

EDUCAR EN QUÍMICA PARA UN FUTURO SOSTENIBLE: LOS ODS COMO EJE FORMATIVO

*EDUCATING IN CHEMISTRY FOR A SUSTAINABLE FUTURE: THE
SDGs AS A CORE FRAMEWORK*

CANO SALAZAR, Lucía Fabiola^{1,2}

FLORES GUÍA, Tirso Emmanuel²

RESUMEN

La química, considerada como una ciencia central, desempeña un papel esencial en la comprensión y transformación de la materia, así como en el desarrollo de soluciones sostenibles ante los desafíos ambientales y sociales contemporáneos. Este trabajo analiza la importancia de integrar los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) en la enseñanza de la química universitaria, con el propósito de formar profesionales comprometidos con la sostenibilidad, la ética científica y el bienestar social. A partir de una revisión teórica y documental, se identifican los principales enfoques educativos que promueven esta integración, entre ellos la química verde, el aprendizaje basado en proyectos (ABP), el aprendizaje-servicio y el pensamiento sistémico. Diversos estudios demuestran que la inclusión de los ODS en los planes de estudio mejora la comprensión conceptual del alumnado, incrementa su conciencia ambiental y fortalece sus competencias científicas y sociales. Asimismo, se destacan experiencias universitarias en las que el diseño de materiales adsorbentes, la gestión de residuos o el uso de recursos digitales se vinculan directamente con los ODS 6, 9 y 12, promoviendo un aprendizaje significativo y contextualizado. Se concluye que educar en química para un futuro sostenible implica trascender la enseñanza tradicional, fomentando la creatividad, la reflexión crítica y la responsabilidad ética. De este modo, los ODS se consolidan no como un complemento curricular, sino como el eje formativo que orienta la educación científica hacia la construcción de un futuro equitativo, consciente y respetuoso con el planeta.

Palabras clave: educación superior; sostenibilidad; educación química; objetivos de desarrollo sostenible.

1. Centro de Estudios Universitarios San Isidro, Arteaga, Coahuila, México.
2. Facultad de Ciencias Químicas, Universidad Autónoma de Coahuila, Saltillo, Coahuila, México.

Correspondencia
lucia.cano@uadec.edu.mx
<https://orcid.org/0000-0003-2437-3728>

Fecha de recepción
19 de noviembre de 2025.
Fecha de aceptación
14 de enero de 2026.

ABSTRACT

Chemistry, recognized as a central science, plays a crucial role in understanding and transforming matter, as well as in developing sustainable solutions to contemporary environmental and social challenges. This paper analyzes the importance of integrating the Sustainable Development Goals (SDGs) into university-level chemistry education, aiming to train professionals committed to sustainability, scientific ethics, and social well-being. Based on a theoretical and documentary review, the study identifies key educational approaches that promote this integration, including green chemistry, project-based learning (PBL), service-learning, and systems thinking. Several studies demonstrate that the inclusion of the SDGs in chemistry curricula enhances students' conceptual understanding, increases their environmental awareness, and strengthens their scientific and social competencies. Likewise, university experiences in which students design adsorbent materials, manage waste, or use digital resources are directly linked to SDGs 6, 9, and 12, fostering meaningful and context-based learning. It is concluded that educating in chemistry for a sustainable future requires transcending traditional teaching methods by fostering creativity, critical reflection, and ethical responsibility. In this way, the SDGs are consolidated not as a complementary element but as the formative axis that guides scientific education toward the construction of an equitable, conscious, and environmentally responsible future.

Keywords: higher education; sustainability; chemistry education; sustainable development goals.

I. INTRODUCCIÓN

La química es la ciencia que estudia la composición, estructura, propiedades y transformaciones de la materia, así como las leyes que gobiernan dichas transformaciones (Brown et al., 2018) Su objetivo es comprender la naturaleza íntima de los materiales y las interacciones que ocurren entre las sustancias, proporcionando una base racional para los fenómenos naturales y tecnológicos que sustentan la vida moderna. Por su capacidad de conectar conocimientos de la física, la biología, las matemáticas, la geología y la ingeniería, se le reconoce como la ciencia central, un pilar sobre el cual descansan otras áreas del conocimiento científico y tecnológico (Atkins et al., 2023; Romero Mireles, 2023).



