

Economía circular basada en bioinnovación: estrategias para transformar residuos orgánicos en recursos sostenibles

Circular economy based on bioinnovation: strategies for transforming organic waste into sustainable resources

Recibido: 02/08/2025 - Aceptado: 31/10/2025

Jorge Wilmer Elías Silupu

<https://orcid.org/0000-0002-0857-4258>

jelias@unca.edu.pe

Universidad Nacional Ciro Alegría. Huamachuco, Perú

Roger Audes Baltazar Flores

<https://orcid.org/0009-0001-8134-5654>

baltazarfloresrogeraudes@gmail.com

Universidad Nacional Ciro Alegría. Huamachuco, Perú

Manuel Enrique Neciosup Prieto

<https://orcid.org/0000-0001-5967-0381>

manuelenecp30@gmail.com

Universidad Nacional Ciro Alegría. Huamachuco, Perú

Abelardo Melanio Barboza Mejía

<https://orcid.org/0000-0002-7521-632X>

bameal02@gmail.com

Universidad Nacional de Cajamarca. Cajamarca, Perú

Carlos Alberto Benites Castañeda

<https://orcid.org/0009-0004-0791-0477>

cbenites@unca.edu.pe

Universidad Nacional Ciro Alegría. Huamachuco, Perú

Resumen

La creciente generación de residuos orgánicos provenientes de actividades agrícolas, urbanas e industriales plantea un desafío ambiental que exige soluciones innovadoras. En este estudio se analiza la viabilidad de implementar estrategias de economía circular basadas en bioinnovación en el contexto peruano, con énfasis en la valorización de desechos para producir bioproductos sostenibles como bioplásticos, *biochar* y biocombustibles. Mediante un enfoque mixto, se recopiló información a través de encuestas, entrevistas y análisis documental, complementando la información con lineamientos normativos nacionales e internacionales. Los resultados muestran que el 68% de los hogares ya practica la separación de residuos orgánicos y que el 85% percibe beneficios en su transformación en bioproductos. Sin embargo, solo el 42% conoce el concepto de economía circular, lo que revela una brecha de sensibilización ambiental. Se concluye que la población presenta condiciones demográficas y ocupacionales favorables para la adopción de prácticas circulares, aunque persisten limitaciones tecnológicas e institucionales que deben abordarse mediante políticas públicas, educación y alianzas estratégicas.

Palabras clave: economía circular, bioeconomía, residuos orgánicos

Abstract

The growing generation of organic waste from agricultural, urban, and industrial activities poses an environmental challenge that requires innovative solutions. This study analyzes the feasibility of implementing circular economy strategies based on bioinnovation in the Peruvian context, with an emphasis on waste recovery to produce sustainable bioproducts such as bioplastics, *biochar*, and biofuels. Using a mixed approach, data was collected through surveys, interviews, and documentary analysis, complementing the information with national and

international regulatory guidelines. The results show that 68% of households already practice organic waste separation and that 85% perceive benefits in its transformation into bioproducts. However, only 42% are familiar with the concept of the circular economy, revealing a gap in environmental awareness. It is concluded that the population has favorable demographic and occupational conditions for the adoption of circular practices, although technological and institutional limitations persist that must be addressed through public policies, education, and strategic alliances.

Keywords: circular economy, bioeconomy, organic waste

Introducción

La creciente generación de residuos orgánicos, provenientes de fuentes agrícolas, urbanas e industriales, representa un desafío ambiental considerable en la actualidad. Patwa et al. (2021) señalan que estos flujos de desechos, si no se gestionan adecuadamente, contribuyen a problemas como emisiones de gases de efecto invernadero, contaminación del suelo y pérdida de recursos valiosos. De manera similar, Nencheva et al. (2024) sostienen que la economía circular ofrece un paradigma alternativo al modelo lineal tradicional “producir-usar-desechar”, proponiendo en su lugar un sistema regenerativo donde los residuos vuelven a integrarse como recursos.

La bioeconomía circular, que combina la economía circular con la bioeconomía, destaca como una estrategia emergente y complementaria. Bruno et al. (2023) afirman que este enfoque radica en aprovechar recursos biológicos renovables, incluyendo los residuos, para producir energía, materiales y otros bienes de valor agregado, lo cual también es resaltado por Fenoglio (2024). Este modelo promueve la eficiencia de recursos, reduce la dependencia de combustibles fósiles y favorece un crecimiento económico bajo en carbono, integrando innovación biotecnológica y sostenibilidad (Leong et al., 2021).

