



DOI: <https://doi.org/10.23857/dc.v11i4.4607>

Ciencias Técnicas y Aplicadas  
Artículo de Investigación

***Bioinsumos forestales en la economía circular verde: estrategias para la soberanía agrícola y la desconexión de la dependencia agroquímica***

***Forest bio-inputs in the green circular economy: strategies for agricultural sovereignty and disconnection from agrochemical dependence***

***Bioinsumos florestais na economia circular verde: estratégias para a soberania agrícola e a desvinculação da dependência de agrotóxicos***

Rosa Clemencia Cruel-Angulo<sup>I</sup>

[rosa.cruel@utelvt.edu.ec](mailto:rosa.cruel@utelvt.edu.ec)

<https://orcid.org/0000-0001-8250-7419>

Erika Valquiria Hurtado-Escobar<sup>II</sup>

[ehurtadoescobar@gmail.com](mailto:ehurtadoescobar@gmail.com)

<https://orcid.org/0000-0001-9178-2439>

Fernanda Justine Quinteros-Cevallos<sup>III</sup>

[fernanda.quinteros.cevallos@utelvt.edu.ec](mailto:fernanda.quinteros.cevallos@utelvt.edu.ec)

<https://orcid.org/0000-0001-6207-4417>

Kenner Andrés Clevel-Altafuya<sup>IV</sup>

[kenner.clevel.altafuya@utelvt.edu.ec](mailto:kenner.clevel.altafuya@utelvt.edu.ec)

<https://orcid.org/0009-0002-6535-9746>

**Correspondencia:** [rosa.cruel@utelvt.edu.ec](mailto:rosa.cruel@utelvt.edu.ec)

\*Recibido: 04 de octubre de 2025 \*Aceptado: 20 de noviembre de 2025 \*Publicado: 09 de diciembre de 2025

- I. Universidad Técnica Luis Vargas Torres de Esmeraldas, Ecuador.
- II. Universidad Técnica Luis Vargas Torres de Esmeraldas, Ecuador.
- III. Universidad Técnica Luis Vargas Torres de Esmeraldas, Ecuador.
- IV. Universidad Técnica Luis Vargas Torres de Esmeraldas, Ecuador.

## Resumen

Se necesitan urgentemente alternativas agroquímicas sostenibles para superar la dependencia estructural de los agroquímicos sintéticos y así poder transitar hacia un nuevo paradigma agrícola. Los bioinsumos provenientes de la biomasa forestal se consideran importantes para promover la Economía Circular Verde (GCE) en el sector agrícola como una estrategia clave para ello. Este artículo evalúa el potencial de estos últimos desde tres perspectivas críticas: ambiental, económica y socio-territorial. Ambientalmente, los biofertilizantes, biopesticidas y el biochar preparados mediante actividades de bioconversión promueven la regeneración local del suelo, la diversidad microbiana y la captura de carbono, especialmente cuando se integran en el contexto de políticas de manejo forestal sostenible. Desde un punto de vista económico, la valorización de los residuos forestales genera nuevos recursos agrícolas y nuevas perspectivas productivas que, a su vez, pueden aumentar los ingresos del sector forestal. Desde un punto de vista socio-territorial, los bioinsumos aumentan la autonomía de los pequeños productores a través de tecnologías escalables a nivel comunitario y de bajo costo, mediante biofábricas, aliviando la inseguridad del mercado global de insumos en términos de volatilidad. No obstante, la proliferación de bioinsumos enfrenta desafíos estructurales como la corporativización, las patentes biotecnológicas y los riesgos de sobreexplotación forestal. Se argumenta a favor del impacto de un entorno regulatorio más diferenciado, la inversión en capacitación técnica y la gobernanza para asegurar que la bioeconomía mejore la soberanía agrícola y no continúe reforzando dependencias ya existentes.

**Palabras clave:** Bioinsumos forestales; economía circular verde; soberanía agrícola; bioeconomía; biomasa forestal.

## Abstract

Sustainable agrochemical alternatives are urgently needed to overcome the structural dependence on synthetic agrochemicals and thus transition to a new agricultural paradigm. Bio-inputs derived from forest biomass are considered important for promoting the Green Circular Economy (GCE) in the agricultural sector as a key strategy for this. This article evaluates the potential of these inputs from three critical perspectives: environmental, economic, and socio-territorial. Environmentally, biofertilizers, biopesticides, and biochar prepared through bioconversion activities promote local soil regeneration, microbial diversity, and carbon sequestration, especially when integrated within the context of sustainable forest management policies. From an economic standpoint, the valorization of