Esta posición privilegiada otorga a la química un papel estratégico en el desarrollo sostenible. En el contexto actual de crisis climática, contaminación, pérdida de biodiversidad y agotamiento de recursos naturales, el conocimiento químico se convierte en una herramienta esencial para diseñar soluciones innovadoras que permitan equilibrar las necesidades humanas con la protección del medio ambiente (Makinde et al., 2024; Mitarlis et al., 2023). En las últimas décadas, ha cobrado relevancia la química verde, cuyo propósito es diseñar productos y procesos químicos que reduzcan o eliminen el uso y la generación de sustancias peligrosas (Anastas & Warner, 2000; Anastas & Zimmerman, 2018) Este enfoque no solo responde a imperativos técnicos, sino también éticos, al promover una ciencia responsable y comprometida con la sostenibilidad.

De manera paralela, los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), establecidos por la Asamblea General de las Naciones Unidas en 2015, constituyen un marco global para erradicar la pobreza, proteger el planeta y garantizar la prosperidad de todos. Los 17 objetivos que conforman la Agenda 2030 representan una guía integral que invita a la colaboración entre gobiernos, instituciones educativas, sector productivo y sociedad civil (Naciones Unidas, 2015). Dentro de ellos, el ODS 4 promueve una "educación inclusiva, equitativa y de calidad", y reconoce la enseñanza científica como herramienta transformadora para alcanzar los demás objetivos (UNESCO, 2022).

En este escenario, la educación superior desempeña un papel determinante (Alcántara-Rubio et al., 2022). Las universidades, como generadoras de conocimiento, innovación y pensamiento crítico son espacios estratégicos para formar profesionales capaces de aplicar los principios de sostenibilidad en su quehacer disciplinar. En particular, la enseñanza de la química puede y debe alinearse con los ODS, fomentando el aprendizaje significativo, la conciencia ética y la acción social (Alcántara-Rubio et al., 2022). Estudios recientes demuestran que integrar los ODS en las ciencias químicas mejora la comprensión conceptual y fortalece el compromiso del estudiantado con los problemas ambientales y sociales de su entorno (Inieta Valcárcel & Martínez Lirola, 2020; Wissinger et al., 2021)

II. LA QUÍMICA COMO CIENCIA CENTRAL Y SU VÍNCULO CON LA SOSTENIBILIDAD

El conocimiento químico se encuentra en el núcleo de la innovación tecnológica y científica. Desde la producción de materiales avanzados hasta la generación de energías limpias o la descontaminación de aguas, la química ofrece herramientas esenciales para el desarrollo sostenible (Atkins et al., 2023). Su carácter integrador le permite conectar la investigación básica con la aplicación práctica, haciendo posible el diseño de soluciones que equilibren eficiencia económica y respeto ambiental.

La química verde o química sostenible surgió como respuesta a los impactos negativos de la industria química tradicional. Anastas y Zimmerman (2018) enfatizan que esta disciplina busca reducir el uso de recursos no renovables y eliminar sustancias tóxicas a través de doce principios que promueven la prevención, la eficiencia energética y la innovación responsable. Así, la sostenibilidad se convierte en una extensión natural de la química, una nueva dimensión que orienta su práctica hacia el bien común (Anastas & Zimmerman, 2018).

Por otra parte, Mahaffy y col. (2019) proponen el enfoque del systems thinking (pensamiento sistémico), el cual permite a los estudiantes analizar los procesos químicos dentro de un contexto global e interconectado. Este modelo fomenta una comprensión más profunda de cómo las decisiones científicas y tecnológicas influyen en el ambiente y en la sociedad, favoreciendo una educación química con conciencia planetaria (Mahaffy et al., 2019).

III. LOS OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE Y SU RELEVANCIA EN LA EDUCACIÓN SUPERIOR

Los ODS son un referente indispensable para articular la enseñanza universitaria con los desafíos contemporáneos. Entre ellos, varios se vinculan directamente con la química: el ODS 6 (Agua limpia y saneamiento), el ODS 7 (Energía asequible y no contaminante), el ODS 9 (Industria, innovación e infraestructura), el ODS 12 (Producción y consumo responsables) y el ODS 13 (Acción por el clima).

La UNESCO (2022) subraya que la educación para el desarrollo sostenible debe transformar los modelos de enseñanza y aprendizaje, promoviendo el pensamiento crítico, la resolución de problemas complejos y la toma de decisiones éticas. En este sentido, la educación química puede funcionar como catalizador del cambio, al conectar los contenidos disciplinares con los problemas reales del entorno (UNESCO, 2022).

