

Ciencias e Ingeniería

PARA CIUDADANOS

Revista de investigación científica



Lima - Perú

Ciencias e Ingeniería



Volumen II-N°4 Abril 2026

Consejo Editorial

Director

Dr. Francisco Javier Wong Cabanillas

Editor, diseño y traducción

Lic. Carlos Alberto Vega Vidal

Diagramador de texto y asistencia de diseño

Lic. Carlos Alberto Vega Vidal

Comité Científico

Dra. Elena Rafaela Benavides Rivera
Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
Lima-Perú

Dra. Ysabel Zevallos Parave
Universidad Nacional de Educación Enrique Guzmán y Valle.
Lima-Perú

Dr. Óscar Rafael Tinoco Gómez
Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
Lima-Perú

El rol de la ingeniería química en la economía circular: ¿Permite una simbiosis industrial sostenible?

Srta. Yoselin Estefany Álvarez Cueva
Universidad Nacional Mayor de San Marcos
Correo electrónico: yoselin.alvarezc@unmsm.edu.pe

Dra. Julissa Marleni Icho Yacupoma
Universidad Nacional Mayor de San Marcos
Correo electrónico: jichoy@unmsm.edu.pe

Resumen: Hoy en día nos encontramos afectados por la escasez de los recursos naturales; pero con un aumento de residuos. En este contexto la economía circular es definida como un sistema que se inspira en la naturaleza, en el cual, el concepto de desperdicio no se hace presente, ya que al igual que todo ecosistema natural donde todo lo que se produce es insumo para otro. Pues, busca mantener productos y materiales en flujo constante, a través de sus principales pilares el reciclaje y la reutilización, y con ello romper con el paradigma de la economía lineal o tradicional (Naciones Unidas, 2018; Ellen MacArthur Foundation, 2017). Es decir, es modelo de producción, la cual busca limitar la generación de nuevos residuos y de esta manera contribuir con la sostenibilidad del medio ambiente. Además, el papel de la ingeniería química es básica para el avance de la implementación de la economía circular, ya que, según Morales y Castillo (2024), la ingeniería química al tener como eje el diseño y optimización de procesos químicos y biológicos a nivel industrial; desempeña un papel crucial dentro de la economía circular mediante el desarrollo y aprovechamiento de energías renovables, la reducción y valoración de residuos, entre otros. En otras palabras, la ingeniería química la fusiona

Palabras clave: Ingeniería química/ Economía circular/ Simbiosis industrial/ Sostenibilidad/ Valorización de residuos.

Abstract: Explores the challenges of recent years. Today, we find ourselves facing the challenges of scarce natural resources coupled with an increase in waste. In this context, the circular economy, defined as a system inspired by nature, eliminates the concept of waste, as it operates like any natural ecosystem where everything produced becomes input for another. It seeks to maintain a constant flow of products and materials through its main pillars: recycling and reuse, thereby breaking with the paradigm of the linear or traditional economy (United Nations, 2018; Ellen MacArthur Foundation, 2017). In other words, it is a production model that aims to limit the generation of new waste and thus contribute to environmental sustainability. Furthermore, chemical engineering plays a fundamental role in advancing the implementation of the circular economy. According to Morales and Castillo (2024), chemical engineering, with its focus on the design and optimization of chemical and biological processes at an industrial level, plays a crucial role in the circular economy through the development and utilization

of renewable energies, waste reduction and valorization, among other things. In other words, chemical engineering, by merging

Keywords: Chemical engineering/ Circular economy/ Industrial symbiosis/ Sustainability/ Waste valorization.

Résumé: Nous explorons les défis de ces dernières années. Aujourd'hui, nous sommes confrontés à la raréfaction des ressources naturelles et à l'augmentation des déchets. Dans ce contexte, l'économie circulaire, définie comme un système inspiré par la nature, élimine la notion de déchet, fonctionnant comme un écosystème naturel où tout produit devient un intrant pour un autre. Elle vise à maintenir un flux constant de produits et de matériaux grâce à ses piliers principaux : le recyclage et la réutilisation, rompant ainsi avec le paradigme de l'économie linéaire ou traditionnelle (Nations Unies, 2018 ; Fondation Ellen MacArthur, 2017). Autrement dit, il s'agit d'un modèle de production qui vise à limiter la production de nouveaux déchets et contribue ainsi à la durabilité environnementale. De plus, le génie chimique joue un rôle fondamental dans la mise en œuvre de l'économie circulaire. Selon Morales et Castillo (2024), le génie chimique, de par son intérêt pour la conception et l'optimisation des procédés chimiques et biologiques à l'échelle industrielle, joue un rôle crucial dans l'économie circulaire, notamment grâce au développement et à l'utilisation des énergies renouvelables, à la réduction et à la valorisation des déchets. Autrement dit, le génie chimique, en combinant

