

Artículo de revisión

Química verde y educación superior salvadoreña para un desarrollo sostenible
Green chemistry and Salvadoran higher education for sustainable development

Edith Alicia Torres de Cantón

Facultad de Química y Farmacia, Universidad de El Salvador, San Salvador, El Salvador / edith.torres@ues.edu.sv

 <https://orcid.org/0000-0002-7380-5518>

Odette González Aportela

Instituto Especializado de Profesionales de la Salud, San Salvador, El Salvador / postgrados@ieproes.edu.sv

 <https://orcid.org/0000-0002-8924-6976>

Recibido el 22/8/2022, aprobado el 26/10/2022, publicado el 9/12/2022

Resumen

La química ha sido catalogada como una fuente de contaminación ambiental. Es por ello que numerosos científicos, organizaciones e instituciones han buscado nuevas formas de trabajarla; una de ellas es la química verde. La Universidad de El Salvador posee el reto de adecuar la enseñanza y la investigación de la química en función del desarrollo sostenible. Al respecto, el objetivo del presente trabajo fue socializar la importancia y los beneficios que generan la formación en química verde para los miembros de la Facultad de Química y Farmacia. Se realizó una investigación de tipo documental, que permitió exponer cómo surge la química verde; cuáles son los doce principios que facilitan su comprensión e impulsan el trabajo; y la necesaria capacitación de los docentes

como parte de la responsabilidad social universitaria a favor del desarrollo sostenible. Se concluye que, las estrategias docentes que permitan socializar la importancia y los beneficios de la formación en química verde contribuyen a visualizarla como una apuesta real al desarrollo sostenible.

Palabras clave: contaminación ambiental, universidad, sostenibilidad, enseñanza aprendizaje de la química.

Abstract

Chemistry has been catalogued as a source of environmental pollution. That is why many scientists, organizations and institutions have sought new ways of working with it; one of them is green chemistry. The University of El Salvador has the challenge of adapting the teaching and research of chemistry to sustainable development. In this regard, the objective of this work was to socialize the importance and benefits generated by the training in green chemistry for the members of the Faculty of Chemistry and Pharmacy. Documentary type research was carried out, which allowed to expose how green chemistry arises; which are the twelve principles that facilitate its understanding and promote the work; and the necessary training of teachers as part of the university social responsibility in favor of sustainable development. It is concluded that teaching strategies that allow socializing the importance and benefits of training in green chemistry contribute to visualize it as a real commitment to sustainable development.

Key words: environmental pollution, university, sustainability, chemistry teaching and learning.

Introducción

La población mundial se ha multiplicado considerablemente en un mundo que se transforma con sistematicidad en lo político, económico, cultural, ambiental y social. Ello trae consigo un aumento significativo en la utilización de los recursos naturales como los recursos químicos. Durante la época de la prehistoria, la actividad humana se limitaba a obtener de la naturaleza aquello que pudiera contribuir a satisfacer las necesidades inmediatas; lo cual se fue modificando con el transcurso del tiempo, debido al progreso científico técnico que ha ido alcanzando la humanidad.

El desarrollo de la ciencia y, en este caso de la química, ha resuelto numerosos problemas de décadas y siglos pasados, así como actuales; lo que ha influenciado la calidad de vida de los seres humanos (Cid del Prado, 2020). La Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO), en el *Año Internacional de la Química*, promovió los beneficios de esta ciencia para la humanidad. En ese contexto, Lehn (2011) manifestó que,

la química contribuye de forma decisiva a satisfacer las necesidades de la humanidad en alimentación, medicamentos, indumentaria, vivienda, energía, materias primas, transportes y comunicaciones. También suministra materiales a la física y la industria, proporciona modelos y sustratos a la biología y la farmacología, y aporta propiedades y procedimientos a las ciencias y las técnicas en general. (párr. 1)

Coincidiendo con esta autora, se concibe a la *química* como la ciencia que produce beneficios. No obstante, es necesario velar por su uso desde la responsabilidad ambiental, “a partir de la convicción de que el medio ambiente concierne y afecta a todos” (Quiroz *et al.*, 2018, p. 74).