En un contexto global donde la transformación de residuos en insumos útiles cobra relevancia, diversas investigaciones abordan múltiples rutas de valorización. Jögi y Bhat (2020) destacan que la producción de bioplásticos a partir de residuos alimentarios ha mostrado un gran potencial como alternativa sostenible, al mitigar tanto los efectos ambientales asociados con los plásticos tradicionales como los impactos negativos del vertido de residuos orgánicos. Esta visión también es respaldada por Synani et al. (2024).

Además, Dutta et al. (2025) consideran que el desarrollo de biorefinerías de residuos constituye una estrategia clave dentro de la bioeconomía circular. Estas instalaciones procesan biomasa residual para producir biocombustibles, biopolímeros, lípidos y otros productos de alto valor, a la vez que integran soluciones de tratamiento de aguas residuales y reducen la huella de carbono.

Asimismo, se ha avanzado en la recuperación de nutrientes esenciales como nitrógeno y fósforo desde aguas agrícolas residuales. Mehta et al. (2021) señalan que tecnologías como la precipitación de estruvita contribuyen a la sostenibilidad agrícola y a la reducción de impactos hídricos.

Por otro lado, se destaca el diseño de bioplásticos compatibles con la digestión anaerobia. Investigaciones recientes han estudiado cómo variables como la concentración de relleno o el grosor del material afectan la producción de biogás, proporcionando datos clave para optimizar la integración de estos polímeros en sistemas de valorización energética (Yadav y Nikalje, 2024; Reyes, 2018).

La literatura también explora soluciones más innovadoras y específicas. Huilcarema et al. (2024) documentan el uso de residuos agrícolas como tallos de plátano o residuos de tubérculos en la producción de bioplásticos, combinando reciclabilidad con valorización de materiales agotados mediante su conversión en bio-carbón (*biochar*), útil en la mejora del suelo o el tratamiento de aguas residuales.

Paralelamente, la revisión sistemática de la literatura confirma que la bioeconomía circular está alineada con múltiples Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), especialmente con los relacionados con energía asequible (ODS 7), trabajo decente e innovación (ODS 8-9), producción responsable (ODS 12), y acción climática (ODS 13). No obstante, la Organización de las Naciones Unidas (ONU, 2015) advierte que también se reconocen posibles impactos negativos, como presiones sobre el uso de la tierra o la desigualdad social.

La conjugación de estos enfoques bioplásticos, biorrefinerías, recuperación de nutrientes y valorización agrícola configura un marco integrador para la bioinnovación circular, centrado en transformar residuos orgánicos en recursos sostenibles que satisfacen necesidades ambientales, sociales y económicas. Sin embargo, la mayoría de los estudios actuales se orientan a escalas piloto o de laboratorio, lo que evidencia una brecha entre innovación y aplicación en contextos reales.

En este sentido, es necesario avanzar hacia la definición de indicadores de sostenibilidad específicos. Yadav y Nikalje (2024) enfatizan que estos indicadores deben integrar dimensiones ambientales (reducción de GHG, eficiencia de recursos), económicas (rentabilidad, costos de disposición) y sociales (empleo, participación

comunitaria), pues tales métricas permitirían evaluar la viabilidad empírica de proyectos de bioeconomía circular a gran escala, facilitando su adopción sistemática en políticas y prácticas de gestión ambiental sostenible.

Metodología

El estudio se desarrolló con un enfoque aplicado y descriptivo, bajo un diseño no experimental y transversal, orientado a analizar las posibilidades de implementar estrategias de economía circular basadas en bioinnovación para la valorización de residuos orgánicos en el contexto peruano. La investigación se llevó a cabo en las provincias de Lambayeque y La Libertad, zonas representativas de la Costa Norte del Perú, debido a su alta producción agroindustrial de caña de azúcar, arroz, frutas y hortalizas, las cuales generan grandes volúmenes de desechos orgánicos con potencial de aprovechamiento sostenible.

