

La ingeniería de reacciones fotoquímicas como herramienta de la Ingeniería Química para afrontar los retos modernos

Photochemical Reaction Engineering as a tool for Chemical Engineering to address modern challenges



Raúl Alberto Acosta Herazo

Investigador, Centro de Desarrollo Tecnológico en Ingeniería Sostenible, Laboratorio de Simulación y Procesos - Simprolab, Cartagena, Colombia.

Para citaciones: R. Acosta Herazo, "La ingeniería de reacciones fotoquímicas como herramienta de la Ingeniería Química para afrontar los retos modernos", *Ing-Nova*, vol. 3, no. 1, pp. 62-64, ene. 2024.
<https://doi.org/10.32997/rin-2024-4678>

Recibido: 5 de diciembre de 2023
Revisado: 27 de diciembre de 2023
Aprobado: 10 de enero de 2024

Autor de correspondencia:
Raúl Alberto Acosta Herazo
racostah@simprolab.co

Editor: Miguel Ángel Mueses. Universidad de Cartagena-Colombia.

Copyright: © 2024 R. Acosta Herazo. Este es una editorial de acceso abierto, distribuido bajo los términos de la licencia <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/> la cual permite el uso sin restricciones, distribución y reproducción en cualquier medio, siempre y cuando que el original, el autor y la fuente sean acreditados.



REFLEXIÓN

La aparición de nuevos paradigmas en el mundo contemporáneo también implica nuevos retos para la formación de los futuros ingenieros. Uno de los grandes paradigmas a los que nos enfrentamos es la transición energética y el desarrollo de procesos altamente eficientes y amigables con el medio ambiente. En esa línea, la formación en ingeniería debe considerar información relacionada con la implementación de energías renovables y procesos más limpios.

En el caso particular de los ingenieros químicos, un área de conocimiento que nos distingue es la "Ingeniería de Reacciones Químicas". Dice Levenspiel que "La Ingeniería de las reacciones químicas es la rama de la Ingeniería que estudia las reacciones químicas a escala industrial. Su objetivo es el diseño y funcionamiento adecuado de los reactores químicos, y probablemente la Ingeniería de las reacciones químicas es la actividad que, por sí sola, hace que la Ingeniería química constituya una rama de la Ingeniería" [1].

Teniendo presente el contexto de la transición energética y la anterior definición de la Ingeniería de Reacciones Químicas, surge la importancia de ganar experticia en reacciones y reactores con capacidad de aprovechar energías renovables. Un muy buen ejemplo de ellos son las reacciones fotoquímicas y, en consecuencia, los fotorreactores con el potencial de aprovechar la luz solar como fuerza impulsora de una reacción química.

Si bien, la fotoquímica es un viejo conocido de los químicos, hablar de una Ingeniería de las Reacciones Fotoquímicas es todavía muy extraño. El estudio de la cinética de reacciones fotoquímicas y del diseño de fotorreactores no es un tema que se suele abordar en los pregrados o posgrados de Ingeniería Química de nuestro país. En términos generales, la Ingeniería de las Reacciones Fotoquímicas se fundamenta en entender a los fotones como un

reactivo intangible, pero que de la misma forma que un reactivo convencional debe cuantificarse en función de una "concentración de fotones" y asegurarnos que no sea nuestro reactivo límite. De esta idea, en un principio, bastante intuitiva se desprende toda una serie de fenomenologías que pueden ir aumentando su complejidad de manera exponencial, ya que la luz va a interactuar mediante diversos mecanismos con nuestro sistema, por lo tanto, al diseñar el fotorreactor no solo debemos centrarnos en el volumen, la hidrodinámica y el transporte de masa, tal como lo hacemos en los reactores químicos convencionales, sino, también en el transporte de la energía radiante.

Sin embargo, el transporte de la energía radiante es un área prácticamente desconocida para un ingeniero químico, si bien usualmente se cuenta con un acercamiento a la transferencia de calor por radiación, esta temática se estudia más desde una perspectiva térmica, es decir, dentro de la cuantificación del balance de energía de un reactor en donde intervienen altas temperaturas. En este enfoque la radiación se analiza como un mecanismo de transporte de calor (energía) y no cómo un reactivo "consumible" que interviene en la reacción química.