Existen numerosos ejemplos de contaminación ambiental a partir del empleo de productos químicos (Pino, 2020; Sierra *et al.*, 2014). Los miembros de la comunidad científica internacional, desde finales del siglo XX, se han preocupado y ocupado de los problemas de la contaminación, así como de la búsqueda de materias primas y procesos productivos que no contaminen el medio ambiente. Motivos suficientes para que, en 1990, la Agencia de la Protección del Ambiente de los Estados Unidos promoviera la *química sostenible* o, como también se le conoce, *química verde*, término que fue acuñado por los ingenieros químicos estadounidenses Paúl Anastas y John Warner en 1998 (Soledad-Rodríguez, 2018).

A partir de esta perspectiva, varios investigadores, académicos y organizaciones gubernamentales y no gubernamentales han aportado definiciones, estudios y metodologías, que contribuyen a su socialización en función de la protección ambiental. Al respecto, Soledad-Rodríguez (2018) expone que, “la química verde es el uso de la química para la prevención de la polución mediante procesos industriales benignos, diseñados alternativamente a los existentes” (p. 12).

Asimismo, Soledad-Rodríguez (2018) apunta que,

tiene como objetivo principal prevenir la contaminación en lugar de remediarla, concientizando a la comunidad científica y las industrias sobre la importancia de proveer bienes y servicios acordes con el crecimiento poblacional. Engloba distintas ramas de la ciencia y la ingeniería, tales como la microbiología, biotecnología, toxicología, química analítica, catálisis, química ambiental, ingeniería de diseño e ingeniería mecánica, entre otras. (p. 12)

Teniendo en cuenta estos aspectos, se considera que la química verde se aplica a todo el ciclo de vida de un producto químico, lo que incluye su diseño, manufactura, uso y eliminación final. Es por ello que, la promoción de estos aspectos no puede depender solo de los investigadores, las agencias o las organizaciones. Las instituciones educativas y, en especial las de educación superior, deben sumarse e implicarse en este camino para lograr cumplir con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de la *Agenda 2030*.

La transformación en los modos de hacer, de los profesionales de la química, solo puede lograrse desde la formación de grado y continua de estos, al unísono de las políticas públicas que en su conjunto contribuyan a la protección del medio ambiente. Las instituciones de educación superior (IES) juegan un rol importante en la transformación social:

La interacción constante del saber, desde el aula, se pondrá de manifiesto en la comunidad, una vez se adquiera la habilidad desde el proceso de enseñanza-aprendizaje, aprender desde el ejemplo, ha marcado huellas en la historia y marca pauta para procedimientos en todas las áreas del conocimiento y el quehacer de la vida cotidiana. (González y Batista, 2021, p. 215)

Por lo tanto, el espacio de las IES es idóneo para fomentar los cambios en el accionar de los futuros profesionales desde los procesos de formación, investigación y proyección social. Teniendo en cuenta la necesidad de transformar la situación actual en el uso de los productos químicos, así como la demanda internacional de preservar el ambiente para las futuras generaciones; de conjunto con la misión de las IES en la formación de profesionales competentes que respondan a las demandas sociales (Conferencia Regional de Educación Superior, 2018); la Facultad de Química y Farmacia

de la Universidad de El Salvador se ha propuesto fomentar la química verde para transitar al desarrollo sostenible.

A raíz, el objetivo del presente trabajo fue socializar la importancia y los beneficios que genera la formación en química verde para los miembros de la Facultad de Química y Farmacia de la Universidad de El Salvador. La investigación que se llevó a cabo fue de tipo documental, a partir de la revisión de materiales bibliográficos de organismos internacionales, nacionales y artículos científicos relacionados con la temática, para fundamentar la necesidad e importancia de promover la química verde.

Desarrollo

Como explica Domínguez (2015), la contaminación ambiental es un proceso cíclico que involucra al aire, al agua y al suelo. A medida que los países se desarrollan, los procesos industriales también se van extendiendo. Dentro de ellos, los procesos clínicos y la agricultura están estrechamente relacionados con el uso de la química, la cual es asumida como contaminación ambiental en muchas ocasiones.

En este sentido, el uso indiscriminado de plaguicidas y fertilizantes contribuye a la contaminación de los suelos, e impacta en los ciclos biogeoquímicos. En el ciclo del nitrógeno, se ha demostrado que el uso del KNO_3 como fertilizante afecta directamente las comunidades microbianas endófitas y, en específico, las bacterias diazotróficas. Estudios realizados por González (2008), con varias cepas bacterianas fijadoras de nitrógeno, demostraron que “el proceso de fijación biológica del nitrógeno de las diversas cepas en estudio, se modificó con la adición de las sustancias nitrogenadas” (p. 75).