Para la recolección de información, se aplicaron técnicas de campo y de análisis documental. En primer lugar, se realizaron observaciones directas en mercados locales y centros de acopio, lo que permitió identificar los principales flujos de residuos y registrar las prácticas de disposición predominantes. Paralelamente, se aplicaron encuestas estructuradas a 120 hogares, distribuidos entre áreas urbanas y rurales, con el objetivo de conocer los hábitos de manejo de residuos orgánicos, la disposición ciudadana a separarlos en origen y el interés por participar en proyectos comunitarios de valorización. La muestra incluyó participantes de diferentes edades, destacando la presencia de jóvenes adultos, adultos de mediana edad y personas mayores, con la mayor concentración de encuestados entre los 30 y 44 años, lo que refleja un perfil de adultos jóvenes, clave para promover estrategias de economía circular. A ello se sumaron 20 entrevistas semiestructuradas a actores clave, entre los que se incluyeron agricultores, autoridades municipales y gestores comunitarios, quienes aportaron perspectivas sobre las barreras institucionales, las oportunidades de bioinnovación y el grado de aceptación de tecnologías como los bioplásticos, el *biochar* y la digestión anaerobia.

En la fase documental, se revisaron los lineamientos normativos del Ministerio del Ambiente del Perú, que orientan la política nacional hacia la sostenibilidad (MINAM, 2021), así como informes de organismos internacionales como la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, que resaltan la importancia de la bioeconomía en la seguridad alimentaria (FAO, 2022). De igual forma, se consideraron aportes de la Comisión Económica para América Latina y el Caribe, que identifican oportunidades de economía circular en la región (CEPAL, 2020), y del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, que promueve la transición hacia modelos circulares con enfoque climático (PNUMA, 2021). Este análisis complementó los hallazgos de campo y permitió contrastar las prácticas locales con tendencias globales en biorefinerías, recuperación de nutrientes y producción de bioplásticos biodegradables.

Para el procesamiento de la información, los datos obtenidos en las encuestas fueron analizados mediante estadística descriptiva, generando frecuencias y patrones de comportamiento ciudadano en relación con la gestión de residuos. Dicho procesamiento se realizó en el software SPSS v.26. Por su parte, las entrevistas fueron sometidas a codificación temática utilizando Atlas.ti, lo que permitió organizar los testimonios en cuatro categorías principales: (1) percepción ciudadana sobre sostenibilidad y residuos, (2) barreras para la implementación de proyectos de bioeconomía circular, (3) oportunidades de innovación tecnológica y comunitaria y (4) alineación de las prácticas locales con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS).

La triangulación entre datos cuantitativos, cualitativos y documentales facilitó una visión integral del fenómeno, ofreciendo evidencia suficiente para sustentar los resultados y plantear recomendaciones aplicables en el marco de la economía circular y la bioinnovación en el contexto peruano.

Resultados y discusión

Los resultados obtenidos permiten reconocer el potencial de la economía circular basada en la bioinnovación como una estrategia viable para transformar los residuos orgánicos en recursos sostenibles dentro del contexto peruano. A nivel demográfico, la población encuestada presenta características diversas en cuanto a edad, nivel educativo y ocupación, lo que permite identificar actores clave para la adopción de prácticas circulares, especialmente entre los agricultores y los empleados vinculados a la gestión de residuos.

En cuanto a las prácticas ambientales y percepciones ciudadanas, se evidencia que una mayoría significativa de hogares ya realiza la separación de los residuos orgánicos y que existe una alta valoración de los beneficios de convertirlos en bioproductos, como biogás, *biochar* o bioplásticos. Sin embargo, persiste un conocimiento limitado sobre el concepto de economía circular, lo que refleja la necesidad de fortalecer los procesos de educación y sensibilización ambiental.

Estos hallazgos, presentados en detalle en las tablas y gráficos que acompañan esta sección, muestran que, aunque persisten vacíos en el conocimiento conceptual, existe una predisposición favorable de la ciudadanía, que constituye una base sólida para promover proyectos de bioinnovación orientados a la

sostenibilidad. Cada tabla y gráfico se analizan de manera específica, lo que permite profundizar en los aspectos demográficos, en las prácticas de manejo de residuos y en las percepciones que sustentan la viabilidad de la transformación de los desechos en recursos útiles.

Tabla 1

Nivel educativo de los encuestados

Categoría	Nivel educativo	Porcentaje
Educación	Primaria	15%
Educación	Secundaria	32%
Educación	Técnico/Superior	28%
Educación	Universitario	25%

Nota. predomina la educación secundaria, seguida por niveles técnico/superior y universitario, lo que evidencia un capital humano diverso susceptible de capacitación en bioinnovación.

