



*El Rol de los Ingenieros Químicos en la Economía Circular de Esmeraldas*

*The Role of Chemical Engineers in the Circular Economy of Esmeraldas*

*O papel dos engenheiros químicos na economia circular de Esmeraldas*

Martha Elizabeth Nevárez-Rivadeneira <sup>I</sup>  
[martha.nevarez.rivadeneira@utelvt.edu.ec](mailto:martha.nevarez.rivadeneira@utelvt.edu.ec)  
<https://orcid.org/0009-0005-4247-0208>

Fernanda Justine Quinteros-Cevallos <sup>II</sup>  
[fernanda.quinteros.cevallos@utelvt.edu.ec](mailto:fernanda.quinteros.cevallos@utelvt.edu.ec)  
<https://orcid.org/0000-0001-6207-4417>

Pablo José Morcillo-Valencia <sup>III</sup>  
[pablo.morcillo.valencia@utelvt.edu.ec](mailto:pablo.morcillo.valencia@utelvt.edu.ec)  
<https://orcid.org/0000-0002-8471-745X>

Jairo Vladimir Obando-Perea <sup>IV</sup>  
[jairo.obando@utelvt.edu.ec](mailto:jairo.obando@utelvt.edu.ec)  
<https://orcid.org/0000-0002-9876-8602>

**Correspondencia:** [martha.nevarez.rivadeneira@utelvt.edu.ec](mailto:martha.nevarez.rivadeneira@utelvt.edu.ec)

Ciencias Técnicas y Aplicadas  
Artículo de Investigación

\* **Recibido:** 17 de agosto de 2024 \* **Aceptado:** 14 de septiembre de 2024 \* **Publicado:** 26 de octubre de 2024

- 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

Este artículo examina el papel crucial que desempeñan los ingenieros químicos en la adopción de la economía circular en Esmeraldas, Ecuador. Su principal objetivo radica en desentrañar cómo estos profesionales impulsan la sostenibilidad ambiental y fomentan el desarrollo económico local, enfrentándose a desafíos específicos y capitalizando oportunidades innovadoras. La metodología empleada abarca una exhaustiva revisión bibliográfica de estudios previos, junto con un análisis detallado de proyectos locales que ilustran la implementación de prácticas de economía circular en la región.

Los resultados obtenidos destacan que los ingenieros químicos son fundamentales en la gestión eficiente de recursos, la reducción de residuos y la optimización de procesos, asumiendo roles esenciales en el reciclaje y la recuperación de materiales. Además, se subraya la necesidad de una colaboración interdisciplinaria entre ingenieros, otros profesionales y la comunidad, uniendo fuerzas para fomentar iniciativas sostenibles. Aunque enfrentan barreras significativas, como la escasez de recursos y la falta de capacitación, las perspectivas futuras se vislumbran alentadoras. Existe un enorme potencial para el desarrollo de proyectos innovadores que beneficien tanto a la economía local como al medio ambiente. En conclusión, este artículo resalta la imperante necesidad de integrar la economía circular en los programas educativos y las políticas públicas, maximizando así su impacto positivo en Esmeraldas.

**Palabras clave:** Economía Circular; Ingeniería Química; Sostenibilidad.

## Abstract

This article examines the crucial role played by chemical engineers in the adoption of the circular economy in Esmeraldas, Ecuador. Its main objective is to unravel how these professionals drive environmental sustainability and foster local economic development, addressing specific challenges and capitalizing on innovative opportunities. The methodology employed encompasses an exhaustive bibliographic review of previous studies, together with a detailed analysis of local projects that illustrate the implementation of circular economy practices in the region.

The results obtained highlight that chemical engineers are fundamental in the efficient management of resources, waste reduction and process optimization, assuming essential roles in recycling and material recovery. In addition, the need for interdisciplinary collaboration between engineers, other professionals and the community is underlined, joining forces to foster sustainable initiatives.