Otras investigaciones proponen remediaciones ambientales. Sin embargo, hay daños que son irreversibles o costosos, sobre todo los que se le ocasionan a la salud humana. Para perfeccionar los procesos asociados al desarrollo industrial sin causar contaminación ambiental, y para mejorar la calidad de vida, tanto en lo social como en lo económico, se debe pensar en una *educación para el desarrollo sostenible* (Soledad-Rodríguez, 2018).

La Organización de las Naciones Unidas ha estado trabajando en este tema. Es por ello que planteó como visión desde el 2002:

Alcanzar ciudadanos capacitados a hacer frente a los retos del presente y el futuro, y dirigentes que toman decisiones adecuadas para un mundo viable, para lo cual habrían adquirido diversas competencias (pensamiento crítico y creativo, comunicación, gestión de conflictos y estrategias de solución de problemas, evaluación de proyectos) para participar activamente en la vida de la sociedad, respetar la tierra y la vida en toda su diversidad y estar comprometidos con el fomento de la democracia en una sociedad sin exclusión y en la que impere la paz. (Núñez, 2019, pp. 291-314)

En la reciente 3.^a Conferencia Mundial de la UNESCO, se hizo un llamado a las IES para trabajar junto a la sociedad en virtud de alcanzar los ODS. Los autores del presente estudio coinciden con lo planteado en ella, en tanto consideran que las IES tienen la facilidad de convocar, y así definir los caminos a seguir para alcanzar el desarrollo sostenible. Esto significa asumir una nueva forma de actuar: multi, inter y transdisciplinar en la investigación y la educación. Tal es así, que la Agenda 2030 habla de no dejar a nadie atrás (Hessen y Schemaken, 2022).

En concordancia con lo anterior, Soledad-Rodríguez (2018) expone que, desde el ideal de la sostenibilidad, es indispensable que las IES en sus planes de estudio estén comprometidos con la química. Por lo tanto, se hace necesario buscar nuevos métodos de enseñanza aprendizaje, que no comprometan la salud ni el medio ambiente. Es decir, buscar nuevas materias primas, reactivos biodegradables y procesos que sean menos contaminantes. Bajo este principio, las autoras de este trabajo proponen la enseñanza de la asignatura Química Verde en la Facultad de Química y Farmacia de la Universidad de El Salvador.

Química verde: un poco de historia

La química verde nace en los Estados Unidos de América. Se desarrolló inicialmente como una respuesta al acta de prevención de la contaminación de 1990, la cual declaró que la política nacional de ese país debía eliminar la contaminación mediante un diseño mejorado que incluyera cambios

rentables en productos, procesos, uso de materias primas y reciclaje; mucho más conveniente que tratar o eliminar.

Teniendo en cuenta la importancia del cuidado del medio ambiente, se ejecutó un programa de becas de investigación en 1991, auspiciado por la Oficina de Prevención de la Contaminación y Tóxicos de la Agencia de la Protección del Ambiente de los Estados Unidos. Este programa fomentó el rediseño de los productos y procesos químicos para reducir su impacto en la salud humana y el medio ambiente (Cid del Prado, 2020).

La evolución de la química verde conllevó al otorgamiento de premios de investigación en el área, tales como los que surgieron en 1996 como premios anuales presidenciales, tanto a nivel industrial como académico. Estos permitieron mejorar los currículos educativos de la enseñanza aprendizaje de la química como ciencia. Al traste, empezaron a organizarse, en la década de los 90, numerosas reuniones internacionales dedicadas al tema de la sostenibilidad; así como las conferencias de investigación *Gordon* sobre química verde, y las redes de colaboración en los Estados Unidos, el Reino Unido, España e Italia para profundizar en esta rama (Cid del Prado, 2020).

En 1998 se publican los *Doce principios de la Química Verde*, los cuales fueron introducidos por Paul Anastas y John Warner, y proporcionaron al nuevo campo un conjunto claro de pautas para un mayor desarrollo. Hacia 1999, la Royal Society of Chemistry lanzó su revista *Green Chemistry*. En los últimos años se ha observado una mayor atención a la química verde y el desarrollo sostenible, “dado su potencial para innovar y hacer avanzar la química con el fin de contribuir a la consecución de los objetivos y metas mundiales de desarrollo sostenible” (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, 2022, p. 2).

El Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (2022) planteó, además, que “si bien el concepto de «química verde» fue el resultado de los conocidos doce principios publicados en 1998 (Anastas & Warner, 1998), la «química sostenible» ha evolucionado recientemente como un concepto estrechamente relacionado, aunque más holístico” (p. 2).

Según Arreche (2015), “la química verde tiene como objetivo principal ejecutar nuevos procesos químicos, es decir, buscar alternativas, las cuales sean amigables con el medio ambiente” (p. 4). Es así como van surgiendo nuevos conceptos que ayudan a mejorar el cuidado del medio ambiente y la salud humana, como el caso de las tecnologías limpias. De acuerdo con los objetivos propuestos por Anastas y Warner (1998), la química verde trasciende, va más allá de la química ambiental, y aún más del campo de la ecología.

Coincidiendo con Pino (2020), esta disciplina tiene presente al ser humano y al medio ambiente de manera constante; y apuesta por una forma innovadora de realizar sucesos e incorporar conceptos de la sostenibilidad. Es una nueva manera de enfrentar la química. Asimismo, tiene entre sus objetivos el desarrollo de la investigación, la producción industrial y, en definitiva, el futuro de la humanidad.

Dentro de este orden de ideas, se afirma que la química verde no es remedial sino preventiva, porque se hace énfasis en el diseño del proceso a nivel industrial y de las IES, y al análisis de la toxicidad que pueda tener el producto, y sus daños a la salud. En ese trayecto, se relaciona con otras ciencias para perfeccionar su labor.

Arreche (2015) describe los doce principios propuestos por Anasta y Warner (1998), los cuales se detallan a continuación:

- *Prevención*: Es preferible prevenir la formación de residuos en lugar de tratarlos una vez formados.
- *Economía atómica*: Se deben diseñar métodos de síntesis para maximizar la incorporación de todos los materiales usados durante el proceso dentro del producto final.
- *Uso de metodologías que generen productos de toxicidad reducida*: Los métodos sintéticos deben usar o generar, cuando sea posible, sustancias de baja toxicidad y bajo impacto ambiental.
- *Generación de productos eficaces de baja toxicidad*: Los productos químicos deben ser diseñados para preservar la eficacia mientras se reduce la toxicidad.
- *Reducción del uso de sustancias auxiliares*: Deben evitarse o minimizar el uso de materiales auxiliares como solventes, agentes de separación, etc., o reemplazarlos por sustancias inocuas

- *Minimizar el consumo energético*: El uso de energía debe ser reducido, minimizándose el impacto ambiental y económico. De ser posible, las síntesis deben realizarse a presión y temperatura ambiente.
- *Utilización de materia prima renovable*: Cuando sea técnica y económicamente viable, la materia prima y la energía usadas deben ser de una fuente renovable.
- *Evitar las reprivatizaciones innecesarias*: Se deben evitar la formación de derivados como protección/desprotección, bloqueo de grupos y modificación temporaria de procesos fisicoquímicos.
- *Potenciación de la catálisis*: Se deben emplear, en lo posible, procesos catalizados selectivos en lugar de procesos estequiométricos.
- *Generación de productos biodegradables*: Los productos químicos deben ser diseñados para que se degraden en productos inocuos cuando sean eliminados y, de este modo, no persistan en el ambiente.
- *Desarrollar metodologías analíticas para el monitoreo en tiempo real*: Los procesos deben ser monitoreados con el fin de evitar la formación de sustancias peligrosas.
- *Minimizar el potencial de accidentes químicos*: Los materiales empleados en un proceso químico deben ser escogidos para minimizar riesgos y accidentes, incluyéndose las emanaciones, explosiones e incendios. (p. 3)

Es imposible que en un solo proceso se apliquen todos estos principios, pero es necesario revisar exhaustivamente los procesos para no caer en errores, que puedan dañar la salud humana.

Química verde y desarrollo sostenible

El avance de la química verde conlleva una educación enmarcada en el desarrollo sostenible. Como lo expresa Vilela (2022), “una educación para el desarrollo sostenible requiere repensar todo el proceso de enseñanza aprendizaje para que las IES puedan brindar el espacio para la transformación personal y social” (párr. 5), que demanda la *Agenda 2030*. Tal como lo expresan Vilches *et al.* (2009), “vivimos una situación de emergencia planetaria marcada por una serie de graves problemas relacionados: contaminación y degradación de los ecosistemas, agotamiento de

recursos, crecimiento incontrolado de la población mundial, desequilibrios insostenibles, conflictos destructivos, pérdida de diversidad biológica y cultural” (p.11).