## Bioinsumos forestales en la economía circular verde: estrategias para la soberanía agrícola y la desconexión de la dependencia agroquímica

forest residues generates new agricultural resources and new productive opportunities that, in turn, can increase the income of the forestry sector. From a socio-territorial perspective, bio-inputs increase the autonomy of small-scale producers through scalable, low-cost technologies at the community level, using biofactories, thus alleviating the insecurity of the global input market in terms of volatility. However, the proliferation of bio-inputs faces structural challenges such as corporatization, biotechnology patents, and the risks of forest overexploitation. Arguments are made for the impact of a more differentiated regulatory environment, investment in technical training, and governance to ensure that the bioeconomy improves agricultural sovereignty and does not further reinforce existing dependencies.

**Keywords:** Forest bio-inputs; green circular economy; agricultural sovereignty; bioeconomy; forest biomass.

### Resumo

Alternativas agroquímicas sustentáveis são urgentemente necessárias para superar a dependência estrutural de agroquímicos sintéticos e, assim, fazer a transição para um novo paradigma agrícola. Bioinsumos derivados da biomassa florestal são considerados importantes para promover a Economia Circular Verde (ECV) no setor agrícola, como estratégia fundamental para isso. Este artigo avalia o potencial desses insumos sob três perspectivas críticas: ambiental, econômica e socioterritorial. Do ponto de vista ambiental, biofertilizantes, biopesticidas e biochar, preparados por meio de atividades de bioconversão, promovem a regeneração local do solo, a diversidade microbiana e o sequestro de carbono, especialmente quando integrados ao contexto de políticas de manejo florestal sustentável. Do ponto de vista econômico, a valorização de resíduos florestais gera novos recursos agrícolas e novas oportunidades produtivas que, por sua vez, podem aumentar a renda do setor florestal. De uma perspectiva socioterritorial, os bioinsumos aumentam a autonomia dos pequenos produtores por meio de tecnologias escaláveis e de baixo custo em nível comunitário, utilizando biofábricas, atenuando assim a insegurança do mercado global de insumos em termos de volatilidade. No entanto, a proliferação de bioinsumos enfrenta desafios estruturais como a corporatização, as patentes de biotecnologia e os riscos de superexploração florestal. Argumenta-se sobre o impacto de um ambiente regulatório mais diferenciado, do investimento em treinamento técnico e da governança para garantir que a bioeconomia fortaleça a soberania agrícola e não reforce ainda mais as dependências existentes.

**Palavras-chave:** Bioinsumos florestais; economia circular verde; soberania agrícola; bioeconomia; biomassa florestal.

## Introducción

La agricultura moderna, influenciada en parte por los modelos de intensificación que surgieron tras la Revolución Verde, ha enfatizado la enorme aplicación de agroquímicos sintéticos como un eje fundamental del crecimiento productivo. Si bien se lograron aumentos a corto plazo en el rendimiento, esta estrategia también tuvo graves impactos adversos como la degradación del suelo, la contaminación de cuerpos de agua y la pérdida gradual de biodiversidad (Akanmu et al., 2023; Castillo-Díaz et al., 2023). Sin embargo, el problema es más que ambiental: la dependencia estructural de insumos importados ha llevado a una vulnerabilidad económica sistémica.

La creciente demanda global de materias primas y agua, junto con la volatilidad geopolítica que impacta los mercados de fertilizantes, significa que la dependencia de agroquímicos amenaza la seguridad económica y estratégica de un país, especialmente la de los agricultores con capacidad de resistencia debilitada (Feleke et al., 2021; Guerrero & Marneou, 2025). Esto no solo ocurre en países desarrollados, sino que es aún más evidente si se considera la alta utilización de pesticidas por hectárea como en Costa Rica, según informes de la FAO que muestran la necesidad de cambiar a un modo de producción más sostenible (Castro-Vargas et al., 2025). Así, en este contexto, la economía circular (CE) responde como un modelo estructural mediante el cual los sistemas agrícolas pueden ser reformados. La CE ofrece un modelo regenerativo para reducir el desperdicio de materias primas, energía y agua y cerrar ciclos biogeoquímicos mediante el reciclaje y la creación de valor de los recursos (Hlangwani et al., 2023).