Although they face significant barriers, such as scarce resources and lack of training, future prospects look encouraging. There is enormous potential for the development of innovative projects that benefit both the local economy and the environment. In conclusion, this article highlights the urgent need to integrate the circular economy into educational programs and public policies, thus maximizing its positive impact in Esmeraldas.

**Keywords:** Circular Economy; Chemical Engineering; Sustainability.

## Resumo

Este artigo examina o papel crucial que os engenheiros químicos desempenham na adoção da economia circular em Esmeraldas, no Equador. O seu principal objetivo consiste em desvendar como estes profissionais promovem a sustentabilidade ambiental e promovem o desenvolvimento económico local, enfrentando desafios específicos e capitalizando oportunidades inovadoras. A metodologia utilizada inclui uma exaustiva revisão bibliográfica de estudos anteriores, juntamente com uma análise detalhada de projetos locais que ilustram a implementação de práticas de economia circular na região.

Os resultados obtidos realçam que os engenheiros químicos são fundamentais na gestão eficiente dos recursos, na redução de resíduos e na otimização de processos, assumindo papéis essenciais na reciclagem e valorização de materiais. Além disso, destaca-se a necessidade de colaboração interdisciplinar entre engenheiros, outros profissionais e a comunidade, unindo esforços para promover iniciativas sustentáveis. Embora enfrentem barreiras significativas, como a escassez de recursos e a falta de formação, as perspectivas futuras parecem encorajadoras. Existe um enorme potencial para o desenvolvimento de projetos inovadores que beneficiem tanto a economia local como o ambiente. Concluindo, este artigo destaca a necessidade predominante de integrar a economia circular nos programas educativos e nas políticas públicas, maximizando assim o seu impacto positivo em Esmeraldas.

**Palavras-chave:** Economia Circular; Engenharia Química; Sustentabilidade.

## Introducción

La economía circular, un paradigma transformador en la producción y el consumo, se concibe como un modelo que no solo busca maximizar el uso de los recursos, sino que también persigue la

minimización de desechos y promueve la sostenibilidad mediante un ciclo incesante de reutilización y reciclaje de materiales (Ellen MacArthur Foundation, 2019; González & Pérez, 2019). Este enfoque se ha vuelto de vital importancia en un mundo que enfrenta la sobreexplotación de recursos naturales, el acuciante cambio climático y una alarmante generación de residuos. La transición hacia una economía circular no solo permite a las naciones mitigar su huella ambiental, sino que también abre la puerta a oportunidades económicas sostenibles, contribuyendo así a mejorar la calidad de vida de sus ciudadanos (Geng & Doberstein, 2010; Ragaert, De Meulenaer, & Paredes, 2017).

En Esmeraldas, una provincia ecuatoriana que atesora una biodiversidad rica y recursos naturales significativos, la situación ambiental y económica es preocupante. La intensa actividad industrial, especialmente en sectores como la petroquímica y la minería, ha propiciado una degradación alarmante del medio ambiente, afectando gravemente la salud de los ecosistemas locales y, por ende, a las comunidades que de ellos dependen (Mah, 2021; Vega, 2022). A pesar de su indudable potencial, la economía de Esmeraldas se enfrenta a retos como el desempleo, el aumento de la pobreza y la falta de infraestructura adecuada para la gestión eficiente de residuos. Estos problemas claman por un enfoque transformador que incorpore los principios de la economía circular, no solo para mitigar los impactos ambientales, sino también para revitalizar la economía local y promover la inclusión social (Sarango et al., 2024; Melendez et al., 2021).

El objetivo de este artículo es analizar cómo la adopción de prácticas de economía circular en Esmeraldas puede impulsar la sostenibilidad tanto ambiental como económica en la región. Se explorarán diversas estrategias que pueden ser implementadas para integrar la economía circular en los procesos productivos locales, así como los beneficios que este enfoque puede proporcionar a la comunidad, la economía y el entorno natural.