En este escenario, las IES deben estar comprometidas con la protección del medio ambiente. Para ello, deben incorporar elementos vinculados a la sostenibilidad en función de la enseñanza y el aprendizaje.

En este sentido, Ramos (2020, como se citó en UNESCO 2014) plantea que las IES presentan dos desafíos en el marco de la *Agenda 2030*. Por un lado, formar profesionales capaces de proponer soluciones, fundamentadas en principios de sostenibilidad o en perspectiva de la educación para el desarrollo sostenible (EDS); y por otro lado, que las IES tienen la responsabilidad de formar profesionales que le den solución a los problemas que encontrarán en su desempeño.

Estos desafíos implican a toda la organización de las IES desde los procesos sustantivos de formación, investigación y proyección social; donde el docente juega un papel clave en los propósitos de la institución. Ello requiere multiplicar las iniciativas, capacitar a los profesores mediante campañas de difusión, y concientizarlos a través de charlas educativas, congresos, encuentros, publicaciones; y validar su compromiso a través del seguimiento cuidadoso a las acciones realizadas (Vilches *et al.*, 2009).

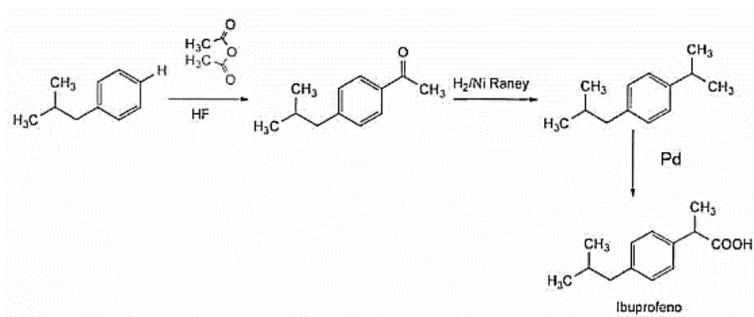
A raíz, las IES deben revisar y mirar hacia el futuro con respecto a la forma de enseñar la química en la presente década. Aquellas instituciones que ofertan carreras en las cuales es indispensable la enseñanza de la química, deben promover la sostenibilidad a través de la química verde, mediante el empleo de métodos innovadores que lleven al desarrollo de nuevas investigaciones. Por ejemplo, el caso de la síntesis de ibuprofeno, utilizándose la química verde (figura 1).

De acuerdo con Cabildo Miranda *et al.* (2012), “a nivel industrial, la síntesis tradicional del ibuprofeno (analgésico, antiinflamatorio y antipirético) fue desarrollada y patentada por la compañía Boots en 1960” (p. 22). Esta síntesis consta de seis pasos o etapas, y genera grandes cantidades de subproductos no deseados, los cuales se transforman en desechos. En esta síntesis se

calcula que el porcentaje de economía atómica es del 40 %. Por lo tanto, la mayoría de los átomos de todos los reactivos empleados aparecen en los subproductos no deseados o residuos.

Figura 1

Síntesis verde del ibuprofeno



Nota: síntesis verde del ibuprofeno realizada por la compañía BHC (Escolástico León *et al.*, 2006).

