



Catalizadores de alto rendimiento de un solo átomo: una tecnología incipiente

Single Atom High Performance Catalysts - A Fledgling Technology

Catalisadores de alto desempenho de átomo único - uma tecnologia incipiente

Remilton Agustin Ramirez-Reyes^I
remiltonramirezreyes@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0003-3944-6539>

Jeniffer Lucia Mora-Loor^{II}
jemo_158@hotmail.com
<https://orcid.org/0000-0001-7344-0726>

Katherine Elizabeth Bustamante-Pesantes^{III}
katybupe84@hotmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-3108-9736>

Correspondencia: remiltonramirezreyes@gmail.com

Ciencias económicas y empresariales
Artículo de investigación

***Recibido:** 15 de agosto de 2020 ***Aceptado:** 10 de septiembre 2020 * **Publicado:** 01 de octubre de 2020

- I. Magíster en Microbiología Mención Industrial, Químico y Farmacéutico, Unidad de Postgrados de la Universidad de Guayaquil – Facultad de Ciencias Médicas, Guayaquil, Ecuador
- II. Magíster en Bioquímica Clínica, Químico y Farmacéutico, Universidad de Guayaquil, Guayaquil, Ecuador.
- III. Magíster en Administración Ambiental, Diploma Superior en Marketing Farmacéutico, Química y Farmacéutica, Universidad de Guayaquil, Guayaquil, Ecuador.

Resumen

El objetivo de este estudio fue analizar los catalizadores de alto rendimiento de un solo átomo, como una tecnología incipiente de las energías limpias. En consecuencia, se ha seguido una metodología basada en la compilación bibliográfica referente a la temática tratada, desde enfoque interpretativo-deductivo, bajo el tipo de una investigación documental-bibliográfica. En función de ello, se realizó una revisión bibliográfica de varios textos de académicos publicados entre los años 2015 y 2020, no obstante, se incluyó trabajos de años anteriores a la fecha mencionada dada la significancia para este estudio. El criterio de selección se basó en aspectos como aportes, pertinencia y relevancia. Se encontró entre los resultados que: los catalizadores a base de platino (Pt) se han considerado los electrocatalizadores más efectivos para la reacción de evolución de hidrógeno en la división del agua; el desarrollo de un prometedor catalizador de nanotubos de grafeno y carbono; un solo átomo de platino puede actuar como catalizador en la conversión de monóxido de carbono en CO₂. Se concluye que los catalizadores de alto rendimiento de un solo átomo, son de interés científico y tecnológico, son candidatos prometedores para una conversión de energía limpia y eficiente en el futuro, puesto que, pudiera aplicarse fácilmente a los procesos existentes.

Palabras clave: catalizadores; reacciones; átomos

Abstract

The aim of this study was to analyze single-atom high-performance catalysts as an emerging clean energy technology. Consequently, a methodology based on the bibliographic compilation referring to the subject dealt with, from an interpretative-deductive approach, has been followed, under the type of a documentary-bibliographic investigation. Based on this, a bibliographic review of several academic texts published between 2015 and 2020 was carried out, however, works from years prior to the mentioned date were included given the significance for this study. The selection criteria were based on aspects such as contributions, relevance and relevance. It was found among the results that: platinum-based catalysts (Pt) have been considered the most effective electrocatalysts for the hydrogen evolution reaction in the division of water; the development of a promising carbon-graphene nanotube catalyst; a single platinum atom can act as a catalyst in the conversion of carbon monoxide to CO₂. It is concluded that single atom high performance catalysts are of scientific and technological

interest, they are promising candidates for a clean and efficient energy conversion in the future, since they could be easily applied to existing processes.

Keywords: catalysts; reactions; atoms

Resumo

O objetivo deste estudo foi analisar catalisadores de alto desempenho de átomo único como uma tecnologia emergente de energia limpa. Consequentemente, seguiu-se uma metodologia baseada na compilação bibliográfica referente ao assunto tratado, a partir de uma abordagem interpretativo-dedutiva, sob a forma de investigação documental-bibliográfica. Com base nisso, foi realizada uma revisão bibliográfica de diversos textos acadêmicos publicados entre 2015 e 2020, porém, foram incluídos trabalhos de anos anteriores à referida data, dada a significância para este estudo. Os critérios de seleção foram baseados em aspectos como contribuições, relevância e relevância. Dentre os resultados encontrados, constatou-se que: os catalisadores à base de platina (Pt) têm sido considerados os eletrocatalisadores mais eficazes para a reação de evolução do hidrogênio na divisão da água; o desenvolvimento de um promissor catalisador de nanotubo de carbono-grafeno; um único átomo de platina pode atuar como um catalisador na conversão de monóxido de carbono em CO₂. Conclui-se que catalisadores de alto desempenho de átomo único são de interesse científico e tecnológico, pois são candidatos promissores para uma conversão de energia limpa e eficiente no futuro, uma vez que podem ser facilmente aplicados a processos existentes.

