



DOI: <http://dx.doi.org/10.23857/dc.v6i4.1458>

Ciencias naturales  
Artículo de investigación

*Fotosíntesis artificial: Una tecnología de la revolución energética*

*Artificial Photosynthesis: A Technology of the Energy Revolution*

*Fotossíntese Artificial: Uma Tecnologia da Revolução Energética*

Cesar Alejandro Martinez-Aguirre <sup>I</sup>  
[drcesar\\_martinez1965@hotmail.com](mailto:drcesar_martinez1965@hotmail.com)  
<https://orcid.org/0000-0002-8370-5174>

Ynes Eliza Zambrano-Demera <sup>II</sup>  
[qfineszambrano@gmail.com](mailto:qfineszambrano@gmail.com)  
<https://orcid.org/0000-0001-9564-8990>

Ronald Javier Plus-Mora <sup>III</sup>  
[mrcronaldquimico@gmail.com](mailto:mrcronaldquimico@gmail.com)  
<https://orcid.org/0000-0001-7344-0726>

**Correspondencia:** [drcesar\\_martinez1965@hotmail.com](mailto:drcesar_martinez1965@hotmail.com)

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

- I. Magíster en Bioquímica Clínica, Diploma Superior en Enfermedades Inmunodeficientes En Vih-Sida, Licenciado en Laboratorio Clínico, Químico y Farmacéutico, Universidad de Guayaquil, Guayaquil, Ecuador.
- II. Magíster en Bioquímica Clínica, Química y Farmacéutica, Universidad de Guayaquil, Guayaquil, Ecuador.
- III. Magíster en Procesamiento y Conservación de Alimentos, Químico y Farmacéutico, Universidad de Guayaquil, Guayaquil, Ecuador.

## Resumen

El objetivo de este estudio fue analizar la fotosíntesis artificial como una tecnología de la revolución energética. Con este fin, se realizó una revisión documental-bibliográfica de trabajos relacionados con esta temática. La metodología se enmarcó en el análisis de contenido. Para la selección de los materiales literarios se asumieron criterios de calidad metodológica y científica, aportes y año de publicación entre 2015 a 2020. Sin embargo, se incluyó trabajos de otros años por considerarlos valiosos para este estudio. Los resultados de los antecedentes consultados indicaron que: se comprobó que ambos productos sintetizados se correspondían a nanopartículas de ZnO de estructura wurzita con un 98% de pureza y eran activados con la luz solar. El material BiW es activo en la reacción de fotorreducción de CO<sub>2</sub>, especialmente bajo iluminación visible. Se concluyó que: la fotosíntesis artificial se plantea como una de las posibles futuras soluciones para reducir la concentración de CO<sub>2</sub> en el planeta y mitigar el cambio climático. La posibilidad de hacer combustibles solares, como un recurso ilimitado y no contaminante, presenta beneficios considerables para mitigar los efectos de la contaminación de la sociedad industrializada.

**Palabras clave:** fotosíntesis; fotorreducción; energía

## Abstract

The objective of this study was to analyze artificial photosynthesis as an energy revolution technology. To this end, a documentary-bibliographic review of works related to this topic was carried out. The methodology was framed in content analysis. For the selection of literary materials, criteria of methodological and scientific quality, contributions and year of publication between 2015 and 2020 were assumed. However, works from other years were included as they were considered valuable for this study. The results of the consulted antecedents indicated that: it was found that both synthesized products corresponded to ZnO nanoparticles with a wurzite structure with 98% purity and were activated with sunlight. The BiW material is active in the CO<sub>2</sub> photoreduction reaction, especially under visible lighting. It was concluded that: artificial photosynthesis is considered as one of the possible future solutions to reduce the concentration of CO<sub>2</sub> on the planet and mitigate climate change. The possibility of making solar fuels, as an unlimited and non-polluting resource, presents considerable benefits to mitigate the effects of pollution from industrialized society.