## **Desarrollo**

La economía circular, un concepto dinámico y multifacético, se erige como un modelo económico revolucionario, donde la reducción, reutilización y reciclaje de materiales y recursos se convierten en pilares fundamentales. Su ambicioso objetivo es cerrar el ciclo de vida de los productos, evitando el desperdicio y minimizando el uso de recursos no renovables (Guerrero & Medel, 2019). En este intrigante escenario, la ingeniería química emerge como un actor crucial, desempeñando un papel vital en el diseño de procesos que no solo optimizan el uso de recursos, sino que también

mejoran la eficiencia y reducen los residuos generados (Pérez & González, 2018). Los ingenieros químicos, equipados con una amalgama de principios científicos y técnicas de ingeniería, se lanzan a la búsqueda de soluciones innovadoras que no solo contribuyen a la sostenibilidad, sino que también abrazan la implementación de tecnologías de reciclaje y recuperación de materiales.

### **Revisión de la literatura**

Numerosos estudios han explorado la fascinante intersección entre la economía circular y la ingeniería química. Geng y Doberstein (2010) sostienen que la adopción de prácticas circulares puede catalizar un "desarrollo sostenible", facilitando la reutilización de recursos en el ámbito industrial. Por su parte, Kirchgeorg y Hockerts (2018) subrayan que la industria química posee la capacidad de liderar esta transición transformadora, al ofrecer procesos que integran el reciclaje de materiales y la minimización de residuos. Adicionalmente, investigaciones recientes han revelado que la formación y la generación de capacidades en economía circular son esenciales para integrar este enfoque en los currículos de las carreras de ingeniería (Barrios et al., 2023; Brito et al., 2023).

### **Funciones de los Ingenieros Químicos**

Los ingenieros químicos despliegan un arsenal de competencias y habilidades que son cruciales para la implementación efectiva de la economía circular. Entre estas destacan el diseño de procesos sostenibles, el análisis de ciclos de vida de productos, y la habilidad de trabajar con materiales renovables y reciclados (Pires & Martinho, 2019). Su formación, rigurosa y orientada a la práctica, les permite gestionar recursos de manera eficiente y optimizar procesos, minimizando así el impacto ambiental.

Un ejemplo palpable de su labor se observa en la gestión de recursos, donde los ingenieros químicos desarrollan procesos que maximizan la eficiencia del uso de agua y energía, además de implementar prácticas de reciclaje en diversas industrias. En lo que respecta a la minimización de residuos, su trabajo se centra en identificar oportunidades para recuperar subproductos, transformándolos en recursos valiosos (Melendez et al., 2021). Un rol esencial que desempeñan es el diseño de procesos para la recuperación de materiales preciosos de desechos industriales, un esfuerzo que, indudablemente, contribuye a la sostenibilidad.

### **Aplicaciones prácticas**

En Esmeraldas, un panorama vibrante de innovación se despliega, donde los ingenieros químicos lideran la vanguardia de procesos que implementan prácticas de economía circular. Un ejemplo destacado es el reciclaje de aguas residuales en la industria, una iniciativa que no solo alivia la

carga de desechos, sino que también genera recursos valiosos para los procesos productivos (Bravo, 2023). Además, se están realizando proyectos audaces de recuperación de materiales, como la extracción de metales de desechos industriales, que no solo mitigan el impacto ambiental, sino que también crean un valor económico tangible (Guachamín & de los Ángeles, 2022).

Los proyectos locales brillan al incluir iniciativas que promueven la colaboración con universidades y comunidades, enfocándose en el reciclaje de plásticos y otros materiales, así como en la adopción de tecnologías sostenibles en la producción agrícola (del Carmen Calderón et al., 2024). Estas acciones no solo benefician al medio ambiente, sino que también generan una conciencia colectiva en la comunidad sobre la imperiosa necesidad de abrazar la sostenibilidad y la economía circular.