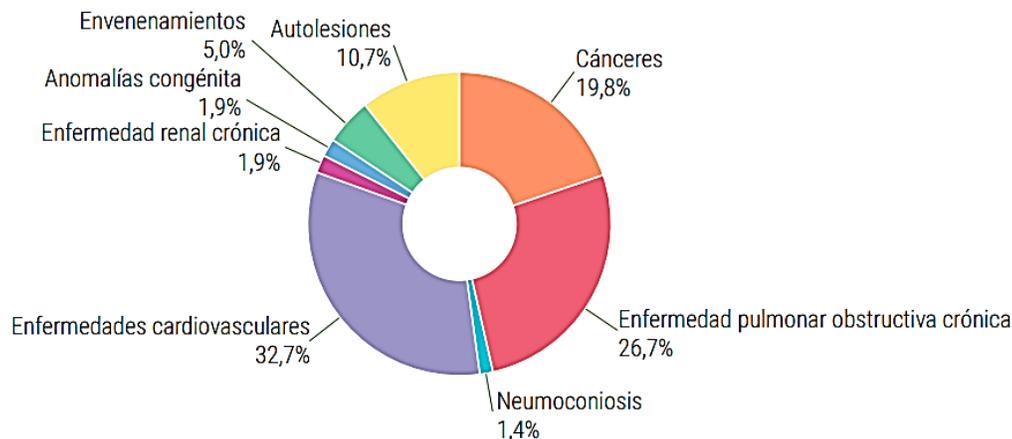
La compañía BHC desarrolló en 1991 una síntesis industrial verde del ibuprofeno, que consta de tres etapas, lo cual mereció un premio de Green Chemistry Presidencial en 1997. El porcentaje de economía atómica calculado es del 77 %, pero puede mejorar al 99 % al considerarse que el ácido acético se puede recuperar (Cabildo Miranda *et al.*, 2012).

Este es un ejemplo de la aplicación de la química verde, que puede ser empleada en la capacitación a los docentes, y en el proceso de enseñanza aprendizaje de los estudiantes de Licenciatura en Química y Farmacia de la Universidad de El Salvador. En este sentido, Mansilla *et al.* (2014) exponen que, “es posible que los estudiantes de química de todos los niveles pueden ser incluidos sin problemas en la práctica de la química sostenible” (p. 57).

Adicionalmente, se requiere trabajar la percepción de riesgo e impacto en la salud humana con los docentes y estudiantes; pues la Organización Mundial de la Salud estimó la carga de enfermedades ocasionadas por sustancias químicas, y enfatiza que alrededor de 1.6 millones de vidas se pierden debido a estas sustancias, tal y como se refleja en la figura 2.

Figura 2

Muertes ocasionadas por el uso de productos químicos



Nota: Manual de Referencia, Química Verde y Sostenible (p. 10).

A partir del análisis de la importancia de la química verde y el papel de las IES para la formación de los futuros profesionales, así como la contribución necesaria al desarrollo social y sustentable; se hace necesario proponer una estrategia teórica metodológica para el desarrollo de la química verde en la Universidad de El Salvador.

Conclusiones

La química verde contribuye al cumplimiento de los ODS a partir de la búsqueda de materiales no contaminantes, renovables, que no son una amenaza para la salud de los humanos. En este sentido, las IES están llamadas a formar las nuevas generaciones con aportes innovadores y en función del desarrollo social, desde el compromiso con el desarrollo sostenible.

Al respecto, las estrategias docentes que permitan socializar la importancia y los beneficios de la formación en química verde contribuyen a visualizarla como una apuesta real al desarrollo sostenible desde la Facultad de Química y Farmacia de la Universidad de El Salvador.

Referencias bibliográficas

- Anastas, P.T., & Warner J.C. (1998). *Green Chem., Theory and Practice*. Oxford University Press. https://books.google.com.sv/books/about/Green_Chemistry.html?id=SrO8QgAACAAJ&redir_esc=y
- Arreche, R. A., Igal, K., & Vásquez, P. G. (2015, 13-16 de mayo). *La química verde, su origen, sus principios y aplicaciones* [ponencia]. XIX Congreso Argentino de Catálisis. Buenos Aires, Argentina. <https://bit.ly/446CRkF>
- Cabildo Miranda, M. P., Cornago Ramírez, M. P., Escolástico León, C., Santos, S. E., Farrán Morales, M. A., Pérez Torralba, M., & Sanz del Castillo, D. (2012). *Procesos orgánicos de bajo impacto ambiental. Química verde*. UNED Ediciones. https://books.google.com.sv/books/about/Procesos_org%C3%A1nicos_de_bajo_impacto_ambi.html?hl=es&id=nKEMyp5aZPgC&redir_esc=y
- Cid del Prado, K. (2020). *Material didáctico para la impartición de un curso de Química Verde* [material no publicado]. Universidad Autónoma de México.
- Conferencia Regional de Educación Superior (2018). Declaración final de la III Conferencia Regional de Educación Superior en América Latina y el Caribe, Universidad de Córdoba, Argentina. <https://www.iesalc.unesco.org/2018/12/13/informe-general-de-la-cres-2018/>
- Contreras, R. R. (2012). Desde el desarrollo sostenible hasta la química verde. *Revista Investigación*, (23-24), 42-45. <http://www.saber.ula.ve/bitstream/handle/123456789/36423/articulo12.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Domínguez Gual, M. (2015). La contaminación ambiental, un tema con compromiso social. *Rev. P + L*, 10(1). <http://www.scielo.org.co/pdf/pml/v10n1/v10n1a01.pdf>
- Escolastico León C., Morales, M., & Torralba, M. (2006). La Química Verde. *100cias UNED*, 9, 71-78. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2529778>