**Keywords:** photosynthesis; photoreduction; energy

## Resumo

O objetivo deste estudo foi analisar a fotossíntese artificial como uma tecnologia da revolução energética. Para tanto, foi realizada uma revisão bibliográfica documental de trabalhos relacionados ao tema. A metodologia foi enquadrada na análise de conteúdo. Para a seleção do material literário, foram agregados critérios de qualidade científica e metodológica, contribuições e ano de publicação entre 2015 e 2020. No entanto, outras obras foram incluídas por serem consideradas valiosas para este estudo. Os resultados dos antecedentes consultados indicaram que: foi verificado que ambos os produtos sintetizados correspondiam a nanopartículas de ZnO com estrutura wurzita com pureza de 98% e foram ativadas com luz solar. O material BiW é ativo na reação de fotoredução de CO<sub>2</sub>, especialmente sob luz visível. Concluiu-se que: a fotossíntese artificial é plantada como uma das possíveis soluções futuras para reduzir a concentração de CO<sub>2</sub> no planeta e mitigar as mudanças climáticas. A possibilidade de ter o combustível solar, como recurso ilimitado e não poluente, apresenta benefícios consideráveis para mitigar os efeitos da poluição da sociedade industrializada.

**Palavras-chave:** fotossíntese; fotoredução; energia.

## Introducción

El campo de las investigaciones del sector de las energías renovables, busca superar el escollo que representa la producción de fuentes contaminantes y sustituirlas por energías limpias, a fin de mitigar el impacto generado por los combustibles fósiles en el ambiente y decididamente apuntar a la descarbonización de los procesos productivos de la economía mundial. En este punto, la fotosíntesis artificial, está generando gran interés como tecnología con potencial para contribuir a una sociedad sin carbono. Así, la fotosíntesis artificial, es el proceso de extraer hidrógeno a través de la fotocatalisis. A este respecto, (Concepcion & Otros, 2009), plantean que; la fotosíntesis artificial es la tecnología que permite la obtención de hidrógeno y oxígeno del sol y del agua, así como la obtención de hidrocarburos a partir de dióxido de carbono, al igual que lo hacen las plantas. En tal sentido, (Socorro & Cristobal, 2013), precisan que; la fotosíntesis de carbohidratos es uno de los procesos más complejos que existe en la naturaleza, donde a partir de CO<sub>2</sub> y agua, se forman

estas moléculas orgánicas con el desprendimiento de dióxígeno. Tomando como modelo el proceso natural, la fotosíntesis artificial también involucra dos fases (Brimblecombe & Otros, 2009). En la primera, el agua, con la ayuda de la luz solar, produce oxígeno, protones y electrones. En la segunda, los protones y electrones se utilizan para almacenar esta energía en forma de hidrógeno. También se podrían producir otros tipos de productos como metano o metanol. No obstante, si se desea obtener hidrocarburos, se debe usar una fuente de carbono, como el dióxido de carbono atmosférico. (Brimblecombe & Otros, 2009). De este modo, la fotosíntesis artificial convierte el CO<sub>2</sub> en energía. Convertir el CO<sub>2</sub> en un recurso, avanzando hacia una sociedad descarbonizada.

### **El proceso de fotosíntesis artificial**

En la naturaleza, el proceso de fotosíntesis, consta de un complejo sistema de reacciones fotoinducidas de separación y transferencia electrónica desde pigmentos captadores de luz (complejos antena), hasta los centros de reacción donde tienen lugar las dos reacciones fotoquímicas principales. (Scholes & Otros, 2011) Las reacciones que involucra este proceso son: la descomposición del agua en oxígeno molecular, y la reducción de CO<sub>2</sub> a compuestos orgánicos C<sub>3</sub> – C<sub>6</sub> (monosacáridos, ácidos carboxílicos). (Hoffmann, Moss, & Baum, 2011).