Palavras-chave: catalisadores; reações; átomos.

Introducción

Desde que se descubrió la catálisis hace más de 150 años, se ha empleado como herramienta para conseguir avances significativos en diversas áreas. Es así que, la industria química supone alrededor de un ~6% del producto interior bruto (PIB) mundial y se estima que el 80% de los procesos químicos que se llevan a cabo a nivel industrial son catalizados. (Rivero, 2018)

Para describir el comportamiento de un catalizador, es absolutamente indispensable evaluar sus propiedades catalíticas (actividad, selectividad y estabilidad) de manera que se pueda estimar que tan eficiente resulta su preparación y aplicación en determinadas reacciones. (Barrera, 2004). En tal sentido, esta misma autora manifiesta que: una buena actividad, es decir, una velocidad de reacción elevada, representa una productividad elevada. Una buena selectividad permite obtener buenos rendimientos del producto deseado, reprimiendo reacciones indeseadas,

paralelas o consecutivas. (Barrera, 2004). La estabilidad viene dada por la capacidad del catalizador de mantener su actividad catalítica. (Pérez & Scott, 2002)

El proceso de catálisis, puede ser: catálisis homogénea y catálisis heterogénea. La catálisis homogénea tiene lugar cuando los reactivos y el catalizador se encuentran en la misma fase, ya sea líquida o gaseosa. Por su parte, la catálisis heterogénea se produce entre dos fases, que pueden ser: sólido-gas ó líquido-sólido. De acuerdo con, (Noval, Ochoa, & Carrizo, 2017), recientemente la catálisis heterogénea se ha convertido en una herramienta estratégica tecnológica debido a sus ventajas relacionadas con los procesos de producción, competitividad y economía. Los referidos autores, también señalan que; esta catálisis se aplica en diversas transformaciones químicas a nivel industrial, por ejemplo en la refinería de petróleo, en la síntesis de productos de química fina y farmacéuticos y en diversas síntesis orgánicas. Otro señalamiento, da cuenta de que; muchos de estos procesos de catálisis heterogénea han integrado el uso de catalizadores con partículas de tamaño nanométrico. (Noval, Ochoa, & Carrizo, 2017). Por tanto, la catálisis heterogénea es la de más uso a nivel industrial, sobre todo por la posibilidad de recuperación y reutilización del catalizador.

Catalizadores de un solo átomo

La catálisis de un solo átomo (single-atom catalysts, SACs), es un campo de investigación nuevo y extremadamente prometedor. La incorporación correcta de átomos metálicos individuales en una superficie permite adaptar su comportamiento químico. Esto hace posibles nuevos y mejores catalizadores. En la ciencia de la catálisis, el nuevo campo de SACs con átomos metálicos aislados dispersos en soportes sólidos ha atraído una gran atención de investigación debido a la máxima eficiencia de utilización de átomos y las propiedades únicas de los SACs. (Tavakkoli, 2020). En tal sentido, los catalizadores a base de platino (Pt) se han considerado los electrocatalizadores más efectivos para la reacción de evolución de hidrógeno en la división del agua. Reducir el tamaño de las nanopartículas del catalizador a átomos individuales es altamente deseable para maximizar su eficiencia al utilizar casi todos los átomos de platino (Pt).

A tal efecto, (Rivero, 2018), señala que; el desarrollo de las nanopartículas ha revolucionado la catálisis y la industria química en estas últimas décadas. (Kitagawa & Matsuda, 2007), definen las nanopartículas metálicas (NPs) como partículas con un tamaño inferior a 100 nm en alguna de las tres direcciones del espacio y se han empleado ampliamente en catálisis.

Es así que, los catalizadores de Pt de un solo átomo se han utilizado únicamente en pilas de combustible de baja temperatura, como las pilas de combustible de membrana de polímero electrolítico, que se utilizan para vehículos eléctricos de hidrógeno. Los catalizadores de átomos de platino individuales se investigan para la reacción de evolución de hidrógeno, donde exhiben una actividad catalítica significativamente mejorada (hasta 37 veces) y una alta estabilidad en comparación con los catalizadores comerciales de platino / carbono de última generación.

En la literatura científica, se ha señalado el desarrollo de un prometedor catalizador de nanotubos de grafeno y carbono. El nuevo material da un mejor control sobre las reacciones químicas que son de gran importancia para producir combustible de hidrógeno, que es una de las alternativas limpias y sostenibles más prometedoras a los combustibles fósiles. (Tavakkoli, 2020)

Las ventajas del hidrógeno como fuente energética, no residen únicamente en el hecho de ser una materia prima prácticamente inagotable, cuyo calor de combustión con oxígeno (14.19×10^4 KJ/kg) es bastante superior al de los combustibles fósiles clásicos como la gasolina ($\sim 4.5 \times 10^4$ KJ/kg) sino que, además, su combustión no produce CO₂, sino exclusivamente vapor de agua, lo que le convierte en un candidato ideal para la reducción del llamado “efecto invernadero”. (Ocsachoque, 2012)

Así también, en un estudio llevado a cabo por los investigadores (McEwen & Sykes, 2019), se indica que; un solo átomo de metal puede actuar como catalizador en la conversión de monóxido de carbono en CO₂, reacción común en catalizadores para eliminar gases del escape de los automóviles. Estos científicos, demostraron que la reacción puede funcionar con átomos de platino individuales en un soporte de óxido de cobre cerca de la temperatura ambiente. El átomo de platino contiene el monóxido de carbono mientras que el óxido de cobre suministra el oxígeno para convertirlo en dióxido de carbono.