Mots-clés: Génie chimique/ Économie circulaire/ Symbiose industrielle/ Durabilité/ Valorisation des déchets.

1. Introducción

En el presente texto argumentativo "El rol de la ingeniería química en la economía circular: ¿permite una simbiosis industrial sostenible?" en los últimos años. Hoy en día nos encontramos perjudicados por la escasez de los recursos naturales; pero con un aumento de residuos. En este contexto, la economía circular es definida como un sistema que se inspira en la naturaleza, en el cual, el concepto de desperdicio no se hace presente, ya que al igual que todo ecosistema natural, todo lo que se produce es insumo para otro. Pues, busca mantener productos y materiales en flujo constante, a través de sus principales pilares el reciclaje y la reutilización, y con ello romper con el paradigma de la economía lineal o tradicional (Naciones Unidas, 2018; Ellen MacArthur Foundation, 2017). Es decir, es modelo de producción, la cual, busca limitar la generación de nuevos residuos y de esta manera contribuir con la sostenibilidad del medio ambiente. Además, el papel de la ingeniería química es básica para el avance de la implementación de la economía circular, ya que, según Morales y Castillo (2024), la ingeniería química al tener como eje el diseño y optimización de procesos químicos y biológicos a nivel industrial, desempeña un papel crucial dentro de la economía circular mediante el desarrollo y aprovechamiento de energías renovables, la reducción y valoración de residuos, entre otros. En otras palabras, la ingeniería química al fusionar la ciencia con la economía, logra crear y mejorar procesos industriales con el fin de impulsar energía limpia y mi-

nimizar los residuos, los cuales pueden ser usados como insumos por otra industria de la que proviene, facilitando la simbiosis sostenible entre las diferentes industrias. A raíz de ello, se propone la siguiente problemática: ¿De qué manera el rol de la ingeniería química influye en el desarrollo de la economía circular para una simbiosis industrial sostenible? Debido a que muchos de los residuos generados por las diferentes industrias terminan en vertederos, lugares donde no reciben el tratamiento correspondiente para cerrar el ciclo del producto, lo cual, tiene un impacto ambiental y con ello daños a la salud de las personas. En función a ello, se tiene como objetivo: Explicar la aplicación de la ingeniería química sobre la economía circular permitiendo el desarrollo de la simbiosis industrial sostenible. Por ello, el rol de la ingeniería química en la economía circular resulta favorable para el desarrollo de la simbiosis industrial puesto que facilita la optimización de recursos industriales y reduce la circulación de gases de efecto invernadero. Ya que, ayuda a combatir directamente la contaminación ambiental, mediante la reducción de producción de residuos, pues si se cambia el método de fabricación se podría disminuir hasta el 40% de las emisiones de contaminantes de las industrias para el 2050 (ONU, 2021). De esta manera, se muestra el real impacto del modelo contra el cambio climático, puesto que, no sería una opción ecológica sino una necesidad para el desarrollo de una industria sostenible. Teniendo como finalidad, concientizar cómo el rol de la ingeniería química en conjunto con la economía circular influye en el desarrollo de la simbiosis industrial sostenible. A continuación, se desarrollarán los siguientes respaldos como la reducción de uso de recursos naturales no renovables, aprovechamiento de recursos industriales, diseño de procesos para el cierre de ciclo del producto, lixiviación selectiva, biogás y la despolimerización.

2. Material y métodos

El trabajo corresponde a un ensayo argumentativo de revisión documental. La argumentación se sustenta en fuentes institucionales, académicas y de divulgación científica citadas en el texto original, orientadas a explicar el papel de la ingeniería química en la economía circular y su relación con la simbiosis industrial sostenible. El procedimiento de análisis organiza la información en ejes temáticos: reducción del uso de recursos no renovables, aprovechamiento de recursos industriales, lixiviación selectiva, producción de biogás y despolimerización/biodegradación de residuos.

