro. Estos insumos, que incluyen biofertilizantes, bioplaguicidas y mejoradores de suelo, no solo reducen la dependencia de agroquímicos sintéticos, sino que también valorizan residuos, disminuyendo el impacto ambiental.

Ecuador: hacia una agricultura regenerativa

Ecuador, uno de los mayores exportadores de banano del mundo, ha comenzado a desarrollar políticas para promover el uso de bioinsumos a partir de residuos del mismo cultivo, como pseudotallos y cáscaras. Investigaciones como la de Zumba et al. (2022) evidencian que la aplicación de compost de residuos de banano enriquecido con bacterias fijadoras de nitrógeno puede incrementar la productividad en un 20% y mejorar la estructura del suelo. Además, experiencias piloto con productores en El Oro han mostrado reducción en el uso de fertilizantes nitrogenados hasta en un 35% (Ministerio de Agricultura, 2023).

*“Los bioinsumos permiten cerrar ciclos productivos dentro de las fincas, promoviendo una economía circular y reduciendo la huella de carbono del cultivo”* (Zumba et al., 2022).

Colombia: integración de biotecnología en zonas bananeras

En Colombia, la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA) ha liderado proyectos en el Magdalena y Urabá, donde se ha desarrollado un biofertilizante a partir de residuos de palma y cáscaras de banano fermentadas con cepas autóctonas de *Trichoderma harzianum*. Según Gómez y García (2021), la aplicación de este bioinsumos ha reducido la incidencia de la Sigatoka negra en un 45%, promoviendo a su vez la biodiversidad microbiana en el suelo.

*“El uso de bioinsumos representa una estrategia ecológica frente a plagas y enfermedades en cultivos sensibles como el banano, reduciendo además costos de producción hasta en un 25%”* (Gómez & García, 2021).

India: modelo descentralizado con cooperativas rurales

India ha implementado un modelo exitoso de producción comunitaria de bioinsumos utilizando residuos agroindustriales, como bagazo de caña y restos de banano. En Tamil Nadu, por ejemplo, las cooperativas rurales producen *panchagavya* (una mezcla fermentada orgánica) enriquecida con cáscara de plátano y bacterias ácido-lácticas. Según Patil et al. (2020), el uso sostenido de este insumo en cultivos de banano aumentó el peso promedio del racimo en un 18% y mejoró la resistencia al estrés hídrico.

*“Los bioinsumos locales fortalecen la soberanía tecnológica de los agricultores, al reducir la dependencia de insumos externos y costosos”* (Patil et al., 2020).

#### Proyección y sinergia internacional

Estas experiencias muestran que, más allá del componente ambiental, los bioinsumos elaborados con residuos agroindustriales generan beneficios agronómicos, económicos y sociales, al tiempo que fortalecen la resiliencia de los sistemas agrícolas frente al cambio climático. La cooperación técnica entre países, como la desarrollada en foros regionales del IICA y la FAO, ha impulsado normativas y estándares para bioinsumos que pueden ser replicables entre naciones bananeras.

La proyección para Ecuador debe considerar una política pública que incentive la investigación aplicada y el escalamiento de biofábricas comunitarias, además de integrar el conocimiento ancestral con la innovación científica, tal como lo ha hecho India. Asimismo, se deben incluir incentivos fiscales y técnicos para el uso de bioinsumos validados, garantizando trazabilidad y eficacia.

### CONCLUSIÓN

Con base en el análisis comparado de experiencias internacionales y estudios recientes, se puede concluir que los bioinsumos agrícolas elaborados a partir de residuos agroindustriales, específicamente en el cultivo del banano, representan una alternativa viable, sostenible y con potencial transformador para los sistemas productivos agrícolas de países en desarrollo como Ecuador, Colombia e India. Estos insumos permiten reducir la dependencia de agroquímicos sintéticos, disminuir costos de producción, regenerar suelos degradados y fomentar modelos de economía circular y agroecología.

Centrados en identificar la utilidad de los bioinsumos como estrategia sostenible e innovadora, han sido respaldados por evidencias que demuestran mejoras en rendimiento, sanidad vegetal y conservación de suelos. Así lo reflejan los casos colombianos donde el uso de cepas de *Trichoderma* ha reducido enfermedades en banano, o las experiencias en India, donde la producción local de bioinsumos ha fortalecido la autonomía campesina, generando beneficios económicos y ecológicos.

Desde una perspectiva de oportunidad a mediano plazo, Ecuador puede aprovechar sus altos volúmenes de residuos del cultivo bananero para crear un sistema nacional de bioinsumos descentralizado, articulado con productores, universidades e instituciones técnicas. Para ello, es clave el diseño e implementación de políticas públicas integradas que incentiven:

La investigación aplicada y validación científica de bioinsumos, La creación de biofábricas comunitarias o asociativas. La inclusión de bioinsumos en los programas de asistencia técnica agrícola. Incentivos tributarios y subsidios para transición agroecológica.