La Fotosíntesis Artificial, se basa en la conversión del CO<sub>2</sub> y del agua en compuestos reducidos, principalmente C<sub>1</sub> y C<sub>2</sub>, por medio de reacciones inducidas por la luz. Dado que la molécula de CO<sub>2</sub> no presenta absorción de luz en el rango de longitudes de onda entre 200 – 900 nm, este proceso requiere del uso de fotocatalizadores capaces de absorber esta radiación y de transferir la energía a la molécula de CO<sub>2</sub>. Asimismo, el empleo de estos materiales es indispensable para llevar a cabo la reacción en condiciones suaves de operación, y para disminuir las limitaciones cinéticas y termodinámicas que supone la reducción del CO<sub>2</sub>. (Indrakanti, Kubicki, & Schobert, 2009)

### **Fotosíntesis natural y fotosíntesis artificial**

Si se analiza la comparación entre las plantas con los dispositivos artificiales se observa que estos últimos generan una mayor potencia, aunque solamente operan en la fase luminosa. La eficiencia de los dispositivos formados por celdas solares se incrementa adicionando capacitores eléctricos que almacenen la carga para cuando cese la incidencia de las ondas luminosas. (Socorro & Cristobal, 2013)

Las plantas poseen una estructura compleja que le permite durante el día capturar fotones, para luego dar paso a la transferencia de electrones, formar ATP y NADPH<sub>2</sub>, para ser utilizados en ausencia de luz para fijar el CO<sub>2</sub>. (Socorro & Cristobal, 2013)

El interés que ha generado la tecnología de la Fotosíntesis Artificial, como fuente energética en un futuro próximo, ha propiciado diversos trabajos de investigación. (Carral, 2016), realizó un trabajo, denominado: Explorando la fotosíntesis artificial: Procesos reductivos sobre superficies, en la Universidad de la Coruña, España, entre sus principales hallazgos, se tiene que: Se comprobó que ambos productos sintetizados se correspondían a nanopartículas de ZnO de estructura wurzita con un 98% de pureza y eran activados con la luz solar. Así, el procedimiento, en su conjunto, apunta a la existencia de un proceso de fotorreducción de CO<sub>2</sub>. Sin embargo, no fue posible llevar a cabo comparaciones entre la eficiencia de ambos catalizadores, dado que los productos esperados estaban por debajo del límite de detección.

(Collado, 2015), presentó un trabajo titulado: Fotosíntesis Artificial: Influencia de la química superficial y los procesos optoelectrónicos en la reducción fotocatalítica de CO<sub>2</sub>, en la Universidad Rey Juan Carlos, España, llegando a los siguientes resultados; el material BiW es activo en la reacción de fotorreducción de CO<sub>2</sub>, especialmente bajo iluminación visible. Este material presenta una selectividad marcada hacia la formación de CH<sub>3</sub>OH, dando lugar a las producciones más elevadas de todas las series de materiales estudiados. Sin embargo, las producciones obtenidas en condiciones de iluminación UV son significativamente inferiores a las obtenidas con los materiales basados en TiO<sub>2</sub>. El material BiW presenta tiempos de vida medios de las cargas fotogeneradas de 80 ms, superior al valor obtenido con TiO<sub>2</sub> ( $t_{50\%} \approx 50$  s), lo que concuerda con la mejora de la formación de productos de mayor demanda electrónica, tales como el CH<sub>3</sub>OH.

Por otro lado, (Barrios, Albiter, & Zanel, 2015), desarrollaron una investigación, que versa sobre: La fotosíntesis artificial, una alternativa para la producción de combustibles, en la Universidad Nacional Autónoma de México. Concluyendo que; las reacciones que resaltan por su aplicación potencial son las de reducción de CO<sub>2</sub> y la ruptura del H<sub>2</sub>O para obtener hidrocarburos ligeros (y/o alcoholes) y H<sub>2</sub>, respectivamente, mediante el empleo de la fotocatalisis heterogénea; sin embargo las limitaciones cinéticas y termodinámicas representan un desafío adicional para las investigaciones en fotocatalisis.