Wissinger y col. señalan que la integración de los ODS en los cursos de química promueve la reflexión sobre el impacto social de la ciencia, aumentando la empatía y la conciencia ambiental del alumnado (Wissinger et al., 2021). De manera similar, Aguirregabiria y col. (2020) demostraron que los proyectos interdisciplinarios basados en los ODS potencian el aprendizaje significativo y fomentan la cooperación entre disciplinas científicas y sociales (Aguirregabiria Barturen & García Olalla, 2020).

El reto, por tanto, consiste en pasar de un modelo de enseñanza centrado en la transmisión de contenidos a uno basado en la acción transformadora, donde el estudiante sea protagonista en la búsqueda de soluciones sostenibles.

IV. INTEGRAR LOS ODS EN LA ENSEÑANZA DE LA QUÍMICA: ESTRATEGIAS Y EXPERIENCIAS

Diversas estrategias pedagógicas han demostrado ser efectivas para incorporar los ODS en la enseñanza de la química. Entre ellas destacan el aprendizaje basado en proyectos (ABP), el aprendizaje-servicio (ApS) y el pensamiento sistémico.

Mirtalis y col. (2023) documentaron una experiencia universitaria donde los estudiantes aplicaron principios de química verde para diseñar materiales adsorbentes destinados al tratamiento de aguas residuales, vinculando el ODS 6 y el ODS 12. Este tipo de prácticas fomenta competencias científicas y sociales, incrementando la motivación y la responsabilidad ambiental de los alumnos (Mirtalis et al., 2023).

Asimismo, Burmeister y col. (2012) destacan que el aprendizaje-servicio refuerza la conexión entre ciencia y ciudadanía al involucrar a los estudiantes

en proyectos comunitarios que promueven la sostenibilidad (Burmeister et al., 2012). Por su parte, Ippoliti y col. (2022) demuestran que el uso de recursos digitales interactivos y simulaciones facilita la comprensión de procesos complejos, como el análisis del ciclo de vida de productos químicos o la evaluación de su impacto ambiental (Ippoliti et al., 2022).

Estas experiencias sugieren que integrar los ODS en la enseñanza de la química no implica añadir contenidos, sino reorientar la práctica docente hacia una formación crítica, reflexiva y participativa, donde los estudiantes construyan conocimiento al servicio de la sostenibilidad.

V. RETOS Y OPORTUNIDADES HACIA UNA EDUCACIÓN QUÍMICA SOSTENIBLE

Aunque los avances son notables, la integración de la sostenibilidad en la enseñanza de la química enfrenta desafíos estructurales. La resistencia al cambio curricular, la falta de capacitación docente y la escasez de materiales didácticos adecuados son obstáculos recurrentes (Burmeister et al., 2012; UNESCO, 2022). Además, la evaluación tradicional basada en resultados cognitivos limita el desarrollo de competencias transversales vinculadas con la ética y la sostenibilidad.

No obstante, estas limitaciones también representan oportunidades. El fortalecimiento de redes académicas, la actualización docente y la investigación interdisciplinaria pueden consolidar una educación química más comprometida con los ODS. Proyectos de investigación aplicada, como el desarrollo de materiales para remediación ambiental o tecnologías de energía limpia, evidencian que la química tiene el potencial de ser una fuerza motriz para el cambio social y ambiental (Anastas & Zimmerman, 2018).

Educar en química para un futuro sostenible significa, en última instancia, formar ciudadanos científicos capaces de vincular la excelencia técnica con la responsabilidad ética. En la medida en que las universidades integren los ODS en su quehacer docente e investigativo, se estará formando una generación de químicos capaces de transformar la ciencia en una herramienta para el bienestar colectivo y la preservación del planeta.

VI. CONCLUSIONES

Educar en química para un futuro sostenible es mucho más que enseñar fórmulas o reacciones: es formar ciudadanos críticos, éticos y comprometidos con su entorno. La integración de los ODS en la educación química representa una oportunidad para vincular la ciencia con la vida, orientando el conocimiento hacia la construcción de un mundo más justo y equilibrado.

La química, como ciencia central, posee el potencial de liderar la transición hacia un desarrollo sostenible, siempre que su enseñanza se base en principios de responsabilidad ambiental y justicia social. Las universidades tienen la responsabilidad de promover una formación científica que fomente la creatividad, la reflexión y la acción consciente. Solo así se podrá garantizar que las futuras generaciones de químicos contribuyan activamente a los desafíos globales de la Agenda 2030.