El análisis del nivel educativo revela que la mayoría de los encuestados alcanzó la educación secundaria (32%), seguida por quienes tienen formación técnica o superior (28%) y universitaria (25%). Esta distribución muestra que, aunque el conocimiento especializado sobre bioeconomía puede ser limitado, existe un sector con suficiente preparación académica para comprender y aplicar estrategias de economía circular, siempre que se refuercen los procesos de sensibilización y capacitación.

Tabla 2

Ocupación principal de los encuestados

Categoría	Ocupación	Porcentaje
Ocupación	Agricultor	22%
Ocupación	Empleado	30%
Ocupación	Estudiante	18%
Ocupación	Ama de casa	20%
Ocupación	Otros	10%

Nota. Destacan empleados y agricultores como actores estratégicos, mientras que estudiantes y amas de casa completan la distribución ocupacional de la muestra.

Las ocupaciones predominantes son empleados (30%) y agricultores (22%), lo que refleja la importancia de vincular tanto al sector formal urbano como al sector rural en la transformación de residuos. Los agricultores son actores clave para la valorización de desechos agroindustriales (*biochar*, compostaje), mientras que los empleados urbanos pueden aportar en procesos de separación y consumo responsable, favoreciendo la complementariedad entre ciudad y campo en la gestión circular.

Tabla 3

Separación de residuos orgánicos en el hogar

Categoría	Respuesta	Porcentaje
Práctica de separación	Sí	68%
Práctica de separación	No	32%

Nota. La mayoría de los encuestados ya separa sus residuos orgánicos, aunque persiste un porcentaje que no lo hace, lo cual representa un reto para la gestión circular.

El 68% de los encuestados indicó que separa sus residuos orgánicos, frente a un 32% que no lo hace. Este hallazgo sugiere que ya existe una práctica inicial favorable para implementar proyectos de economía circular, aunque todavía persisten barreras de hábitos y acceso a sistemas de disposición diferenciada que requieren atención institucional.

Tabla 4

Conocimiento sobre economía circular

Categoría	Respuesta	Porcentaje
Conocimiento declarado	Sí	42%
Conocimiento declarado	No	58%

Nota. Más de la mitad de los encuestados desconoce el concepto, lo que resalta la necesidad de programas de educación y sensibilización ambiental.

Solo el 42% manifestó conocer el concepto de economía circular, mientras que el 58% lo desconoce. Este resultado evidencia un vacío significativo de información y formación ciudadana, lo que representa un desafío para las políticas públicas y educativas. No obstante, también constituye una oportunidad para introducir programas de sensibilización que vinculen la economía circular con beneficios tangibles en la vida cotidiana.

Tabla 5

Percepción sobre beneficios de transformar residuos en bioproductos

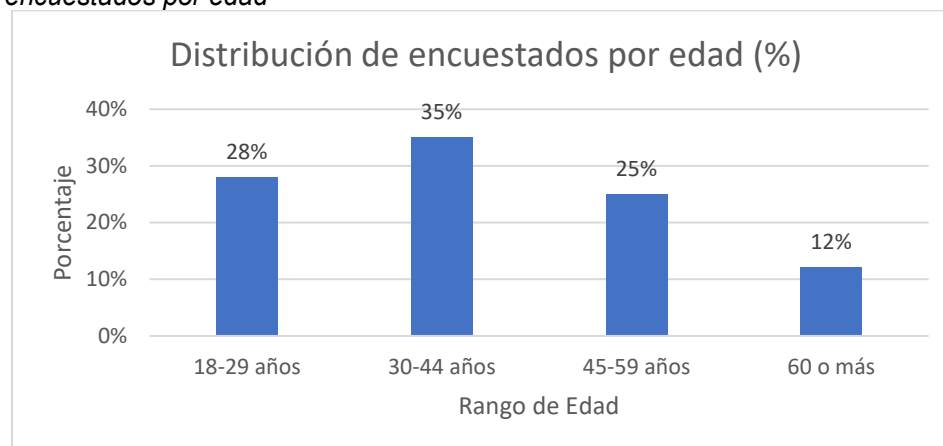
Categoría	Respuesta	Porcentaje
Opinión sobre beneficios	Sí considera beneficioso	85%
Opinión sobre beneficios	No considera beneficioso	15%

Nota. Una gran mayoría considera beneficioso el aprovechamiento de residuos para generar biogás, *biochar* o bioplásticos, lo que evidencia apertura hacia la bioeconomía circular.