Su evolución con respecto a la Economía Circular Verde (GCE) trae la articulación de estos principios (y la bioeconomía y la conservación ecológica), facilitando sinergias estratégicas con planes nacionales (como el Plan Forestal, la Estrategia de Cambio Climático y los Programas de Desarrollo Rural) (Ogwu et al., 2025). En tal contexto, los bioinsumos se han integrado como la tecnología base en una transición hacia sistemas agrícolas resilientes, sostenibles y técnicamente independientes. Se definen como productos de origen biológico como microorganismos beneficiosos, extractos de plantas y biomoléculas que sirven como biofertilizantes, biopesticidas o bioestimulantes, mejorando así la salud y productividad del suelo, mientras que los residuos nocivos permanecen ausentes (Folina et al., 2025; El Malahi et al., 2025).

## Bioinsumos forestales en la economía circular verde: estrategias para la soberanía agrícola y la desconexión de la dependencia agroquímica

Los bioinsumos, a diferencia de los insumos sintéticos, funcionan mejorando las relaciones biológicas naturales, lo que conduce a sistemas agrícolas más armoniosos, equilibrados y regenerativos (Rocha et al., 2024; Moradi & Siosemardeh, 2025). En este contexto, los recursos forestales, especialmente la biomasa residual, se enmarcan como un recurso renovable esencial para el suministro de bioinsumos a través de procesos de bioconversión, lo que lleva a la minimización de residuos y al establecimiento de cadenas productivas circulares de alto valor agregado (Trujillo-Cayado et al., 2025; Suárez-Córdoba et al., 2025).

Aquí, proporcionamos un análisis sobre diversas estrategias mediante las cuales los bioinsumos forestales podrían utilizarse para fortalecer la economía circular verde en la agricultura con miras a mejorar la soberanía agrícola y aliviar la dependencia estructural de los insumos agroquímicos sintéticos.

### Desarrollo

#### **La bioconversión de la biomasa forestal: una base técnica y valorización circular**

#### **Propiedad forestal y su revalorización: el bosque como fuente de materia prima**

La inclusión de la industria forestal en la GCE exige la conversión de la gestión convencional de residuos en un proceso de utilización sostenible que proporcione valor adicional. Se reportan excedentes significativos de biomasa forestal (incluyendo ramas, corteza, hojas, residuos de cosecha) a nivel mundial que pueden transformarse en materia prima renovable para múltiples aplicaciones sostenibles (Trujillo-Cayado et al., 2025).

Esto no solo alimenta la producción de energía o bioproductos, sino que también es adecuado para la prevención de incendios y la conservación de los ecosistemas forestales al reducir la acumulación de material altamente inflamable (Suárez-Córdoba et al., 2025). Transferir estos residuos para la producción de bioinsumos es una vía de diversificación para optimizar el valor económico y ecológico de la biomasa.

Reescribir la huella ambiental ecológica y crear una cadena de valor más eficiente al convertir los desechos forestales en productos regenerables como biofertilizantes, biopesticidas o biochar, se crea una cadena de valor más rentable que solo usar la biomasa para uso energético, fomentando la sostenibilidad en la gestión forestal y reforzando el potencial de captura de carbono (Guerrero & Marneou, 2025; Moradi & Siosemardeh, 2025). Esta metodología promueve la conservación activa de los ecosistemas, así como modelos de negocio asociados con la bioeconomía forestal circular.

## Caminos a través de la tecnología de bioconversión

Los bioinsumos de biomasa forestal se producen basados en una variedad de caminos tecnológicos, se han reportado diferentes grados de complejidad y escala y demanda técnica que pueden ser adoptados tanto en sistemas agrícolas familiares como en sistemas industriales modernos para bioinsumos de la biomasa. En procesos agroecológicos de bajo costo (biofábricas campesinas). Las biofábricas facilitan la transformación de material orgánico, rastrojo, cenizas y hojarasca en valiosos insumos para el suelo en la agricultura familiar. La descomposición microbiana del compostaje de material orgánico es una de las más eficientes y menos demandantes de recursos, es fácil de obtener y podría mejorar la fertilidad así como la capacidad de retención de agua, y fomentaría la biota natural del suelo (Akanmu et al., 2023).

Otras prácticas comunes incluyen la producción de humus de lombriz, lixiviados, microorganismos de montaña y otras preparaciones agroecológicas como el caldo sulfocalcico o la mezcla bordelesa (Folina et al., 2025). Estos enfoques son económicos y emplean materiales locales, apoyando la autonomía tecnológica de los pequeños productores y los principios de soberanía agrícola.

## Tecnologías de ingeniería y extracción

Es importante trabajar en la industria de bioinsumos; tanto la fermentación en estado sólido (SSF) como los sistemas sumergidos (SmF) se utilizan para producir biofertilizantes y biopesticidas a granel. Tales técnicas permiten la multiplicación de microorganismos beneficiosos y generan propágulos muy activos con alta potencia de biocontrol, asegurando estabilidad y minimizando los costos operativos (Rocha et al., 2024; El Malahi et al., 2025).