Para entender los retos a los que los ingenieros químicos nos enfrentamos en Ingeniería de las Reacciones Fotoquímicas, pero que a su vez se convierten en las soluciones que podemos generar para las problemáticas modernas cabe resaltar algunas de sus aplicaciones actuales. En primer lugar, podemos encontrar las reacciones tipo foto-Fenton solar, las cuales son aplicadas en la descontaminación y desinfección de aguas [2,3]. En esta aplicación, un fotocatalizador en fase homogénea (reactivos tipo Fenton) se descompone por absorción de la energía radiante del sol y genera especies altamente oxidantes capaces de degradar numerosos contaminantes y/o bacterias. El diseño de los fotorreactores para foto-Fenton no implica grandes esfuerzos en cuando al transporte de radiación, ya que el sistema es completamente homogéneo, por lo tanto, la ley de Beer-Lambert nos permite modelar la "concentración de fotones" en el fotorreactor.

Por otra parte, un sistema mucho más complejo son los sistemas heterogéneos, en los cuales los fotocatalizadores son partículas suspendidas que absorben y dispersan la radiación. La fotocatálisis heterogénea solar, que también tiene aplicaciones en la descontaminación y desinfección de aguas tiene como uno de sus retos más importantes la optimización de los fotorreactores, en los cuales optimizar la absorción de la energía radiante, es decir, la llamada "concentración de los fotones" se convierte en una tarea de alta complejidad, debido a la aparición de ecuaciones integro-diferenciales [4].

Otro ejemplo de especial interés, lo podemos encontrar en los fotobiorreactores. Los fotobiorreactores son dispositivos destinados al cultivo de microalgas con propósitos tan variados como la producción de hidrógeno, medicamentos o fertilizantes, entre otros [5]. El diseño de este tipo de fotorreactores incluye los mismos retos descritos que para aquellos usados en la fotocatálisis heterogénea, con la complejidad adicional que el número de partículas en suspensión (las microalgas) aumenta en el tiempo [6].

Todas estas aplicaciones comparten el hecho de que son capaces de usar una energía renovable como lo es la solar en aplicaciones que de por sí generan un alto impacto ambiental como la descontaminación de aguas o la producción de hidrogeno. Impulsar este tipo de líneas puede generar soluciones válidas a los retos propuestos por la transición energética y, sin lugar a dudas, para que estas tecnologías escalen a aplicaciones reales van a necesitar una ingeniería de reacciones fotoquímicas y el diseño de fotorreactores, es decir, en un llamado a la acción para los ingenieros químicos.

Referencias

- [1] Levenspiel, O., Ingeniería de las reacciones químicas. Reverté, 2010.
- [2] Gualda-Alonso, E., Pichel, N., Soriano-Molina, P., Olivares-Ligero, E., Cadena-Aponte, F. X., Agüera, A., ... & López, J. C., Continuous solar photo-Fenton for wastewater reclamation in operational environment at demonstration scale, *Journal of Hazardous Materials*, 459, 132101, 2023.
- [3] Cabrera-Reina, A., Miralles-Cuevas, S., Pérez, J. S., & Salazar, R., Application of solar photo-Fenton in raceway pond reactors: A review, *Science of The Total Environment*, 800, 149653, 2021.
- [4] Wang, D., Mueses, M. A., Márquez, J. A. C., Machuca-Martínez, F., Grčić, I., Moreira, R. P. M., & Puma, G. L., Engineering and modeling perspectives on photocatalytic reactors for water treatment, *Water Research*, 202, 117421, 2021.
- [5] Srivastava, N., & Chattopadhyay, J., Photobioreactor for hydrogen production, In *Solar-Driven Green Hydrogen Generation and Storage* (pp. 321-331). Elsevier, 2023.
- [6] Luzi, G., & McHardy, C., Modeling and simulation of photobioreactors with computational fluid dynamics—a comprehensive review, *Energies*, 15(11), 3966, 2022.