El 85% de los encuestados considera beneficioso aprovechar los residuos para generar biogás, *biochar* o bioplásticos, frente a un 15% que no lo percibe así. La alta aceptación social muestra un terreno fértil para impulsar proyectos de bioinnovación circular, donde la ciudadanía estaría dispuesta a adoptar soluciones sostenibles siempre que se demuestre su viabilidad y beneficio comunitario.

Figura 1

Distribución de encuestados por edad

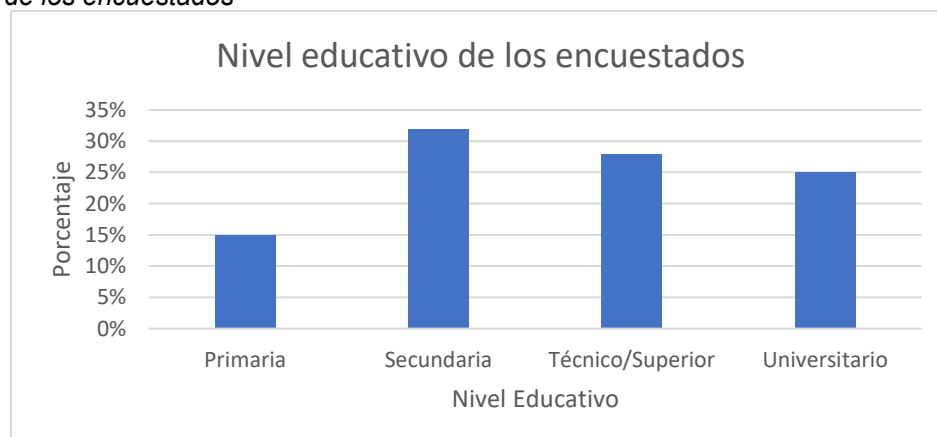


Nota. El gráfico muestra la proporción de participantes según rango de edad, destacando el predominio del grupo de 30 a 44 años.

El gráfico confirma la concentración de participantes en edades productivas, lo que refuerza la idea de que la transformación de residuos orgánicos puede encontrar en este grupo un aliado clave para su implementación práctica y sostenibilidad en el tiempo.

Figura 2

Nivel educativo de los encuestados

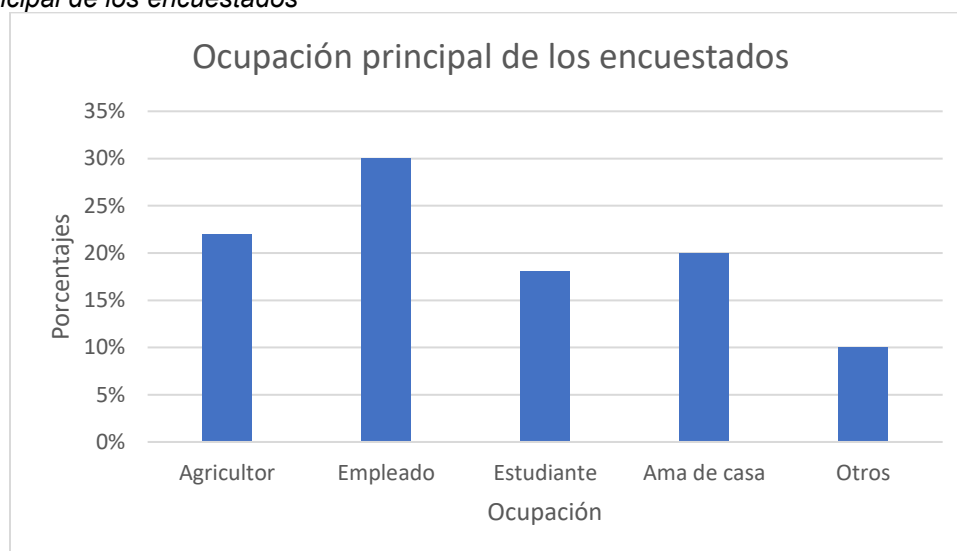


Nota. El gráfico refleja la distribución de la muestra según nivel educativo, evidenciando que la secundaria es el nivel más representativo, seguido por formación técnica y universitaria.

La representación visual muestra que la educación secundaria predomina, aunque existe un importante porcentaje con formación técnica y universitaria. Esto indica que la población tiene bases suficientes para asimilar programas de capacitación orientados a la bioinnovación, aunque se requiere un esfuerzo pedagógico adicional.