De manera similar, la biomasa lignocelulósica se utiliza para la extracción bioquímica para obtener lignina y compuestos aromáticos que actúan como bioestimulantes vegetales que pueden estimular el crecimiento y resistir el estrés (Trujillo-Cayado et al., 2025). Pirólisis en la producción de biochar.

## La pirólisis es la principal tecnología en la valorización circular forestal

Consiste en calentar la biomasa en condiciones de bajo oxígeno para producir biochar, un material mejorador del suelo robustamente estable, que permite la captura de carbono a largo plazo (Suárez-Córdoba et al., 2025). Tal biochar mejora la estructura del suelo, aumenta la retención de agua y optimiza la asignación de nutrientes, sirviendo así como un insumo estratégico para la agricultura sostenible y los sistemas de producción resistentes al cambio climático (Moradi & Siosemardeh, 2025).

Bioinsumos forestales en la economía circular verde: estrategias para la soberanía agrícola y la desconexión de la dependencia agroquímica

Tabla 1. Vías de Bioconversión de Biomasa Forestal en Bioinsumos de Alto Valor

Vía de Conversión	Materia Prima Forestal Típica	Producto Principal	Escala de Adopción	Mecanismo de Acción Agronómica
Fermentación (SSF/SmF)	Sustratos lignocelulósicos	Biofertilizantes / Bioplaguicidas	Industrial / Comunitaria	Control biológico y producción masiva de propágulos activos (Rocha et al., 2024).
Procesos Agroecológicos	Residuos orgánicos, hojarasca	Compost, lixiviados, humus	Agricultura familiar	Regeneración del suelo y nutrición vegetal de bajo costo (Akanmu et al., 2023).
Pirólisis	Residuos leñosos, cortezas	Biocarbón (Biochar)	Mediana Industrial /	Secuestro de carbono y mejora estructural del suelo (Suárez-Córdoba et al., 2025).
Extracción Bioquímica	Residuos lignocelulósicos, madera	Lignina y bioestimulantes	Industria avanzada	Síntesis de derivados aromáticos y promotores del crecimiento vegetal (Trujillo-Cayado et al., 2025).

### Evidencia del Impacto Ambiental (Beneficio 1)

Evidencia científica reciente ha documentado impactos ambientales positivos de la biomasa del bosque y el uso de bioinsumos. Los biofertilizantes y bioproductos derivados de procesos biotecnológicos y forestales han demostrado reducir la huella de carbono al disminuir las emisiones de gases de efecto invernadero y mejorar la captura de carbono en el suelo (Moradi & Siosemardeh, 2025; Suárez-Córdoba et al., 2025).

Los bioproductos derivados del pirólisis de residuos forestales y el biochar han mostrado un beneficio neto de carbono para los sistemas de gestión forestal sostenible; integrándose con esfuerzos de reforestación y restauración (Trujillo-Cayado et al., 2025).

Los aumentos en el rendimiento y la salud del suelo también proporcionan un argumento convincente. Los biofertilizantes han producido por encima de los estándares de producción con insumos sintéticos

## Bioinsumos forestales en la economía circular verde: estrategias para la soberanía agrícola y la desconexión de la dependencia agroquímica

en sistemas de comparación. Los ejemplos reportados muestran que el aumento del rendimiento productivo de 102 t/ha con manejo químico a 145 t/ha con biofertilización se ha acompañado de una mejor regeneración del suelo y una diversidad microbiana asociada mejorada (Akanmu et al., 2023; Folina et al., 2025).

Estos resultados verifican que los bioinsumos forestales no solo ofrecen una alternativa ecológicamente sólida, sino también un camino económico para lograr prácticas agrícolas sostenibles.

### **Eje Estratégico I Prepararse para la Transición Agrícola**

#### **¿Estamos listos para la transición a sistemas de producción independientes de agroquímicos?**

#### **Complejidad y El “Problema Perverso”**

El cambio a una agricultura libre de agroquímicos plantea un “problema perverso” debido a su complejidad, interdependencia y desafío de resolución incremental (Castro-Vargas et al., 2025). La reducción gradual del uso de pesticidas, como se ha visto en naciones desarrolladas, ha tenido poco o ningún efecto, lo que indica la necesidad de un ajuste estructural fundamental con un objetivo a largo plazo y una visión sistémica (Hlangwani et al., 2023).