3. Resultados

En primer lugar, el rol de la ingeniería química en la economía circular resulta favorable para el desarrollo de la simbiosis industrial por medio de la reducción de uso de recursos naturales no renovables. Considerando que, la economía circular busca reducir la implementación de materias primas no renovables, cuya demanda aumenta (por el crecimiento poblacional) mientras que su disponibilidad disminuye, puesto que, muchas de ellas son limitadas (Parlamento Europeo, 2023). Es decir, la economía circular es clave para enfrentar el aumento de la población, lo que trae consigo la escasez de recursos naturales no renovables, los cuales se encuentran de manera limitada en el ambiente. Además, esta situación no solo representa un riesgo económico, sino tam-

bién compromete la sostenibilidad a largo plazo. Por ello, el reciclaje es presentado como una solución factible para la recuperación de materiales, reducir la presión sobre la extracción de recursos naturales, sin perder el enfoque de garantizar el acceso a insumos necesarios para tecnología limpia y eficiente. Sin embargo, a pesar de que la economía circular se presenta como una solución frente a esta problemática, su aplicación aún sigue siendo insuficiente, ya que confiar solo en el reciclaje no resuelve el problema, pues si no hay cambio profundo por parte del sistema operativo, para ello se requiere mayor compromiso y acción concreta. De igual manera, el aprovechamiento de recursos industriales en la economía circular mediante el rol de la ingeniería química es favorable para la cooperación sostenible industrial. Dado que, la optimización de recursos industriales busca mejorar el uso de materiales, reduciendo desperdicios a través de procesos más limpios, priorizando el uso de materiales sostenibles, también promoviendo el diseño de producción que facilite la reutilización, para minimizar los residuos y aprovechar los insumos; así mismo, se realizan técnicas de cierre de ciclos productivos al recuperar y reutilizar los recursos (Alcázar, 2022; Vera et al., 2024). Entonces, la economía circular promueve el uso de manera eficiente y sostenible de recursos, sin la necesidad de extraer nuevos materiales debido al cierre de los ciclos productivos, impulsando los materiales biodegradables que al finalizar su ciclo puedan reintegrarse al ambiente, como también la tecnología manufactura avanzada permite fabricar productos con menos desperdicios y menor energía, agua y materias primas, y de esta manera optimizar la gestión de recursos industriales. La economía circular propone un modelo opuesto al lineal, el cual su prioridad son los productos que permitan su reparación y reciclaje. Según Martínez (2023), a diferencia de la economía lineal que extrae y desecha, la circular busca cerrar el ciclo productivo, con la finalidad de usar menos la materia prima no renovable al regenerar los recursos teniendo un enfoque integral promoviendo una producción sostenible (p.10). En otras palabras, la economía circular favorece una producción más eficiente y sostenible, ya que su objetivo es cerrar el ciclo de producción y disminuir el uso de recursos no renovables. Si bien, la economía circular optimiza el uso de recursos, su implementación requiere de cambios en modelos de producción, lo que significa una inversión significativa, lo que conlleva al compromiso real del sector industrial. Por su parte, el reciclaje y la reutilización en la economía circular dentro del rol de la ingeniería química es favorable para la asociación sostenible industrial. Para poder avanzar como sociedad y para que las opciones circulares en realidad empiecen con el cambio es necesario dejar el pensamiento contemporáneo, por ello, las empresas pueden optar por modelos circulares donde se pueda aprovechar el reciclaje y la restauración, en conjunto con los consumidores que por su parte puedan optar por productos ecológicos y reutilizables, ya que estas elecciones pueden reducir el impacto ambiental y tener un desarrollo industrial sostenible (Morales & Castillo, s.f). Siguiendo estas líneas, al implementar un modelo de negocio circular enfocados en el reciclaje y la restauración, permitirá el aprovechamiento de los recursos al máximo y disminuirá la generación de residuos, lo cual contribuirá a una economía más limpia y eficiente por medio de decisiones más responsable. Por otro lado, la lixiviación selectiva en la economía circular dentro del rol de la ingeniería química es favorable para el desarrollo de la contribución sostenible de las industrias. La industria minera al ser uno de los sectores más importantes en la economía, ya que, otros sectores dependen de esta, por lo que en la actualidad muchos de los minerales