Este enfoque no solo permitirá avanzar hacia el cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), especialmente los relacionados con la producción responsable y la acción climática, sino que también posicionará a Ecuador como referente en prácticas agrícolas regenerativas en la región. Así, se transita del uso tradicional de residuos hacia su valorización tecnológica con alto impacto social y ambiental, marcando un cambio estructural necesario en las políticas agro productivas del país.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aguilar, J., & Rivera, P. (2020). Biofertilizantes a partir de residuos agroindustriales: una alternativa sustentable para la agricultura tropical. *Revista de Ciencias Ambientales*, 54(2), 133–146.

Andrade, M., & León, G. (2021). Evaluación del compost de cáscara de banano para uso agrícola en cultivos de exportación. *Agroecología y Desarrollo*, 9(1), 25–36.

Benítez, A., & Cedeño, D. (2020). Residuos de banano como fuente de nutrientes para bioinsumos en suelos degradados del litoral ecuatoriano. *Revista Técnica Agropecuaria*, 18(2), 56–67.

Bravo, K., & Gálvez, J. (2023). Producción de bioinsumos en sistemas de economía circular agrícola. *Revista Latinoamericana de Innovación Rural*, 14(1), 112–126.

Cárdenas, L., & Orduz, S. (2020). Efecto del uso de bioinsumos en la productividad y sanidad del cultivo de banano en Colombia. *Boletín Técnico de AGROSAVIA*, 7(1), 33–47.

Delgado, R., & Torres, J. (2019). El rol de los residuos agroindustriales en la agricultura sostenible: casos en América Latina. *Revista de Producción Limpia*, 11(2), 89–103.

FAO. (2021). *Bioinsumos agrícolas: oportunidades para la transición agroecológica*. Roma: FAO Publishing.

Flores, R., & Peña, A. (2019). Microorganismos eficientes en biofertilizantes: estudios aplicados en Ecuador. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 21(2), 149–160.

García, M., & Franco, E. (2022). Uso de *Trichoderma spp.* en residuos de banano para el control de enfermedades fúngicas. *Revista Colombiana de Biotecnología*, 24(1), 91–101.

Gómez, J., & García, F. (2021). *Estrategias de control biológico en banano utilizando residuos agroindustriales*. Bogotá: AGROSAVIA.

Gutiérrez, H., & Pérez, D. (2019). Impacto ambiental del uso de agroquímicos en banano y propuestas con bioinsumos en zonas rurales. *Revista de Gestión Ambiental*, 10(2), 22–36.

Hernández, C., & Suárez, R. (2020). Compostaje de residuos de banano y su impacto en la fertilidad del suelo. *Agronomía Tropical*, 70(1), 12–25.

IICA. (2022). *El desarrollo de bioinsumos en América Latina: perspectivas técnicas y normativas*. San José, Costa Rica: Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura.

Jiménez, P., & Zúñiga, M. (2021). Evaluación de la eficiencia de biofertilizantes orgánicos en cultivos tropicales: el caso del banano. *Agroecología Andina*, 13(1), 55–69.

López, A., & Cueva, J. (2018). Estudios sobre residuos agroindustriales y su aprovechamiento en la agricultura sostenible en Ecuador. *Revista de Ciencias Agrícolas*, 35(2), 101–116.

Medina, S., & Andrade, C. (2020). Producción de bioinsumos desde residuos orgánicos urbanos y rurales en la costa ecuatoriana. *Revista de Desarrollo Agropecuario*, 22(3), 67–82.

Moreno, D., & Callejas, R. (2023). Biotecnología aplicada a residuos agroindustriales para el control de plagas en banano. *Ciencia y Futuro*, 32(1), 88–104.

Patil, S., Rao, N., & Kumari, M. (2020). Sustainable banana cultivation through bioinputs in Tamil Nadu. *Indian Journal of Agricultural Sciences*, 90(4), 755–762.

Ríos, V., & Martínez, H. (2023). Eficiencia agronómica de bioinsumos producidos con cáscara de banano en cultivos orgánicos. *Revista de Ciencia Agrícola Tropical*, 19(1), 77–91.

Zumba, M., León, F., & Cedeño, D. (2022). Uso de residuos de banano para la formulación de biofertilizantes en Ecuador. *Revista Agroecológica del Litoral*, 15(2), 89–103.

## REFERENCIAS WEB

FAO. (2023). *El potencial de los bioinsumos en la agricultura sostenible*. Recuperado de <https://www.fao.org/bioinsumos/es/>

IICA. (2023). *Red regional para la innovación en bioinsumos agrícolas*. Recuperado de <https://www.iica.int/es/prensa/noticias/red-bioinsumos>

Ministerio de Agricultura y Ganadería del Ecuador. (2023). *Informe técnico sobre uso de bioinsumos en banano*. Recuperado de <https://www.agricultura.gob.ec/bioinsumos-en-banano/>

AGROSAVIA. (2022). *Proyecto de biofertilizantes con residuos de banano*. Recuperado de <https://www.agrosavia.co/proyectos/banano-bioinsumos>

Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP). (2024). *Estudios sobre compost y biol en cultivos de banano*. Recuperado de <https://www.iniap.gob.ec/banano-residuos-agroindustriales>