La viabilidad técnica ya está probada, por ejemplo: la implementación efectiva de la Agricultura Natural o sistemas Agroecológicos sin insumos sintéticos e incluyendo el reciclaje de biomasa, pero la conversión real necesita las capacidades institucionales, sociales y productivas para llevar estos modelos al frente e implementarlos a gran escala (Suárez-Córdoba et al., 2025).

#### **Barreras para Escalar la Implementación: Conocimiento y Política**

Aunque los bioinsumos han sido efectivos durante mucho tiempo (Folina et al., 2025; El Malahi et al., 2025), el modelo orgánico actualmente no se está replicando, expandiéndose al 1.5% de las tierras agrícolas totales a nivel global. Una de las barreras sistémicas más significativas en ese caso es el conocimiento técnico. Muchos pequeños productores no tienen capacitación para traducir métodos locales de cultivo de bioinsumos, lo que restringe la adopción de técnicas avanzadas y el control sobre los recursos (Akanmu et al., 2023).

Esta brecha de conocimiento obstruye la obtención de habilidades como biofábricas campesinas, fermentación controlada o el mejor uso de bioestimulantes. Romper esta barrera implicará programas de alfabetización agroecológica, apoyo técnico y modelos de capacitación enfocados en Agro 4.0, para mejorar las capacidades de los agricultores en la producción de sus propios insumos (Kacprzak & Ferri, 2025).

## **Falta de Datos Estándar y Herramientas para Procedimientos Científicos**

No hay suficientes datos en bruto disponibles y protocolos adecuados para el uso de insumos, rendimientos y su impacto en el suelo, lo que hace que el tema sea un desafío para la investigación y el modelado predictivo y la formulación de buenas políticas públicas (Guerrero & Marneou, 2025). La validación científica y la certificación de bioinsumos se convierten en procesos lentos y fragmentarios sin datos estandarizados.

Las políticas de desarrollo de la bioeconomía que promueven la cooperación regional están permitiendo el establecimiento de protocolos experimentales y marcos de monitoreo comunes, lo cual es esencial para una transición agrícola ordenada y basada en evidencia (Ogwu et al., 2025).

## **Eje Estratégico II: Democratización y Soberanía Agrícola**

### **¿Pueden los bioinsumos obtenidos de la biomasa forestal democratizar la agricultura sostenible?**

Necesitamos asegurarnos de que los bioproductos utilizados, por otro lado, sean propiedad y se utilicen democráticamente (como se ve con este modelo para la agricultura) si esto va a tener éxito en alcanzar objetivos nacionales como la neutralidad de carbono, la biodiversidad sostenible, la independencia energética, etc. (Ogwu et al., 2025).

### **Impulsando la Autonomía de los Pequeños Productores**

La autonomía, los pequeños productores están democratizando porque los bioinsumos forestales pueden mejorar la auto-propiedad y la resiliencia económica de los pequeños productores. Su innovación se basa en soluciones tecnológicas fácilmente disponibles y de bajo costo, hechas de materiales (residuos orgánicos, hojarasca, fibras lignocelulósicas y lixiviados, etc.), lo que significa que la producción de compost, lixiviados e insumos regenerativos a través de bioinsumos generados por compostaje y lixiviación, además de otras formas, no depende de la industria (Akanmu et al., 2023; Folina et al., 2025).

En un sentido estratégico, la autosuficiencia de bioinsumos mitiga el riesgo de la volatilidad de precios de los fertilizantes importados y los riesgos asociados: que son los riesgos que se evidencian en el contexto de las recientes crisis globales de insumos agrícolas (Feleke et al., 2021; Guerrero & Marneou, 2025). Además, la biomasa forestal también puede mejorar la estructura del suelo, lo que mejorará la infiltración y retención de agua, una ventaja esencial en el contexto del cambio climático (Rocha et al., 2024; Suárez-Córdoba et al., 2025).

## Bioinsumos forestales en la economía circular verde: estrategias para la soberanía agrícola y la desconexión de la dependencia agroquímica

Uno de los potenciales democratizadores en los bioinsumos es la apertura del conocimiento agroecológico. En lugar de patentar sus productos como bioinsumos industriales, las tecnologías tradicionales se reproducen localmente, mejorando las redes locales de innovación agrícola (Ogwu et al., 2025). Las biofábricas comunitarias son una encarnación concreta de la tecnología social, permitiendo a las comunidades avanzar hacia sistemas sostenibles descentralizados.