se encuentran escasos o su obtención es difícil porque presentan poca rentabilidad, debido a la complejidad de muchos minerales. Por ello, sería factible aprovechar el residuo EAFD empleando una vía hidrometalúrgica con la presencia de un agente orgánico como lixivante, pues a diferencia del ácido nítrico, el citrato permite extraer de forma selectiva el metal deseado en condiciones más suaves (Borda et al. 2020), es decir, la hidrometalurgia vendría a ser una técnica innovadora para la extracción de metales, que a diferencia de los métodos tradicionales (Pirometalurgia) es más amigable con el medio ambiente. Así mismo, gracias al avance de los ingenieros químicos, la hidrometalurgia es mucho más eficiente para obtener metales como el cobre, el oro, el zinc, cobalto y elementos de tierras extrañas, ya sean minerales nuevos como también residuos como relaves y chatarra electrónica. Como también, este método gasta menos energía, no produce gases tóxicos como CO₂ y permite reciclar el agua, el cual vendría a ser una pieza fundamental para el desarrollo de una minería sostenible. Ya que al encontrarnos en un mundo donde cada vez se necesitan más metales, ya sea la transición de energía, la hidrometalurgia es una opción valiosa, pues no solo reduce los costos de producción sino también permitiría la recuperación de recursos que antes se desechaban, lo cual sería un impulso para el desarrollo de la economía circular. De igual manera, la producción del biogás en la economía circular en conjunto al rol de la ingeniería química es viable para el desarrollo de la simbiosis industrial. En la actualidad la vida no puede ser entendida si no contamos con energía, la cual, hasta ahora es dominada por los combustibles fósiles (carbón, el petróleo y el gas), de los cuales, su extracción tiene consecuencias negativas tanto para el medio ambiente como para la salud pública. Por ello, la necesidad de aprovechamiento de energías renovables se ha vuelto una alternativa para hacer frente al cambio climático que enfrentamos hoy en día. Para el Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía de España: El biogás dentro de la economía circular es fundamental como fuente de energía renovable, ya que descienden del sector agroindustrial, ganadero, estaciones depuradoras e incluso de residuos urbanos. Así mismo, el biometano obtenido del biogás puede aplicarse en diferentes sectores de la economía, como el transporte, generación de electricidad o sistemas térmicos, los cuales estarían sustituyendo a los combustibles fósiles, y favoreciendo a la transición de energía. (párr. 1) En otras palabras, el biogás es obtenido mediante la transformación de residuos orgánicos a través de la digestión anaeróbica, la cual, evita que los residuos puedan terminar en vertederos emitiendo gases contaminantes y cerrando el ciclo de los nutrientes. Por ello, el biogás es fuente clave para la energía renovable, pues también proviene de residuos agroindustriales, ganaderos, urbanos e incluso de tratamiento de aguas. Uno de sus derivados más resaltantes se tiene al biometano que se puede implementar en el transporte, la electricidad o la calefacción, y de esta manera se estarían reemplazando a los combustibles fósiles. Entonces, el biogás es una alternativa eficiente y sostenible ya que contribuye de manera activa a la gestión responsable en el energético, además, su aplicación reduce la dependencia de combustibles fósiles, aportando a la mitigación del cambio climático. Por último, la biodegradación en la economía circular dentro del rol de la ingeniería química. Es decir, los productos obtenidos mediante la biodegradación no son solo residuos, ya que se pueden considerar materias primas de alto valor por lo que se lograría volver a insertar al ciclo de producción; en lugar de fabricar nuevos polímeros desde cero usando recursos naturales que en su mayoría son derivados del petróleo. Pues, en su

lugar se puede hacer uso de componentes recuperados de polímeros ya desechados, lo cuales, estarían cerrando el ciclo y también se reduciría la necesidad de materias vírgenes; disminuiría la generación de residuos y sobre todo disminuiría la contaminación. Un ejemplo de la biodegradación. Por ejemplo (Johnson, at el. 2025). Es decir, los plásticos que usualmente se desechan (el PET), se podrían transformar en un medicamento, mediante la reorganización de Lossen. A través de procesos biocatalíticos (microorganismos realizando reacciones químicas) y la fermentación, se pasarían de plásticos a moléculas industriales. Lo cual, nos muestra una estrategia que nos permitiría convertir residuo plástico en productos valiosos, abriendo un camino hacia un futuro sostenible.