Figura 3

Ocupación principal de los encuestados



Nota. El gráfico ilustra la diversidad ocupacional de los participantes, donde empleados y agricultores concentran los porcentajes más altos, complementados por estudiantes y amas de casa.

El gráfico refleja la diversidad ocupacional de la muestra, donde empleados y agricultores destacan como los grupos mayoritarios. Esta composición laboral evidencia la posibilidad de articular proyectos de economía circular tanto en el ámbito comunitario rural (aprovechamiento agrícola de residuos) como en el urbano (separación y consumo responsable).

Los resultados del estudio muestran que, en el contexto peruano, existe una base social favorable para la implementación de estrategias de economía circular basadas en bioinnovación, aunque aún se observan brechas de conocimiento. Este hallazgo coincide con lo señalado por Tsegaye et al. (2021), quienes destacan que la participación ciudadana es un factor determinante para que los sistemas de valorización de residuos funcionen de manera sostenible. En nuestro caso, el 68% de los hogares que ya separa residuos orgánicos constituye una práctica incipiente que puede ser potenciada, mientras que, en otras investigaciones en Europa y Asia, la tasa de separación supera el 80% (Merino et al., 2022), lo que representa un reto de educación y gestión para el Perú.

En relación con el conocimiento sobre economía circular, solo el 42% de los encuestados declaró estar familiarizado con el concepto. Este resultado contrasta con estudios internacionales, como el de Cruz et al. (2022) en el sector de bioplásticos, donde el nivel de comprensión ciudadana se considera un eje clave para la aceptación de materiales alternativos. La baja familiaridad detectada en el presente estudio refuerza la necesidad de programas de sensibilización ambiental, en línea con lo que plantea Ahmed et al. (2023), quienes advierten que, sin educación y participación activa, no es posible consolidar proyectos de bioeconomía circular a gran escala.

Por otro lado, la alta percepción positiva sobre los beneficios de transformar residuos en bioproductos (85%) es un resultado alentador. Este nivel de aceptación social coincide con lo reportado por Yang et al. (2012), quienes identifican que la población tiende a valorar positivamente la conversión de desechos en recursos cuando percibe beneficios tangibles, como energía, fertilizantes o materiales biodegradables. Sin embargo, a diferencia de los estudios de laboratorio y plantas piloto en Europa y Asia (Leong et al., 2021; Merino et al., 2022), en el caso peruano aún no se han consolidado experiencias a gran escala, lo que refleja una brecha entre la predisposición social y la capacidad tecnológica instalada.

Finalmente, la composición demográfica y ocupacional de los encuestados muestra un potencial importante. La concentración en edades productivas y la participación de agricultores y empleados urbanos constituyen un punto de encuentro entre los sectores rural y urbano para impulsar proyectos de valorización de residuos. Este resultado se alinea con los planteamientos de McCormick y Kautto (2013) sobre la necesidad de integrar actores diversos para construir modelos de bioeconomía circular sólidos. No obstante, también es necesario considerar los riesgos advertidos por Rodríguez et al. (2019) respecto de posibles desigualdades

sociales y presiones sobre el uso del suelo si las iniciativas no se gestionan con criterios de equidad y sostenibilidad.

En síntesis, los resultados confirman que existe una predisposición ciudadana positiva y condiciones socioeconómicas iniciales para promover la economía circular en el Perú, pero también que se requieren políticas públicas, educación ambiental y apoyo tecnológico para cerrar la brecha con experiencias internacionales. La discusión evidencia que, aunque el país comparte retos similares a los descritos en la literatura global, cuenta con características propias, como la fuerte presencia agroindustrial, que puede convertirse en una ventaja competitiva para el desarrollo de una bioeconomía circular sostenible.

Conclusiones

El estudio demuestra que la economía circular, basada en la bioinnovación, representa una alternativa viable para transformar los residuos orgánicos en recursos sostenibles dentro del contexto peruano. Los resultados evidencian que gran parte de la población encuestada se encuentra en edades productivas y posee una predisposición favorable hacia la separación y valorización de desechos. Este capital humano, sumado a la alta aceptación de los bioproductos, configura un escenario propicio para impulsar iniciativas que integren la sostenibilidad ambiental con el desarrollo socioeconómico local, aunque persisten retos en materia de conocimiento y educación ciudadana.