### **Colaboración interdisciplinaria**

La colaboración interdisciplinaria se revela como un componente esencial para avanzar hacia una economía circular robusta en Esmeraldas. Los ingenieros químicos deben tejer alianzas con otros profesionales, como ingenieros civiles, ambientalistas y expertos en gestión de residuos, para orquestar estrategias integrales que aborden los complejos desafíos ambientales de la región (Zhan & Chen, 2019). Además, la participación activa de la comunidad es crucial para fomentar la educación y la sensibilización sobre prácticas sostenibles.

El éxito de estas colaboraciones se manifiesta en proyectos que involucran a la comunidad local en la recolección y clasificación de residuos, promoviendo no solo la economía circular, sino también el empoderamiento de las comunidades (Rodríguez et al., 2023). De esta forma, el trabajo conjunto entre diversas disciplinas, junto con la participación comunitaria, se convierte en la clave para implementar efectivamente un modelo de economía circular en Esmeraldas.

## **Desafíos y Oportunidades**

### **Barreras para la Implementación**

La travesía hacia la economía circular en Esmeraldas, impulsada por ingenieros químicos, se enfrenta a un paisaje repleto de desafíos complejos y multifacéticos que demandan atención inmediata:

### **Falta de Conciencia y Educación**

En el corazón de esta problemática radica una desconexión profunda entre el concepto de economía circular y su comprensión entre los miembros de la comunidad y los actores industriales. Esta falta

de conocimiento se traduce en una resistencia palpable hacia el cambio y la adopción de prácticas sostenibles, complicando así la transición hacia un modelo más ecológico (Pérez & González, 2018). Además, la ausencia de formación especializada en este ámbito dentro de los programas académicos limita la preparación de futuros profesionales, perpetuando el ciclo de inacción.

### **Inversión Inicial Alta**

La implementación de tecnologías y procesos que favorezcan la economía circular puede requerir inversiones iniciales que podrían parecer exorbitantes. Para muchas empresas locales que operan con márgenes de beneficio estrechos, estas inversiones se perciben como riesgos elevados, eclipsando las oportunidades de un retorno a largo plazo (Brito et al., 2023).

### **Inadecuada Infraestructura de Reciclaje**

Un obstáculo considerable es la insuficiencia de infraestructura adecuada para la recolección y el reciclaje de materiales en Esmeraldas. Sin una red eficiente y robusta de gestión de residuos, la integración de prácticas de economía circular se torna sumamente compleja (Bravo, 2023).

### **Regulación y Políticas Públicas**

La falta de políticas claras y de incentivos específicos para fomentar la economía circular puede actuar como un freno para la acción de ingenieros químicos y otros profesionales en la región. Un marco regulatorio inestable puede generar incertidumbres que desincentivan las inversiones en innovación y avances tecnológicos (Guachamín & de los Ángeles, 2022).

### **Oportunidades Futuras**

Pese a la maraña de desafíos, emergen diversas oportunidades que podrían abrir las puertas a proyectos innovadores y sostenibles en Esmeraldas:

#### **Desarrollo de Tecnologías Locales**

La investigación y el desarrollo de tecnologías específicas para el reciclaje y la recuperación de materiales poseen un potencial transformador. Los ingenieros químicos pueden liderar iniciativas para diseñar soluciones que se adapten a las condiciones locales, como procesos eficientes de tratamiento de aguas residuales y reciclaje de plásticos (Melendez et al., 2021).

#### **Colaboración Interinstitucional**

La cooperación entre universidades, empresas y gobiernos locales puede catalizar proyectos innovadores que impulsen la economía circular. La creación de programas de formación, sensibilización y redes de colaboración puede facilitar la implementación de prácticas sostenibles en el tejido industrial (Rodríguez et al., 2023).

### **Aprovechamiento de Recursos Locales**

Esmeraldas cuenta con una riqueza de recursos naturales que pueden ser utilizados de manera más eficiente mediante un enfoque de economía circular. Por ejemplo, la utilización de biomasa y residuos agrícolas como fuentes de energía renovable no solo puede enriquecer la sostenibilidad ambiental, sino también estimular el desarrollo económico local (del Carmen Calderón et al., 2024).