En este contexto, estas instalaciones pueden producir biofertilizantes, biopesticidas y otros insumos regenerativos a partir de biomasa forestal y residuos orgánicos (El Malahi et al., 2025), aumentando así la autonomía local y generando habilidades técnicas en las comunidades. Además, el modelo trae el potencial de creación económica: la revalorización de los residuos forestales y agrícolas produce productos comercializables que apoyan las economías rurales y construyen relaciones comerciales y comunitarias en respeto al mantenimiento territorial (Trujillo-Cayado et al., 2025). Las biofábricas así entrelazan sostenibilidad ecológica, redistribución económica y empoderamiento comunitario.

Tabla 2. Comparativa Estratégica: Modelo Agroquímico vs. Modelo de Bioinsumos Forestales Locales

Factor Clave	Modelo Agrotóxico Tradicional	Modelo Bioinsumos Forestales (Local)	Evidencia
Riesgo Económico	Alto, por dependencia de importaciones y volatilidad global (Feleke et al., 2021).	Bajo, basado en recursos locales y técnicas accesibles (Akanmu et al., 2023).	Feleke et al., 2021; Akanmu et al., 2023
Control Tecnológico	Centralizado, regulado por corporaciones y patentes.	Descentralizado, basado en conocimiento campesino y tecnologías abiertas (Ogwu et al., 2025).	Ogwu et al., 2025
Tiempo de Desarrollo	Largo y de alto costo para nuevos químicos.	Rápido, adaptable y de bajo costo para bioinsumos locales.	Folina et al., 2025
Impacto en el Suelo	Degrado y pérdida de biodiversidad microbiana (Rocha et al., 2024).	Regeneración del suelo, aumento de diversidad microbiana y secuestro de carbono (Suárez-Córdoba et al., 2025).	Rocha et al., 2024; Suárez-Córdoba et al., 2025

### Eje Estratégico III: Un Análisis de las Tensiones Estructurales

¿Cuáles son las tensiones entre la innovación biotecnológica, la conservación forestal y los mercados agrícolas tradicionales?

Corporación de Bio-Ideas como Suplemento Agroquímico. Un desafío clave en la promoción de la democratización de los bioinsumos es la rápida apropiación por parte de las grandes empresas

## Bioinsumos forestales en la economía circular verde: estrategias para la soberanía agrícola y la desconexión de la dependencia agroquímica

agroquímicas de las nuevas prácticas. Estos biopesticidas son más baratos y rápidos de preparar que los agroquímicos sintéticos, por lo tanto, existe un sesgo corporativo para incorporarlos como elementos complementarios, en lugar de como alternativas, en sus paquetes tecnológicos (Hlangwani et al., 2023). Estas empresas han creado plataformas de “agricultura regenerativa” que incorporan bioinsumos con sus propios modelos de negocio que condicionan sus aplicaciones de acuerdo con ellos. Esto podría resultar en una captura corporativa de la sostenibilidad, reproduciendo la dependencia de la tecnología, ya que es probable que conduzca a un aumento de las dependencias industriales y a limitar la autonomía agrícola (Guerrero & Marneou, 2025).

### **Conocimiento tradicional, biopiratería y patentes**

El avance de la tecnología biotecnológica actual ha promovido una expansión más rápida de las patentes de bioinsumos en ciertos microorganismos, cepas y procesos relacionados con la producción de estos materiales. Este régimen de propiedad intelectual puede contradecir los sistemas de conocimiento establecidos que originalmente eran abiertos y compartidos, produciendo insumos biológicos para el bien común (Castro-Vargas et al., 2025). El peligro de la biopiratería es genuino: el control privado del conocimiento biológico y campesino podría limitar el uso libre de bioinsumos por parte de las sociedades agrícolas. En contraste, la gobernanza bioeconómica debería garantizar que los desarrollos biotecnológicos estén orientados hacia la base productiva y no a negar la comprensión tradicional (Ogwu et al., 2025).

### **Bosques y gestión sostenible de la biomasa**

La biomasa forestal es una fuente líder para la economía circular y la producción de bioinsumos, pero su uso está estrictamente controlado. Los incentivos económicos desfavorables pueden llevar a la sobreextracción o sobreutilización de los bosques naturales hacia sistemas de gestión intensiva, resultando en pérdida de biodiversidad y servicios ecosistémicos (Trujillo-Cayado et al., 2025). El uso de biomasa para beneficios netos de generación de carbono debería considerarse como un enfoque de política y no solo dirigido por políticas para una gestión forestal sostenible, restauración ecológica y conservación de bosques nativos (Suárez-Córdoba et al., 2025). Organizaciones regionales como el IICA son cruciales para ayudar a facilitar el diálogo técnico y regularlos para apoyar diferentes configuraciones regulatorias, promoviendo los bioinsumos como parte integral de una verdadera cadena de sustitución, y no como suplementos a los agroquímicos utilizados en la agricultura (Ogwu et al., 2025).