4. Discusión

Los resultados expuestos muestran que la ingeniería química aporta soluciones técnicas para cerrar ciclos de materiales y energía; sin embargo, la implementación de la economía circular no depende solo de la viabilidad tecnológica. También exige inversión, cambios en los modelos de producción, articulación entre industrias y compromiso institucional. En ese sentido, la simbiosis industrial sostenible se fortalece cuando los residuos son tratados como recursos y cuando las innovaciones de proceso se integran con políticas y decisiones empresariales de largo plazo.

5. Agradecimiento

La autora agradece a la Facultad de Química e Ingeniería Química y a la orientación académica recibida para la elaboración del presente trabajo.

6. Conclusiones

En síntesis, la ingeniería química cumple un rol esencial y versátil dentro de la economía circular, ya que permite la optimización de procesos industriales para reducir el uso de recursos no renovables y aprovechar los residuos como materia prima para otros sectores. Como es el caso de la extracción selectiva de residuos mineros o la generación de biogás a partir de desechos orgánicos, lo cual, muestra cómo esta disciplina ofrece soluciones innovadoras reduciendo los impactos ambientales, a partir del mejoramiento del uso de recursos y superando el método lineal (producir, usar y desechar). Así mismo, la participación de la ingeniería química en la economía circular es una estrategia clave para enfrentar el cambio climático, para poder avanzar hacia una industria más sostenible. Ya que, tiene la capacidad de desarrollar tecnologías avanzadas en el reciclaje, como la descomposición de plásticos en nuevas materias, logrando cerrar los ciclos productivos y minimizando los residuos. A partir, de este enfoque que no solo reduce la contaminación, sino que usa los desechos como oportunidades económicas, en beneficio del medio ambiente y la salud humana, además se estaría generando industrias resilientes y responsables con el futuro del planeta.

