

Química Click: Impulsando la sostenibilidad y la innovación en la educación superior mediante el uso de disolventes verdes

Click Chemistry: Driving sustainability and innovation in higher education using green solvents

Patricia Jaquelyne Esparza Vázquez^a, Daniel Salvador Andrade Arias^b
y José Miguel Velázquez López^c

RESUMEN

El objetivo de este trabajo es demostrar cómo la química “click” ofrece alternativas simples y eficientes para la síntesis de productos químicos, destacando el uso de disolventes no contaminantes como una herramienta para optimizar las prácticas en laboratorios académicos y su posterior aplicación en el ámbito industrial. La integración de la química “click” en la educación no solo promueve una comprensión más profunda de la química sostenible, sino que también prepara a las nuevas generaciones para abordar desafíos ambientales con soluciones innovadoras, seguras y responsables.

Palabras clave: Química click, Síntesis, Disolvente orgánico, Disolvente acuoso, Formación académica.

ABSTRACT

The objective of this work is to demonstrate how click chemistry offers simple and efficient alternatives for the synthesis of chemical products, highlighting the use of non-polluting

^a Centro Universitario de Ciencias Exactas e Ingenierías. Licenciatura en química. Correo: patricia.esparza8851@alumnos.udg.mx.

^b Centro Universitario de Ciencias Exactas e Ingenierías. Licenciatura en química. Correo: daniel.andrade8915@alumnos.udg.mx.

^c Centro Universitario de Ciencias Exactas e Ingenierías. Licenciatura en química. Correo: jmiguel.velazquez@academicos.udg.mx

solvents as a tool to optimize practices in academic laboratories and their subsequent application in the industrial field. The integration of click chemistry in education not only promotes a deeper understanding of sustainable chemistry, but also prepares new generations to address environmental challenges with innovative, safe and responsible solutions.

Keywords: *Click chemistry, Synthesis, Organic solvent, Aqueous solvent, Academic education.*

INTRODUCCIÓN

El término “química click” fue introducido por Barry Sharpless y Morten Meldal en 2001 para referirse a un conjunto de reacciones altamente eficientes, selectivas, reproducibles y tolerantes a las distintas condiciones de reacción, permitiendo así la obtención de productos que requieren técnicas sencillas de purificación (Guadarrama et al., 2023). Todo ello con el propósito de optimizar la síntesis de compuestos complejos mediante reacciones químicas menos contaminantes, que, a su vez, promueve la innovación de los procesos en los sectores industriales y tecnológicos.

Los disolventes son sustancias comúnmente líquidas que tienen la capacidad de disolver un soluto, para formar una disolución del tipo homogénea (Araiza, 2020). Estos se pueden clasificar de forma general, en suaves o fuertes, en función del material que se desea disolver, que de igual manera se agrupan en familias como lo son los hidrocarburos aromáticos, alifáticos, alicíclicos, halogenados, alcoholes, cetonas, entre otros (Mora-Barrantes et al., 2021). Los disolventes son indispensables a nivel industrial, en laboratorios y en la vida diaria dentro de los hogares, etc. Por desgracia, los disolventes más utilizados son de naturaleza orgánica, por lo que contienen átomos de carbono, y son utilizados para disolver sustancias como pinturas, barnices, grasas y aceites (Mora-Barrantes et al., 2021). Este tipo de disolventes se caracterizan por ser altamente volátiles debido a sus bajos puntos de

ebullición, que han sido utilizados de manera individual o en combinación con otros agentes para su uso corriente como desengrasante, agente de limpieza, plastificante, lubricante, entre otros (Mora-Barrantes et al., 2021).

A pesar de sus múltiples aplicaciones, la mayor parte de disolventes orgánicos influyen en la contaminación del aire y agua, ya que, al evaporarse, estos se oxidan por fotodegradación o por la reacción con radicales gaseosos permaneciendo en el medio ambiente y contribuyendo al calentamiento global y a la disminución de la capa de ozono (Pena-Pereira & Tobiszewski, 2017).