## Conclusiones

Los bioinsumos se agrupan con la biomasa forestal como la base de la Economía Circular Verde para el sector agrícola. Su uso no es solo una tecnología basada sino una solución socioeconómicamente práctica para reducir la dependencia estructural de los agroquímicos sintéticos. El hallazgo de este análisis ha demostrado que este enfoque satisface los tres fundamentos de la sostenibilidad.

En primer lugar, hay beneficios ambientales innegables: los beneficios son grandes, como la regeneración del suelo y una mayor diversidad de microorganismos y el secuestro de carbono a largo plazo, especialmente donde se combinan tecnologías como la pirólisis y técnicas de gestión forestal sostenible.

En segundo lugar, la valorización económica se realiza en la conversión de productos de desecho forestal pobres y de bajo valor en recursos agrícolas con mayor valor agronómico agregado, mejorando el valor de la gestión forestal y creando nuevas cadenas de valor circular.

En tercer lugar, los bioinsumos mejoran la soberanía agrícola a través del uso de tecnologías de bajo costo que pueden producirse localmente, generalmente en biofábricas comunitarias; los pequeños y medianos agricultores no están sujetos a las vicisitudes de los insumos sintéticos globales. Sin embargo, la transición en sí misma está amenazada por la creciente corporativización de los bioinsumos.

Aunque las innovaciones biotecnológicas traen potencial, también existe el riesgo de que los bioinsumos sean cooptados por el mercado corporativo y que se utilicen como ingredientes de paquetes agroquímicos patentados, creando dependencia económica y tecnológica. Por lo tanto, el éxito de este cambio tendrá una importancia no menor en los esfuerzos coordinados por parte de los gobiernos, organizaciones regionales y grupos campesinos para facilitar una adopción tecnológica más descentralizada hacia la autonomía productiva.

## Medidas de Política para Ayudar a Combatir la Dependencia de Agroquímicos

Además, debería haber una regulación regional y nacional específica para el registro, fabricación y distribución de bioinsumos producidos localmente que estén disponibles a bajo costo, pero no productos industriales (es decir, patentes). Esta regulación debería salvaguardar el conocimiento de los métodos tradicionales y permitir el acceso libre de los campesinos a formulaciones agroecológicas.

Se necesitan programas continuos de capacitación técnica y apoyo dedicado para garantizar que los agricultores acumulen las habilidades necesarias para generar bioinsumos de manera efectiva. Estos

## Bioinsumos forestales en la economía circular verde: estrategias para la soberanía agrícola y la desconexión de la dependencia agroquímica

esfuerzos también deberían fomentar la adquisición de datos de campo agronómicos, un requisito previo para la toma de decisiones basada en evidencia y la prueba científica de redes de producción no agroquímicas.

La ECV debería permitir que la gestión sostenible de la biomasa forestal se alinee con los objetivos de conservación de manera efectiva. Las políticas deberían apoyar procesos de extracción responsables, prevenir la conversión de bosques naturales y optimizar el potencial de la bioeconomía forestal para el secuestro de carbono.

## Referencias

1. Akanmu, A. O., Olowe, O. M., Phiri, A. T., Nirere, D., Odebode, A. J., Karemra Umohoza, N. J., Asemoloye, M. D., & Babalola, O. O. (2023). Bioresources in Organic Farming: Implications for Sustainable Agricultural Systems. *Horticulturae*, 9(6), 659. <https://doi.org/10.3390/horticulturae9060659>
2. Castillo-Díaz, F. J., Belmonte-Ureña, L. J., Batllés-delaFuente, A., & Camacho-Ferre, F. (2023). Impact of Soil Biodisinfection Techniques in Horticultural Crops on Profitability within the Framework of the Circular Economy. *Horticulturae*, 9(8), 859. <https://doi.org/10.3390/horticulturae9080859>
3. Castro-Vargas, S., Hernández Rodríguez, C., Navas, G., Castaño Ballivián, E., Xu, Y., & Marini, D. A. (2025). Pesticides and food sovereignty: (dis)connections and challenges for agrarian movements. *The Journal of Peasant Studies*, 1–31. <https://doi.org/10.1080/03066150.2025.2549340>
4. El Malahi, S. et al. (2025). Harnessing the Power of Microbial Allies: AMF and PGPR as Biostimulants for Sustainable Bioeconomy Development in the Global South. In: Ogwu, M.C., Izah, S.C., Merritt, H., Wise, R.D., Jintrawet, A. (eds) Sustainable Bioeconomy Development in the Global South. Springer, Singapore. [https://doi.org/10.1007/978-981-96-0640-5\\_10](https://doi.org/10.1007/978-981-96-0640-5_10)
5. Feleke, S., Cole, S. M., Sekabira, H., Djouaka, R., & Manyong, V. (2021). Circular Bioeconomy Research for Development in Sub-Saharan Africa: Innovations, Gaps, and Actions. *Sustainability*, 13(4), 1926. <https://doi.org/10.3390/su13041926>