7. Literatura citada

- BBVA. (s.f). ¿QUÉ ES LA ECONOMÍA CIRCULAR? [HTTPS://WWW.BBVA.COM/ES/SOSTENIBILIDAD/QUE-ES-LA-ECONOMIA-CIRCULAR/](https://www.bbva.com/es/sostenibilidad/que-es-la-economia-circular/)
- BBVA. (s.f). ¿QUÉ ES EL COMBUSTIBLE FÓSIL? LA ENERGÍA QUE SE OBTIENE DE LA MATERIA ORGÁNICA. [HT-TPS://WWW.BBVA.COM/ES/SOSTENIBILIDAD/QUE-ES-EL-COMBUSTIBLE-FOSIL-LA-ENERGIA-QUE-SE-OBTIENE-DE-LA-MATERIA-ORGANICA/](https://www.bbva.com/es/sostenibilidad/que-es-el-combustible-fosil-la-energia-que-se-obtiene-de-la-materia-organica/)
- BANCO CENTRAL DE RESERVA DEL PERÚ (BCRP). (2023). MONEDA 195. [HTTPS://WWW.BCRP.GOB.PE/DOCS/PUBLICACIONES/REVISTA-MONEDA/MONEDA-195/MONEDA-195.PDF](https://www.bcrp.gob.pe/docs/publicaciones/revista-moneda/moneda-195/moneda-195.pdf)
- COMISIÓN ECONÓMICA PARA AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE (CEPAL). (2024.). LA ECONOMÍA CIRCULAR EN AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE. [HTTPS://REPOSITORIO.CEPAL.ORG/SERVER/API/CORE/BITS-TREAMS/321C16C7-62EF-441D-AB18-93BFDA9276F/CONTENT](https://repositorio.cepal.org/server/api/core/bits-treams/321c16c7-62ef-441d-ab18-93bfda9276f/content)
- ELLEN MACARTHUR FOUNDATION. (N.D.). CIRCULAR ECONOMY INTRODUCTION: OVERVIEW. [HTTPS://WWW.ELLENMACARTHURFOUNDATION.ORG/TOPICS/CIRCULAR-ECONOMY-INTRODUCTION/OVERVIEW](https://www.ellenmacarthurfoundation.org/topics/circular-economy-introduction/overview)
- ELLEN MACARTHUR FOUNDATION (s.f). TOWARDS THE CIRCULAR ECONOMY [HTTPS://WWW.AQUAFIL.COM/ASSETS/UPLOADS/ELLEN-MACARTHUR-FOUNDATION.PDF](https://www.aquafil.com/assets/uploads/ellen-macarthur-foundation.pdf)
- EL PAÍS. (2025). ECONOMÍA CIRCULAR, A TODO BIOGÁS. EL PAÍS ENERGÍA. [HTTPS://ELPAIS.COM/EXTRA/ENERGIA/2025-05-24/ECONOMIA-CIRCULAR-A-TODO-BIOGAS.HTML](https://elpais.com/extra/energia/2025-05-24/economia-circular-a-todo-biogas.html)
- EUROPARL. (2015). ECONOMÍA CIRCULAR: DEFINICIÓN, IMPORTANCIA Y BENEFICIOS. [HTTPS://WWW.EUROPARL.EUROPA.EU/TOPICS/ES/ARTICLE/20151201STO05603/ECONOMIA-CIRCULAR-DEFINICION-IMPORTANCIA-Y-BENEFICIOS](https://www.europarl.europa.eu/topics/es/article/20151201STO05603/economia-circular-definicion-importancia-y-beneficios)
- EUROSTAT. (s,f). MATERIAL FLOW ACCOUNTS STATISTICS - MATERIAL FOOTPRINTS: EU'S MATERIAL FOOTPRINT BY MATERIAL CATEGORY OVER TIME. [HTTPS://EC.EUROPA.EU/EUROSTAT/STATISTICS-EXPLAINED/INDEX.PHP?TITLE=MATERIAL_FLOW_ACCOUNTS_STATISTICS_-_MATERIAL_FOOTPRINTS#EU.27S_MATE-RIAL_FOOTPRINT_BY_MATERIAL_CATEGORY_OVER_TIME](https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Material_flow_accounts_statistics_-_material_footprints#EU.27s_material_footprint_by_material_category_over_time)
- GENIABIOENERGY. (s.f.). BIOGÁS Y ECONOMÍA CIRCULAR DEL SECTOR AGRÍCOLA. [HTTPS://GENIABIOENERGY.COM/BIOGAS-Y-ECONOMIA-CIRCULAR-DEL-SECTOR-AGRICOLA/](https://geniabioenergy.com/biogas-y-economia-circular-del-sector-agricola/)
- INSTITUTO PARA LA DIVERSIFICACIÓN Y AHORRO DE LA ENERGÍA (IDAE). (s.f). TECNOLOGÍAS: ENERGÍAS RENOVABLES: USO TÉRMICO: BIOGÁS. RETRIEVED FROM [HTTPS://WWW.IDAE.ES/TECNOLOGIAS/ENERGIAS-RENOVABLES/USO-TERMICO/BIOGAS](https://www.idae.es/tecnologias/energias-renovables/uso-termico/biogas)
- KAIZEN. (s.f.). ECONOMÍA CIRCULAR: ANÁLISIS CICLO DE VIDA. RETRIEVED FROM [HTTPS://KAIZEN.COM/ES/INSIGHTS-ES/ECONOMIA-CIRCULAR-ANALISIS-CICLO-VIDA/](https://kaizen.com/es/insights-es/economia-circular-analisis-ciclo-vida/)