Así las cosas, la fotosíntesis artificial se plantea como una alternativa para la obtención de energía limpia, amigable con el medioambiente, siendo una tecnología incipiente aún hay retos que superar, pero parece prometedora en la lucha contra la degradación del ambiente.

## **Metodología**

Este trabajo se llevó a cabo bajo la metodología de análisis documental ya que es la que más se ajusta a la naturaleza de este estudio. La variable estudiada fue: La Fotosíntesis artificial: Una tecnología de la revolución energética. La recolección de información se realizó mediante la técnica de búsqueda de registros bibliográficos de literatura especializada a través de internet en páginas especializadas de naturaleza académicas y científica altamente confiables. Para alcanzar el objetivo de estudio se determinaron los criterios de selección como: calidad metodológica y calidad científica. En la primera fase se tomaron en cuenta el título, los autores, resumen, los resultados y año de publicación desde 2015 a 2020, sin embargo se consideraron algunas publicaciones de años anteriores, pues se admitieron como valiosas para esta investigación. Las fuentes consultadas fueron primarias, tales como artículos originales, tesis de fin de grado y doctorales se efectuó la lectura crítica de los documentos. Tras este proceso se organizó y priorizó la indagación, cuya información se consideró más relevantes y pertinentes para el desarrollo de este estudio. Finalmente, se presentan las principales conclusiones del estudio.

## **Conclusión**

La fotosíntesis artificial se plantea como una de las posibles futuras soluciones para reducir la concentración de CO<sub>2</sub> en el planeta y mitigar el cambio climático. La posibilidad de hacer combustibles solares, como un recurso ilimitado y no contaminante, presenta beneficios considerables para mitigar los efectos de la contaminación de la sociedad industrializada.

De este modo las investigaciones sobre la fotosíntesis artificial, debe conducir a la formación de equipos de científicos, que de forma colaborativa, logren acelerar y perfeccionar esta tecnología, a fin de sustituir definitivamente el uso de combustibles fósiles, como principal fuente de energía y aumentar la producción de combustible limpio.

## Referencias

1. Barrios, C., Albiter, E., & Zanel, R. (2015). La fotosíntesis artificial, una alternativa para la producción de combustibles. *Mundo Nano*. Vol. 8, No. 15, 1-16.
2. Brimblecombe, R., & Otros. (2009). Molecular water-oxidation catalysts for photoelectrochemical cells. *Dalton Transactions* 2009 (2009), 43, pp. 9374–9384.
3. Carral, L. (2016). Explorando la fotosíntesis artificial: Procesos reductivos sobre superficies. Universidad de la Coruña. Trabajo de fin de Grado, 155.
4. Collado, L. (2015). Fotosíntesis Artificial: Influencia de la química superficial y los procesos optoelectrónicos en la reducción fotocatalítica de CO<sub>2</sub>. Universidad Rey Juan Carlos. Tesis Doctoral. España, 321.
5. Concepcion, J., & Otros. (2009). Making Oxygen with Ruthenium Complexes. *Accounts of chemical research*:42, (12), pp. 1954–1965.
6. Hoffmann, M., Moss, J., & Baum, M. (2011). Artificial photosynthesis: semiconductor photocatalytic fixation of CO<sub>2</sub> to afford higher organic compounds. *Dalton Transactions* 40, pp. 5151–5158.
7. Indrakanti, V., Kubicki, J., & Schobert, H. (2009). Photoinduced activation of CO<sub>2</sub> on Ti-based heterogeneous catalysts: Current state, chemical physics-based insights and outlook. *Energy & Environmental Science* 2, 745.
8. Scholes, G., & Otros. (2011). Lessons from nature about solar light harvesting. *Nature Chemistry* 3, pp. 763–74.
9. Socorro, A., & Cristobal, R. (2013). Fotosíntesis Artificial. Comparación con el mecanismo natural. *Revista cubana de física*. Vol. 30. Núm.1, 1-9.

©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/>).