Bioinsumos forestales en la economía circular verde: estrategias para la soberanía agrícola y la desconexión de la dependencia agroquímica

6. Folina, A., Kakabouki, I., Baginetas, K., & Bilalis, D. (2025). Integration of Bioresources for Sustainable Development in Organic Farming: A Comprehensive Review. *Resources*, 14(7), 102. <https://doi.org/10.3390/resources14070102>
7. Guerrero, E. A. S., & Marneou, J. E. N. (2025). El Concepto de Bioeconomía Circular: Origen, Evolución y Perspectivas para México. (2025). *Revista De Economía*, Facultad De Economía, Universidad Autónoma De Yucatán, 42(105). <https://doi.org/10.33937/reveco.2025.469>
8. Hlangwani, E., Mpye, K. L., Matsuro, L., & Dlamini, B. (2023). The use of technological innovation in bio-based industries to foster growth in the bioeconomy: a South African perspective. *Sustainability: Science, Practice and Policy*, 19(1). <https://doi.org/10.1080/15487733.2023.2200300>
9. Kacprzak, A., & Ferri, M. (2025). Promoting bioeconomy through agriculture practice in Eastern Europe and Central Asia. *Food & Agriculture Org*, 2025.
10. Moradi, L., Siosemardeh, A. Bio and chemical fertilizers integration supplemented by biostimulants a sustainable way to reduce chemical inputs in rainfed wheat systems. *Sci Rep* (2025). <https://doi.org/10.1038/s41598-025-29783-9>
11. Ogwu, M.C., Kosoe, E.A., Iyiola, A.O., Fawole, W.O. (2025). Circular Economy Approaches in Bioeconomy in the Global South. In: Ogwu, M.C., Izah, S.C., Vazquez-Arenas, J.G., Feleke, S.T., Wei, X. (eds) *Sustainable Bioeconomy Development in the Global South*. Springer, Singapore. [https://doi.org/10.1007/978-981-96-0305-3\\_5](https://doi.org/10.1007/978-981-96-0305-3_5)
12. Rocha, T. M., Marcelino, P. R. F., Da Costa, R. A. M., Rubio-Ribeaux, D., Barbosa, F. G., & da Silva, S. S. (2024). Agricultural Bioinputs Obtained by Solid-State Fermentation: From Production in Biorefineries to Sustainable Agriculture. *Sustainability*, 16(3), 1076. <https://doi.org/10.3390/su16031076>
13. Sansores Guerrero, Edgar Alfonso, & Navarrete Marneou, Juana Edith. (2025). The Concept of Circular Bioeconomy: Origin, Evolution and Perspectives for México. *Revista de economía*, 42(105), 61-92. Epub 22 de septiembre de 2025. <https://doi.org/10.33937/reveco.2025.469>
14. Suárez-Córdoba, Y. D., Barrera-García, J. A., Sterling, A., Rodríguez-León, C. H., & Tittonell, P. A. (2025). Evidence of Agroecological Performance in Production Systems

## Bioinsumos forestales en la economía circular verde: estrategias para la soberanía agrícola y la desconexión de la dependencia agroquímica

- Integrating Agroecology and Bioeconomy Actions Using TAPE in the Colombian Andean–Amazon Transition Zone. *Sustainability*, 17(20), 9024. <https://doi.org/10.3390/su17209024>
15. Trujillo-Cayado, L. A., Sánchez-García, R. M., García-Domínguez, I., Rodríguez-Luna, A., Hurtado-Fernández, E., & Santos, J. (2025). Emerging Trends in Sustainable Biological Resources and Bioeconomy for Food Production. *Applied Sciences*, 15(12), 6555. <https://doi.org/10.3390/app15126555>

©2025 por los autores. Este artículo es de acceso abierto y distribuido según los términos y condiciones de la licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional (CC BY-NC-SA 4.0) (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>).|