- MINISTERIO PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA Y EL RETO DEMOGRÁFICO (MITECO). (N.D.). BIOGÁS. RETRIEVED FROM [HTTPS://WWW.MITECO.GOB.ES/CONTENT/DAM/MITECO/ES/ENERGIA/FILES-1/ES-ES/NOVEDADES/DOCUMENTS/00HR_BIOGAS_V6.PDF](https://www.miteco.gob.es/content/dam/miteco/es/energia/files-1/es-es/NOVEDADES/DOCUMENTS/00HR_BIOGAS_V6.PDF)
- NASSER, A. R., NABIL, A., & AHMAD, N. M. (2025). DEPOLYMERIZATION FOR A CIRCULAR ECONOMY: SUSTAINABLE POLYMER WASTE MANAGEMENT AND RESOURCE RECOVERY. ENVIRONMENTAL CHEMISTRY LETTERS. [HTTPS://PUBMED.NCBI.NLM.NIH.GOV/40550969/](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/40550969/)
- NATURALEZA SIN TÓXICOS. (2020). CC ECONOMÍA CIRCULAR. RETRIEVED FROM [HTTPS://NATURALEZASIN-TOXICOS.WORDPRESS.COM/WP-CONTENT/UPLOADS/2020/02/CC-ECONOMC3ADA-CIRCULAR.PDF](https://naturalezasin-toxicos.wordpress.com/wp-content/uploads/2020/02/cc-economc3ada-circular.pdf)
- ORGANIZACIÓN DE LOS ESTADOS AMERICANOS (OAS). (S.F). SIMPOSIO G: PANEL I BIOGÁS. [HTTPS://WWW.OAS.ORG/DSD/ENERGY/DOCUMENTS/SIMPOSIOG/3%20PANEL%20I%20BIOGAS.PDF](https://www.oas.org/dsd/energy/documents/simposioG/3%20Panel%20%20Biogas.pdf)
- PLASTICS EUROPE. (2023). CIRCULARIDAD 2021. [HTTPS://PLASTICSEUROPE.ORG/ES/WP-CONTENT/UPLOADS/SITES/4/2023/03/PLASTICSEUROPE-CIRCULARIDAD-2021.PDF](https://plasticseurope.org/es/wp-content/uploads/sites/4/2023/03/PlasticsEurope-Circularidad-2021.pdf)
- PROMINDSA. (S.F). CÓMO CONTRIBUYE EL BIOGÁS A LA ECONOMÍA CIRCULAR. [HTTPS://PROMINDSA.COM/COMO-CONTRIBUYE-EL-BIOGAS-A-LA-ECONOMIA-CIRCULAR/](https://promindsa.com/como-contribuye-el-biogas-a-la-economia-circular/)
- REVISTA CIENCIAS ADMINISTRATIVAS Y SOCIALES. (S.F). LA ECONOMÍA CIRCULAR COMO MODELO DE DESARROLLO SOSTENIBLE. [HTTPS://RC.CIENCIASAS.ORG/INDEX.PHP/RC/ARTICLE/VIEW/192/145](https://rc.cienciasas.org/index.php/rc/article/view/192/145)
- REVISTA CONTACTOS. (S.F). LA ECONOMÍA CIRCULAR: UN MODELO PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE. [HTTPS://CONTACTOS.IZT.UAM.MX/INDEX.PHP/CONTACTOS/ARTICLE/VIEW/456/248](https://contactos.izt.uam.mx/index.php/contactos/article/view/456/248)
- REVISTAS UNL. (S.F.). ECONOMÍA CIRCULAR Y SU IMPACTO EN EL DESARROLLO SOSTENIBLE. [HTTPS://REVISTAS.UNL.EDU.EC/INDEX.PHP/CEDAMAZ/ARTICLE/VIEW/1265/1074](https://revistas.unl.edu.ec/index.php/cedamaz/article/view/1265/1074)
- RODRÍGUEZ, I. (2025). SUSTAINABLE UTILIZATION OF BIOMASS WASTE FOR GREEN ENERGY PRODUCTION: A REVIEW. ENVIRONMENTAL SCIENCE AND POLLUTION RESEARCH. [HTTPS://LINK.SPRINGER.COM/ARTICLE/10.1007/S43621-025-01257-Y](https://link.springer.com/article/10.1007/s43621-025-01257-y)
- SISTEMA NACIONAL DE INFORMACIÓN AMBIENTAL (SINIA). (S.F.). ECONOMÍA CIRCULAR EN PERÚ. [HTTPS://SINIA.MINAM.GOB.PE/SITES/DEFAULT/FILES/ARCHIVOS/PUBLIC/DOCS/PB_ALEJANDRA%20VALDIVIA.PDF](https://sinia.minam.gob.pe/sites/default/files/archivos/public/docs/pb_alejandra%20valdivia.pdf)
- TEMAS DE ENERGÍA. (S.F.). EL BIOGÁS COMO FUENTE DE ENERGÍA RENOVABLE EN COSTA RICA. [HTTPS://WWW.SCIOLO.SA.CR/PDF/TEM/V31N2/0379-3982-TEM-31-02-159.PDF](https://www.scielo.sa.cr/pdf/tem/v31n2/0379-3982-tem-31-02-159.pdf)
- UN NEWS. (2018). LA ECONOMÍA CIRCULAR: UNA SOLUCIÓN A LA CRISIS DEL PLÁSTICO. [HTTPS://NEWS.UN.ORG/ES/INTERVIEW/2018/12/1447801](https://news.un.org/es/interview/2018/12/1447801)
- UN NEWS. (2021). LA ONU IMPULSA LA ECONOMÍA CIRCULAR PARA UNA RECUPERACIÓN MÁS SOSTENIBLE. [HTTPS://NEWS.UN.ORG/ES/STORY/2021/03/1490082](https://news.un.org/es/story/2021/03/1490082)