- González Aportela, O., & Batista Mainegra, A. (2021). Virtualización del proceso extensión universitaria: una emergencia en tiempos de COVID-19. *Revista Universidad y Sociedad*, 13(5), 213-222. <https://bit.ly/3Vf8iFj>
- González, O. (2008). *Influencia de compuestos nitrogenados sobre la sobrevivencia y la fijación biológica de nitrógeno en bacterias endófitas y rizosféricas*. [Tesis de maestría no publicada, Universidad de La Habana].
- Lehn, J.-M. (2011). La química, ciencia y arte de la materia. *El Correo de la UNESCO*, (enero-marzo), 7-9. https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000190645_spa
- Mansilla, D. S., Celeste, G., & Ugliarolo, E. A. (2014). Una fundamentación para la incorporación de la química verde en los currículos de química orgánica. *Educación química*, 25(1), 56-59. <https://bit.ly/3Hl6zsw>
- Núñez, I. A. (2019). Educación para el desarrollo sostenible: hacia una visión sociopedagógica. *Controversias y Concurrencias Latinoamericanas*, 11(19), 291-314. <https://www.redalyc.org/journal/5886/588661549016/html/>
- Pino, A. L. (2020). *Química verde. Enfoque sistémico*. Universidad Nacional del Litoral. <https://bit.ly/41HLUa8>
- Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (2022). *Química Verde y Sostenible. Manual de Referencia*. <https://bit.ly/3Lc98OB>
- Quiroz, L. S., Izquierdo, E., & Menéndez, C. (2018). Estudio del impacto ambiental del vertimiento de aguas residuales sobre la capacidad de autodepuración del río Portoviejo, Ecuador. *Centro Azúcar*, 45(1), 73-83. <http://scielo.sld.cu/pdf/caz/v45n1/caz08118.pdf>
- Ramos Torres, D. (2020). Contribución de la Educación Superior a los Objetivos de Desarrollo Sostenible desde la docencia. *Revista Española de Educación Comparada*, 37. <https://doi.org/10.5944/reec.37.2021.27763>

Sierra, A., Meléndez, L., Ramírez-Monroy A., & Arroyo, M. (2014). La química verde y el desarrollo sustentable. *RIDE, Revista Iberoamericana para la investigación y el Desarrollo Educativo*, 5(9). <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=498150317001>

Soledad-Rodríguez, B. E. (2018). Enseñanza de la química sostenible en las carreras de ingeniería. *Revista De Química*, 32(1), 12-17. <https://bit.ly/3No1t2q>

Vilches, A., Mancías O., & Gil, D. (2009). *Década de la Educación para la Sostenibilidad, temas de acción clave*. Centro de Altos Estudios Universitarios de la OEI. <https://bit.ly/421ZQvq>

Vilela, M. (2022). *La educación superior y los ODS. Hacia la Conferencia Mundial de Educación Superior de la UNESCO*. UNESCO; IESALC. <https://bit.ly/3AynaVM>

Conflicto de intereses

Los autores declaran que no tienen conflicto de intereses.

Cómo citar este artículo

Torres de Cantón, E. A., & González Aportela, O. (2022). Química verde y educación superior salvadoreña para un desarrollo sostenible. *Revista Salud y Desarrollo*, 6(2), 68-82. <https://doi.org/10.55717/UQTE1681>

Licencia de uso



Los derechos patrimoniales de esta obra pertenecen a sus autores. Su uso se rige por una licencia *Creative Commons* BY-NC-ND 4.0 Internacional, la cual permite descargar, compartir, distribuir, traducir y citar este artículo, siempre que no se haga para un uso comercial y se reconozcan tanto la autoría como la fuente primaria de su publicación.

Principio de originalidad



El artículo que se presenta es inédito, avalado por el reporte de originalidad obtenido mediante el software profesional *iThenticate* de Turnitin, que evidencia un índice de similitud inferior al 15%.