Es por ello, que se ha recomendado el uso de disolventes verdes, que son considerados amigables con el medio ambiente, ya que reducen al mínimo o totalmente el riesgo de generar problemas a la salud a los seres vivos (Morales, 2013). Los disolventes que se han considerado menos problemáticos son el agua, líquidos iónicos, disolventes fluorados y el dióxido de carbono supercrítico (Morales, 2013).

DESARROLLO

La mayor parte de reacciones químicas del tipo orgánicas utilizan disolventes por varios propósitos, tales como el aumentar la velocidad y/o selectividad de la reacción, o también como un medio de transferencia del calor generado por una reacción exotérmica para reducir los gradientes térmicos en el recipiente de reacción, y permitir una reacción suave y segura (Morales, 2013).

El uso de disolventes en el sector académico es vital en diversas operaciones como la disolución de reactivos, extracciones, lavados y separaciones de mezclas (Mora-Barrantes et al., 2021). Por esta razón, el uso de la química “click” como un principio de la química verde, fomenta la síntesis de compuestos de forma sostenible con el medio ambiente. Este enfoque prioriza el uso de disolventes verdes, evitando aquellos que son altamente contaminantes y que, además de su impacto ambiental, demandan un consumo elevado de energía para su eliminación durante su uso en los diversos procesos (Clarke et al., 2018).

Al implementar el uso de este tipo de disolventes en el área académica puede tener un impacto significativo en la formación de profesionistas, ya que priorizarían el desarrollo de

nuevas metodologías que disminuyan el impacto ambiental de los productos y subproductos generados.

El agua se ha denominado como “disolvente universal” debido a que no es flamable, ni tóxico, además de ser la molécula más abundante en el planeta. En términos químicos el agua es un disolvente eficaz dado a su capacidad de disolver iones y moléculas polares, incluyendo la facilidad que tiene de formar puentes de hidrógeno o interacciones del tipo ion-dipolo (Carbajal & González, 2012). Es común que el agua presente condiciones de reacción sencillas, además de que puede facilitar el intercambio de ligandos en reacciones catalizadas con metales de transición o incluso, con aquellos catalizadores afines al agua, pueden ser reutilizados después de un proceso de filtración o decantación del producto insoluble en el medio (Morales, 2013).

Los líquidos iónicos tienen la característica de ser altamente estables química y térmicamente, pero principalmente tienen la ventaja de presentar una presión vapor prácticamente nula, por lo que pueden ser considerados disolventes benignos al ecosistema. Dado a la gran cantidad de aniones y cationes que se pueden constituir, se pueden generar numerosos líquidos iónicos con diferentes propiedades, que los hacen susceptibles a múltiples aplicaciones en la síntesis química (Morales, 2013).

Un líquido fluorado es el derivado de algunos compuestos orgánicos (tales como alcanos, ésteres y aminas) en el que se han sustituido enlaces C-H por C-F, y poseen la característica de imitar la reactividad de moléculas orgánicas convencionales, debido a las propiedades que le confieren los átomos de flúor, como lo es su electronegatividad, tamaño atómico o su resistencia a la descomposición, sin perder su estabilidad y/o resistencia a condiciones extremas (Morales, 2013).

En contraste, este es el propósito de la química “click”, buscar alternativas simples y eficientes en la generación de productos químicos, ya que, al utilizar disolventes no contaminantes, es una forma de optimizar las prácticas llevadas a cabo en los laboratorios académicos, y posteriormente implementarlos en el área laboral. Al incorporar la química “click” en la educación, se fomenta una comprensión de la química responsable y se prepara a las nuevas generaciones para enfrentar los desafíos ambientales de manera innovadora y segura.