Sobre la base de las consideraciones anteriores, se realizó este estudio cuyo propósito estuvo enfocado en el análisis de los catalizadores de alto rendimiento de un solo átomo, como una tecnología incipiente, de las energías limpias.

Metodología

La presente investigación, se enmarcó dentro del paradigma cualitativo, por cuanto busca un acercamiento al conocimiento a partir del análisis de la producción de información científica, bajo el enfoque interpretativo, por tanto será una investigación de tipo documental-bibliográfica. Como forma de realizar esta investigación se realizó una búsqueda en las

plataformas digitales de fuentes bibliográficas bajo el criterio de rigor científico. La variable estudiada se corresponde con: catalizadores de alto rendimiento de un solo átomo. Como técnica principal de recopilación de la información, se utilizó la búsqueda avanzada a través de descriptores clave, relacionadas con; catálisis, catalizadores, átomos. A partir de la contextualización de la información se logró obtener una base pormenorizada de datos vía online de artículos científicos, trabajos de grado, y tesis doctorales, de autores de diferentes países, consideradas relevantes para el desarrollo de este estudio. Todas las fuentes consultadas están directamente relacionadas con la variable de la investigación. Los criterios utilizados para la selección del material consultado fueron entre otros, la relación con la temática de investigación, año de publicación desde 2015 hasta la actualidad, relevancia y pertinencia. Asimismo, se tomaron en cuenta para este análisis fuentes bibliográficas, que independientemente de su año de publicación, fueron consideradas relevantes para esta investigación. Por último, se organizó, clasificó y analizó el contenido y se presentaron las conclusiones más relevantes.

Conclusiones

Evidentemente, los catalizadores de alto rendimiento de un solo átomo, son de interés científico y tecnológico, son candidatos prometedores para una conversión de energía limpia y eficiente en el futuro, puesto que, pudiera aplicarse fácilmente a los procesos existentes. La incorporación correcta de átomos metálicos individuales en una superficie permite adaptar su comportamiento químico. Esto hace posibles nuevos y mejores catalizadores. A tal fin, se han hecho esfuerzos para convertir los catalizadores en partículas cada vez más finas. En el mejor de los casos, el catalizador podría estar formado por átomos de catalizador individuales, y todos estarían activos de la manera correcta.

La tecnología de los catalizadores de alto rendimiento de un solo átomo, busca incorporar alternativas altamente activas y estables compuestas de elementos económicos y abundantes en la tierra como metales de transición, carbono y nitrógeno. Estos catalizadores pueden usarse en diversas reacciones que involucran los procesos de energías renovables.

Referencias

1. Barrera, B. (2004). Preparación y caracterización de los catalizadores bifuncionales monometálicos y bimetálicos del tipo Pt-Sn/H[Al]ZSM5 Y Pd-Sn/H[Al]ZSM5. Universidad Central de Venezuela. Trabajo de fin de Grado, 192.
2. Kitagawa, S., & Matsuda, R. (2007). Chemistry of coordination space of porous coordination polymers. *Coord. Chem. Rev.* 251 (21-24), 2490-2509.
3. McEwen, J., & Sykes, C. (2019). Un solo átomo de metal actúa como catalizador y convierte monóxido de carbono en CO₂. *Revista Nature Catalysis*. Universidades de Washington State y Universidad de Tufts.
4. Noval, V., Ochoa, C., & Carrizo, J. (2017). Magnetita (Fe₃O₄): Una estructura inorgánica con múltiples aplicaciones en catálisis heterogénea. *Revista Colombiana de Química*, vol. 46, núm. 1, 2017. Universidad Nacional de Colombia, 1-17.
5. Ocsachoque, M. (2012). Desarrollo de catalizadores metálicos soportados para la obtención de gas de síntesis. Universidad Nacional de la Plata, Argentina. Tesis Doctoral., 191.
6. Pérez, M., & Scott, C. (2002). Preparación de Catalizadores Industriales en Primera Escuela Iberoamericana sobre Preparación, Caracterización y Escalamiento de.
7. Rivero, M. (2018). Clústeres y átomos aislados de platino como catalizadores para reacciones químicas de interés industrial. Universidad Politécnica de Valencia, España. Tesis Doctoral, 302.
8. Tavakkoli, M. (2020). Un nuevo catalizador podría alimentar la revolución de la energía limpia. Universidad de Aalto, Finlandia.

©2020 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/>).