- UN NEWS. (2022). LA ECONOMÍA CIRCULAR, CLAVE PARA LA ACCIÓN CLIMÁTICA Y EL DESARROLLO SOSTENIBLE. [HTTPS://NEWS.UN.ORG/ES/STORY/2022/04/1506592](https://news.un.org/es/story/2022/04/1506592)
- UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DEL PERÚ (UTEC). (2019). UNA MIRADA DE LA ECONOMÍA CIRCULAR A TRAVÉS DE LA INGENIERÍA QUÍMICA. [HTTPS://WWW1.UTEC.EDU.PE/BLOG-DE-CARRERAS/INGENIERIA-QUIMICA/UNA-MIRADA-DE-LA-ECONOMIA-CIRCULAR-TRAVES-DE-LA-INGENIERIA-QUIMICA](https://www1.utec.edu.pe/blog-de-carreras/ingenieria-quimica/una-mirada-de-la-economia-circular-traves-de-la-ingenieria-quimica)
- WANG, L., ZHANG, J., & LI, Y. (2023). ADVANCES IN CIRCULAR ECONOMY FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT. CHINESE CHEMICAL LETTERS, 34(8), 108151. [HTTPS://WWW.CHINESECHEMSOC.ORG/DOI/10.31635/CCSCHEM.023.202303460](https://www.chinesechemsoc.org/doi/10.31635/ccschem.023.202303460)
- ZHANG, Y., YANG, J., & LI, H. (2023). BIOGAS PRODUCTION FROM AGRICULTURAL WASTE: A REVIEW OF RECENT ADVANCES. ENERGIES, 16(9), 3801. [HTTPS://WWW.MDPI.COM/1996-1073/16/9/3801](https://www.mdpi.com/1996-1073/16/9/3801)

ÍNDICE DE IMÁGENES



De izquierda a derecha

1. https://www.vectorizados.com/vector/12952_pez-mecanico/#google_vignette
2. https://www.rawpixel.com/image/2828388/free-illustration-png-shopping-social-media-shop?utm_medium=organic&utm_source=Pinterest
3. https://cgworld.jp/interview/images/201612_Aiming/201612_Aiming_a3.jpg
4. https://stock.adobe.com/pe/stock-photo/id/1057997516?utm_source=Pinterest&utm_medium=organic&epik=djoyJnUgZ3lZbmNiTDhxUDl-jaiZRaXEyZE1LamFrMDh4TXVrTlcmcDowJm49VkhadGJkdExMaVM-2cXV5SkZkUopyQSZoPUFBQUFBR255Tks4https://es.pinterest.com/priyankaminnu/
5. https://es.pngtree.com/freepng/cleaning-service-eco-wiper-business-logo-design-template-vector_5101197.html?utm_source=Pinterest&utm_medium=organic

Ciencias e Ingeniería



<https://ctscafe.pe/index.php/cienciaingenieria>
Volumen II- N° 4 Abril 2026

Contáctenos en nuestro correo electrónico
cienciaseingenierias@ctscafe.pe

Página Web:
<https://ctscafe.pe/index.php/cienciaingenieria>