Educar en química para un futuro sostenible no es una opción, sino una necesidad. Requiere compromiso institucional, innovación docente y una visión integral que combine ciencia, ética y humanidad. En este camino, los ODS no son un complemento, sino el eje formativo que guiará a la educación científica hacia un porvenir más equitativo, consciente y respetuoso con el planeta.

REFERENCIAS

- Aguirregabiria Barturen, J., & García Olalla, A. M. (2020). Aprendizaje basado en proyectos y desarrollo sostenible en el Grado de Educación Primaria. *Enseñanza de las Ciencias. Revista de investigación y experiencias didácticas*, 38(2): 5–24. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.2717>
- Alcántara-Rubio, L., Valderrama-Hernández, R., Solís-Espallargas, C., & Ruiz-Morales, J. (2022). The implementation of the SDGs in universities: a systematic review. *Environmental Education Research*, 28(11): 1585–1615. <https://doi.org/10.1080/13504622.2022.2063798>
- Anastas, P. T., & Warner, J. C. (2000). *Green Chemistry* (Vol. 1). Oxford University Press Oxford. <https://doi.org/10.1093/oso/9780198506980.001.0001>

- Anastas, P. T., & Zimmerman, J. B. (2018). The United Nations sustainability goals: How can sustainable chemistry contribute? *Current Opinion in Green and Sustainable Chemistry*, 13: 150–153. <https://doi.org/10.1016/j.cogsc.2018.04.017>
- Atkins, P., Laverman, L., Jones, L., Young, K., & Patterson, J. E. (2023). *Chemical Principles: The Quest For Insight* (4a ed., Vol. 1). WH Freeman & Company.
- Brown, T. L., Le May, H. E., Bursten, B. E., Murphy, C. J., Woodward, P. M., Stoltzfus, M. W., & Lufaso, M. W. (2018). *Chemistry : The central Science* (14a ed.). Pearson.
- Burmeister, M., Rauch, F., & Eilks, I. (2012). Education for Sustainable Development (ESD) and chemistry education. *Chem. Educ. Res. Pract.*, 13(2): 59–68. <https://doi.org/10.1039/C1RP90060A>
- Iniesta Valcárcel, J., & Martínez Lirola, M. (2020). Objetivos de Desarrollo Sostenible y Educación para el Desarrollo Sostenible: Aplicaciones a la Enseñanza de la Asignatura Cinética Química del Grado en Química. *ENSAYOS. Revista de la Facultad de Educación de Albacete*, 2(35): 17–33. <http://www.revista.uclm.es/index.php/ensayos-Consultadaenfecha>
- Ippoliti, F. M., Chari, J. V., & Garg, N. K. (2022). Advancing global chemical education through interactive teaching tools. *Chemical Science*, 13(20): 5790–5796. <https://doi.org/10.1039/D2SC01881K>
- Mahaffy, P. G., Matlin, S. A., Holme, T. A., & MacKellar, J. (2019). Systems thinking for education about the molecular basis of sustainability. *Nature Sustainability*, 2(5): 362–370. <https://doi.org/10.1038/s41893-019-0285-3>
- Makinde, S. O., Ajani, Y. A., & Abdulrahman, M. R. (2024). Smart Learning as Transformative Impact of Technology: A Paradigm for Accomplishing Sustainable Development Goals (SDGs) in Education. *Indonesian Journal of Education Research ant Technology*, 4(3): 66097. <https://doi.org/10.17509/ijert.v4i3.66097>
- Mitarlis, M., Azizah, U., & Yonata, B. (2023). The integration of green chemistry principles in basic chemistry learning to support achievement of Sustainable Development Goals (SDGs) through education. *Journal of Technology and Science Education*, 13(1): 233. <https://doi.org/10.3926/jotse.1892>
- Naciones Unidas. (2015). *Transformar nuestro mundo: la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible*.
- Romero Mireles, L. L. (2023, diciembre 4). *Química, ciencia central para la humanidad*. Gaceta UNAM. <https://www.gaceta.unam.mx/quimica-ciencia-central-para-la-humanidad/>
- UNESCO. (2022). *Education for Sustainable Development: Towards achieving the SDGs (ESD for 2030)*. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000374802>

Wissinger, J. E., Visa, A., Saha, B. B., Matlin, S. A., Mahaffy, P. G., Kümmerer, K., & Cornell, S. (2021). Integrating Sustainability into Learning in Chemistry. *Journal of Chemical Education*, 98(4): 1061–1063. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.1c00284>