Las universidades mexicanas, al investigar y desarrollar reacciones “click”, pueden disminuir su dependencia de compuestos nocivos y así llevar a cabo la síntesis de compuestos orgánicos en un menor tiempo y posiblemente un menor gasto energético. Esto contribuye a un menor impacto ambiental y mejora la seguridad en los procesos de síntesis, alineándose con los objetivos de sostenibilidad y salud pública. Esta transición no solo beneficia al entorno, sino que también posicionaría a las instituciones educativas mexicanas como líderes en prácticas químicas sostenibles.

Implementar estas prácticas en el ámbito académico fomenta una cultura de sostenibilidad entre los estudiantes, preparándolos para enfrentar desafíos ambientales de manera innovadora y responsable. Así, se impulsa la investigación y el desarrollo de soluciones más ecológicas en la química, promoviendo un futuro más sostenible.

CONCLUSIÓN

La química click, junto con el uso de disolventes verdes, ofrece una alternativa eficiente y ambientalmente responsable para la síntesis de compuestos orgánicos. Las reacciones click destacan por su simplicidad, selectividad y eficiencia, mientras que los disolventes verdes, como el agua, líquidos iónicos y líquidos fluorados, reducen de manera notable los riesgos ambientales y de salud vinculados al uso de disolventes orgánicos convencionales, frecuentemente contaminantes.

Este enfoque no solo optimiza los procesos químicos, haciéndolos más seguros y menos contaminantes, sino que también representa una estrategia clave para reducir la contaminación del aire y el agua, contribuyendo a la sostenibilidad y la preservación del medio ambiente. Al implementar la química click en el ámbito académico, se fomenta una cultura de sostenibilidad entre los estudiantes, preparándolos para adoptar prácticas químicas responsables en su futuro profesional. Además, el uso de estos métodos innovadores puede reducir el consumo de energía, el tiempo de síntesis, y la dependencia de compuestos tóxicos, lo que beneficia tanto a las instituciones educativas como a los sectores industriales y tecnológicos.

En resumen, la combinación de la química click y los disolventes verdes no solo mejora la seguridad y eficiencia de los procesos químicos, sino que también impulsa una transición

hacia una química más sostenible, preparando a las nuevas generaciones para enfrentar los desafíos ambientales de manera innovadora y consciente.

BIBLIOGRAFÍA

- Araiza, D. (2020). *Procedimiento de operación para el manejo de disolventes*.
- Carbajal, Á., & González, M. (2012). Propiedades y funciones biológicas del agua. In *Funciones biológicas del agua en relación con sus características físicas y químicas*. (2003rd ed., pp. 63–78). Consejo Superior de Investigaciones Científicas.
- Clarke, C. J., Tu, W.-C., Levers, O., Bröhl, A., & Hallett, J. P. (2018). Green and Sustainable Solvents in Chemical Processes. *Chemical Reviews*, 118(2), 747–800. <https://doi.org/10.1021/acs.chemrev.7b00571>
- Guadarrama, P., López-Méndez, L. J., Cabrera-Quñones, N. C. y Cruz-Hernández, C. A. (2023, enero-marzo). Versátil como ninguna, la química clic y su trascendencia en áreas diversas: de la ciencia de materiales a la investigación farmacéutica. *Educación Química*, 34(1). <http://dx.doi.org/10.22201/fq.18708404e.2023.1.84649>
- Mora-Barrantes, J. C., Morera Ramos, L., Ulate-Salas, M., Núñez-Agüero, V., Acuña-Salazar, E., & Cordero-Carvajal, M. (2021). Clasificación del riesgo químico de solventes orgánicos mediante la aplicación del método “CHEM21 selection guide of classical- and less classical-solvents.” *Revista Tecnología En Marcha*, 35(1), 1–16. <https://doi.org/10.18845/tm.v35i1.5370>
- Morales, X. (2013). *Los disolventes en la química verde*. Instituto Politécnico Nacional.
- Pena-Pereira, F., & Tobiszewski, M. (2017). The need to use solvents. In *The Application of Green Solvents in Separation Processes* (2017th ed., pp. 3–16). Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-805297-6.00001-2>