Los hallazgos reflejan que, aunque la mayoría de los hogares separa residuos orgánicos, el desconocimiento sobre el concepto de economía circular continúa siendo un obstáculo importante. Esto coincide con lo reportado en investigaciones internacionales, que subrayan la importancia de la educación ambiental como pilar para el éxito de proyectos sostenibles. En este sentido, se recomienda que las instituciones educativas, los gobiernos locales y las organizaciones sociales desarrollen programas de sensibilización comunitaria que permitan a la ciudadanía comprender los beneficios concretos de la bioeconomía circular y fomenten su participación activa en procesos de innovación ambiental.

La alta valoración de bioproductos como el biogás, el *biochar* y los bioplásticos confirma que existe una aceptación social para la implementación de tecnologías de valorización de residuos. No obstante, esta predisposición contrasta con la limitada infraestructura tecnológica disponible en el Perú, lo cual evidencia una brecha entre la intención social y la capacidad real de aplicación. Por ello, resulta fundamental generar alianzas entre universidades, gobiernos regionales y el sector privado, orientadas a fortalecer las capacidades técnicas e impulsar proyectos piloto que sirvan como referencia para futuras aplicaciones a gran escala en comunidades urbanas y rurales.

El perfil ocupacional y educativo de los encuestados muestra que agricultores y empleados urbanos pueden desempeñar un rol central en la gestión de residuos y en la adopción de la economía circular. La articulación de ambos sectores abre oportunidades para el desarrollo de proyectos integrados que combinen la valorización agrícola con la separación en origen en zonas urbanas. Esta complementariedad entre el campo y la ciudad se convierte en una ventaja competitiva del Perú frente a otros contextos internacionales, siempre que se promuevan mecanismos de cooperación intersectorial y se fortalezcan las capacidades locales en innovación biotecnológica.

Finalmente, la investigación confirma que el país cuenta con condiciones iniciales alentadoras para impulsar la bioeconomía circular, pero también enfrenta desafíos significativos que requieren políticas públicas claras, financiamiento y marcos regulatorios efectivos. La alineación de estas iniciativas con los Objetivos de Desarrollo Sostenible puede consolidar al Perú como un referente regional en la valorización de residuos orgánicos. Para ello, será necesario avanzar en la definición de indicadores de sostenibilidad que integren dimensiones ambientales, sociales y económicas, facilitando la evaluación de proyectos y promoviendo una transición real hacia modelos productivos regenerativos y bajos en carbono.

Referencias

- Ahmed, S. F., Kabir, M., Mehjabin, A., Oishi, F. T. Z., Ahmed, S., Mannan, S., Mofijur, M., Almomani, F., Badruddin, I. A., y Kamangar, S. (2023). Waste biorefinery to produce renewable energy: Bioconversion process and circular bioeconomy. *Energy Reports*, 10, 3073–3091. <https://doi.org/10.1016/j.egy.2023.09.137>
- Bruno, M. P., Cendón, M. L., y Viteri, M. L. (2023). Estrategias de agregado de valor territorial: experiencia de bioeconomía circular en Balcarce, Argentina. *RIVAR (Santiago)*, 10(28), 1–21. <https://doi.org/10.35588/rivar.v10i28.5339>
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). (2020). *La economía circular en América Latina y el Caribe: Oportunidades para un desarrollo sostenible*. CEPAL. <https://www.cepal.org>