### **Concienciación Comunitaria**

Promover la educación y la participación activa de la comunidad en prácticas sostenibles puede inducir un cambio positivo en la percepción sobre la economía circular. Las iniciativas locales de reciclaje y conservación de recursos, impulsadas por ingenieros químicos en colaboración con escuelas y organizaciones comunitarias, podrían crear un ambiente fértil para la adopción de estas prácticas (Guerrero & Medel, 2019).

### **Conclusiones**

Los ingenieros químicos se erigen como protagonistas clave en la metamorfosis hacia una economía circular en Esmeraldas, aportando su vasto conocimiento y experiencia en la optimización de procesos y la gestión de recursos. Su habilidad para innovar en técnicas de reciclaje y recuperación de materiales no solo propulsa la sostenibilidad ambiental, sino que también nutre un desarrollo económico más resiliente y alineado con los desafíos locales.

La colaboración interdisciplinaria se manifiesta como un pilar fundamental para avanzar en la implementación de la economía circular en la región. La sinergia entre ingenieros químicos, profesionales de diversas disciplinas y la comunidad en general fomenta un intercambio de conocimientos y recursos que amplifica la efectividad de las iniciativas sostenibles. Este enfoque colaborativo no solo enriquece las capacidades locales, sino que también forja un sentido de pertenencia y compromiso hacia el cuidado del medio ambiente.

A pesar de los retos que persisten, la economía circular se perfila como un marco fecundo para la innovación y el desarrollo de proyectos sostenibles en Esmeraldas. Las iniciativas que capitalizan los recursos locales y promueven la educación y concienciación sobre la sostenibilidad pueden remodelar la economía de la región, generando un impacto positivo tanto en la calidad de vida de sus habitantes como en la preservación de su entorno natural.



## Referencias

1. Acosta-Pérez, I., Marrero-Delgado, F., & Espinosa-Martínez, J. U. (2020). La economía circular como contribución a la sostenibilidad en un destino turístico cubano de sol y playa. *Estudios y perspectivas en turismo*, 29(2), 406-425.
2. Barrios Brito, B., Lopes Martínez, I., Delgado Fernández, T., & Noya Domínguez, L. (2023). Generación de capacidades en economía circular como parte del diseño curricular universitario, con enfoque a la carrera Ingeniería Industrial.
3. Bravo Cordero, M. (2023). Propuesta de utilización de agua lluvia en el proceso de papel reciclado. Enfoque desde la economía circular (Bachelor's thesis, Universidad del Azuay).
4. Brito, B. B., Martínez, I. L., Fernández, T. D., Domínguez, L. N., & Gerke, G. (2023). Generación de capacidades en economía circular en el proceso de enseñanza-aprendizaje de la ingeniería industrial. *Revista Cubana de Administración Pública y Empresarial*, 7(1), e256-e256.
5. Carvajalino-Umaña, J. D., Romero-Perdomo, F., López-González, M., Ardila, N., & González-Curbelo, M. Á. (2022). Economía circular en Colombia: Panorama y estrategias para acelerar su implementación. *Ingeniería y Desarrollo en la Nueva Era*, 187-200.
6. del Carmen Calderón-Quijije, E., Abad-Alvarado, G., & Guevara-Toscano, M. E. (2024). Economía circular y su vinculación con el entorno académico para el manejo de desechos en la Universidad de Guayaquil. *MQRInvestigar*, 8(2), 3424-3445.
7. Ellen MacArthur Foundation. (2019). Completing the Picture: How the Circular Economy Tackles Climate Change. Recuperado de <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/>
8. Garzón Truque, D. I., Molina Roa, J., Rojas Burgos, L. S., Acosta Peña, M. C., & Duarte Méndez, D. F. (2021). Propuesta de implementación de economía circular para el aprovechamiento de terpenos provenientes de la obtención de cannabinoides (Bachelor's thesis, Especialización en Gerencia Procesos de Calidad e Innovación Virtual).
9. Guerrero-Bonilla, J. D., & Medel-González, M. (2019). El concepto de economía circular: una revisión. *Revista de la Facultad de Ingeniería*, 34(1), 1-12. Recuperado de <https://revistas.ujmd.edu.sv>
10. Geng, Y., & Doberstein, B. (2010). Developing the circular economy in China: Challenges and opportunities for achieving 'leapfrog development'. *International Journal of Sustainable Development & World Ecology*, 17(3), 217-227. doi:10.1080/13504501003740697