- Cruz, R. M. S., Krauter, V., Krauter, S., Agriopoulou, S., Weinrich, R., Herbes, C., Scholten, P. B. V., Uysal-Unalan, I., Sogut, E., Kopacic, S., Lahti, J., Rutkaite, R., y Varzakas, T. (2022). Bioplastics for food packaging: Environmental impact, trends and regulatory aspects. *Foods*, 11(19), 3087. <https://doi.org/10.3390/foods11193087>
- Dutta, S., Kataki, S., Banerjee, I., Pohrmen, C. B., Jaiswal, K. K., y Jaiswal, A. K. (2025). Microalgal biorefineries in sustainable biofuel production and other high-value products. *New Biotechnology*, 87, 39–59. <https://doi.org/10.1016/j.nbt.2025.02.007>
- Fenoglio, V. (2024). Hacia una bioeconomía circular, regenerativa y nuevas formas de producción. Estudio de caso: Proyecto Siempre Monte, provincia de Córdoba, Argentina. *Hábitat y Sociedad*, 17, 241–262. <https://doi.org/10.12795/HabitatSociedad.2024.i17.11>
- Huilcarema, K., Amaguay, R., y Sevilla, J. (2024). Bioplásticos a partir de residuos agrícolas: Una revisión sistemática, tendencias y oportunidades actuales. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 8(5), 1–20. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i5.14294
- Jögi, K., y Bhat, R. (2020). Valorization of food processing wastes and by-products for bioplastic production. *Sustainable Chemistry and Pharmacy*, 18, 100326. <https://doi.org/10.1016/j.scp.2020.100326>
- Leong, H. Y., Chang, C. K., Khoo, K. S., et al. (2021). Waste biorefinery towards a sustainable circular bioeconomy: a solution to global issues. *Biotechnology for Biofuels*, 14, 87. <https://doi.org/10.1186/s13068-021-01939-5>
- McCormick, K., y Kautto, N. (2013). The bioeconomy in Europe: An overview. *Sustainability*, 5(6), 2589–2608. <https://doi.org/10.3390/su5062589>
- Mehta, N., Shah, K. J., Lin, Y., Sun, Y., y Pan, S. (2021). Avances en tecnologías de bioeconomía circular: de aguas residuales agrícolas a recursos con valor añadido. *Entornos*, 8(3), 20. <https://doi.org/10.3390/environments8030020>
- Merino, D., Quilez-Molina, A. I., Perotto, G., Bassani, A., Spigno, G., y Athanassiou, A. (2022). A second life for fruit and vegetable waste: A review on bioplastic films and coatings for potential food protection applications. *Green Chemistry*, 24(11), 4703–4727. <https://doi.org/10.1039/D1GC03904K>
- Ministerio del Ambiente del Perú (MINAM). (2021). *Política Nacional del Ambiente al 2030*. Gobierno del Perú. <https://www.gob.pe/minam>
- Nencheva, V., Toledo Rosillo, H. G., y Morales Gonzalez, M. (2024). La economía circular en México – El camino hacia un desarrollo más sustentable. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 8(3), 1–15. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i3.11883
- Organización de las Naciones Unidas. (2015). *Objetivos de Desarrollo Sostenible*. Naciones Unidas. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (2022). *El estado mundial de la agricultura y la alimentación 2022*. FAO. <https://www.fao.org>
- Patwa, N., Sivarajah, U., Seetharaman, A., Sarkar, S., Maiti, K., y Hingorani, K. (2021). Towards a circular economy: An emerging economies context. *Journal of Business Research*, 122, 725–735. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2020.05.015>
- Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA). (2021). *Hacia una economía circular para América Latina y el Caribe*. ONU Medio Ambiente. <https://www.unep.org>
- Reyes Aguilera, E. A. (2018). Generación de biogás mediante el proceso de digestión anaerobia, a partir del aprovechamiento de sustratos orgánicos. *Revista Científica de FAREM-Esteli*, (24), 77–86. <https://doi.org/10.5377/farem.v0i24.5552>
- Rodríguez, J. M., Rubio, L., Celemin, M. S., y Alonso-Almeida, M. D. M. (2019). Analysis of the relations between circular economy and sustainable development goals. *International Journal of Sustainable Development & World Ecology*, 26(4), 1–13. <https://doi.org/10.1080/13504509.2019.1666754>
- Synani, K., Abeliotis, K., Velonia, K., Maragkaki, A., Manios, T., y Lasaridi, K. (2024). Environmental impact and sustainability of bioplastic production from food waste. *Sustainability*, 16(13), 5529. <https://doi.org/10.3390/su16135529>
- Tsegaye, B., Amare, B., y Reda, M. (2021). Prevalence and factors associated with immediate postnatal care utilization in Ethiopia: Analysis of Ethiopian Demographic Health Survey 2016. *International Journal of Women's Health*, 13, 257–266. <https://doi.org/10.2147/IJWH.S294058>
- Yadav, K., y Nikalje, G. C. (2024). Comprehensive analysis of bioplastics: life cycle assessment, waste management, biodiversity impact, and sustainable mitigation strategies. *PeerJ*, 12. <https://doi.org/10.7717/peerj.18013>
- Yang, Y., Boom, R., Irion, B., van Heerden, D. J., Kuiper, P., y de Wit, H. (2012). Recycling of composite materials. *Chemical Engineering and Processing: Process Intensification*, 51, 53–68. <https://doi.org/10.1016/j.cep.2011.09.007>