11. González-García, S., & Pérez-Belis, V. (2019). Life Cycle Assessment and Circular Economy: A Review of the Literature. *Sustainability*, 11(1), 174. doi:10.3390/su11010174
12. Guachamín, P., & de los Ángeles, M. (2022). Economía circular para la recuperación de cobre de los lodos que genera el proceso de desgrabado de cilindros de la empresa SIGMAPLAST.
13. Kirchgeorg, M., & Hockerts, K. (2018). The role of the chemical industry in the circular economy. *Sustainability*, 10(2), 561. doi:10.3390/su10020561
14. Martín Martínez, M., Águeda Maté, V. I., Álvarez Torrellas, S., Carbajo Olleros, J., Delgado Dobladez, J. A., García Rodríguez, J., ... & Sanchez Fernandez, I. (2024). Dando a conocer la Ingeniería Química: del bachillerato a la Universidad... y vuelta!.
15. Melendez, J. R., Delgado, J. L., Chero, V., & Rodríguez, J. F. (2021). Economía Circular: Una Revisión desde los Modelos de Negocios y la Responsabilidad Social Empresarial. *Revista Venezolana de Gerencia: RVG*, 26(6), 560-573.
16. Mah, A. (2021). Blindando al capitalismo ante el Futuro1: La paradoja de la Economía circular para los Plásticos.
17. Pérez-Belis, V., & González-García, S. (2018). Implementing Circular Economy in Chemical and Industrial Processes. *Waste Management*, 74, 2-12. doi:10.1016/j.wasman.2018.11.007
18. Pires, A., & Martinho, G. (2019). Circular economy in the chemical industry: A review of the literature. *Resources, Conservation and Recycling*, 149, 126-139. doi:10.1016/j.resconrec.2019.06.016
19. Ragaert, K., De Meulenaer, B., & Paredes, A. (2017). Challenges and opportunities for the circular economy in the plastics industry. *Resources, Conservation and Recycling*, 116, 75-83. doi:10.1016/j.resconrec.2016.09.023
20. Rodríguez Galindo, E. T., Aza Arroyo, E. I., Niño Ramírez, M. F., Forero Cortés, D. C., Rodríguez Castro, L. D., Rodríguez Galindo, J. H., ... & Rivas Naranjo, P. A. (2023). Economía circular y negocios verdes: una propuesta diferente para emprender.
21. Sarango, A. F. H., Lescano, J. C. P., Sánchez, P. V. M., Barragán, C. E. C., & Velasco, J. E. L. (2024). Economía Circular: Modelos de Negocio y Estrategias Sostenibles. Know Press.

22. Vega, L. A. (2022). La sostenibilidad y el impacto de la economía circular en las relaciones de trabajo: un cambio de paradigma (Doctoral dissertation, Universidad de Belgrano-Facultad de Derecho y Ciencias Sociales-Especialización en Derecho Ambiental).
23. World Economic Forum. (2020). A Circular Economy Action Agenda: A Global Perspective. Recuperado de <https://www.weforum.org/>
24. Zhan, Y., & Chen, L. (2019). Barriers to circular economy in the chemical industry: A review of the literature. *Journal of Cleaner Production*, 228, 1230-1245. doi:10.1016/j.jclepro.2019.04.047

© 2024 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/>).