

# Nanotecnología aplicada en calentadores solares: un beneficio para la sociedad

## *Applied nanotechnology in solar heaters: a benefit for society*

*Carlos Andrés Covarrubias Gordillo, Carlos Alberto Ávila Orta, Francisco Javier Medellín Rodríguez, Guillermo Martínez Colunga y Víctor Javier Cruz Delgado*

### Resumen

Después de las primeras décadas de investigación, los avances en el área de la nanotecnología comienzan a reflejarse como productos y dispositivos de uso común en la sociedad. El concepto de nanotecnología y sus principios prometen ser una solución para abordar algunos de los problemas de desarrollo más importantes en el mundo: por ejemplo, el acceso igualitario a fuentes asequibles de energía renovable mediante el aprovechamiento de la energía solar. Sólo en México, 56.4% de las viviendas no tiene acceso a un servicio de agua caliente, el cual trae diversos beneficios que no siempre son valorados por la sociedad en el medio urbano. Actualmente, por medio de la aplicación de la nanotecnología, se han construido calentadores solares de agua de plástico con nanopartículas conductoras, lo que resulta de interés por sus propiedades únicas, como una alta resistencia y tiempo de vida, ligereza, y el ser limpios al contacto con el agua, económicos y con la capacidad de transferir el calor con eficiencia. En este artículo, se aborda el concepto de nanotecnología y su aplicación para fabricar calentadores solares de agua que propician una forma más limpia y asequible de proveer energía, priorizando el desarrollo social y humano de manera igualitaria.

**Palabras clave:** nanotecnología, energía solar, calentadores solares, impacto social.

### CÓMO CITAR ESTE TEXTO

Covarrubias Gordillo, Carlos Andrés, Ávila Orta, Carlos Alberto, Medellín Rodríguez, Francisco Javier, Martínez Colunga, Guillermo, y Cruz Delgado, Víctor Javier. (2022, mayo-junio). Nanotecnología aplicada en calentadores solares: un beneficio para la sociedad. *Revista Digital Universitaria (RDU)*, 23(3). <http://doi.org/10.22201/cuaieed.16076079e.2022.23.3.5>

### Abstract

After the first decades of research, advances in nanotechnology begin to be reflected as products and devices of common use in society. The concept of nanotechnology and its principles promise to be a solution to address some of the most important problems in the world: for example, equal access to affordable sources of renewable energy through solar energy. In Mexico alone, 56.4% of households do not have access to a hot water service, which brings various benefits that are not always valued by society in the urban environment. Currently, through the application of nanotechnology, plastic solar water heaters have been built with conductive nanoparticles, which are of interest due to its unique properties, such as high resistance and lifespan, their lightness, and being clean in contact with water, cheap and with the ability to transfer heat efficiently. This article deals with the concept of nanotechnology and its application to manufacture solar water heaters that promote a cleaner and more affordable way of providing energy, prioritizing social and human development in an equal manner.

**Keywords:** nanotechnology, solar energy, solar heaters, social impact.

### Carlos Andrés Covarrubias Gordillo

*Centro de Investigación en Química Aplicada (CIQA)*

Doctorado en Tecnología de Polímeros con especialidad en síntesis y preparación de materiales nanocompuestos conductores de calor por CIQA. Posdoctorante del Departamento de Materiales Avanzados en el Centro de Investigación en Química Aplicada. SNI C. Autor de 9 publicaciones (3 en Q1) científicas en áreas como: caracterización y síntesis de nanocompuestos, modificación y caracterización de nanopartículas, polipropileno, acrilatos, propiedades de desempeño y conductividad térmica. Cuenta con experiencia en el uso de plasma como técnica para compatibilizar fases de un compuesto, en preparación de nanocompuestos poliméricos en cámaras de mezclado, en el uso de extrusor doble husillo y en la caracterización de materiales poliméricos.

 [carlos.covarrubias@ciqa.edu.mx](mailto:carlos.covarrubias@ciqa.edu.mx)

 [orcid.org/0000-0003-0659-9010](https://orcid.org/0000-0003-0659-9010)

### Francisco Javier Medellín Rodríguez

*Centro de Investigación en Química Aplicada (CIQA)*

Dirección de proyectos directos y vinculados con la industria, nacionales e internacionales. Investigación básica y aplicada. Uso de técnicas avanzadas de caracterización (radiación sincrotrón) y técnicas estándar de laboratorio. Publicaciones nacionales e internacionales. Estancias internacionales. Dirección de tesis de licenciatura, maestría y doctorado. Dirección de estancias posdoctorales. Docencia en los tres niveles educativos. Responsabilidad de laboratorios. Director de Facultad. Director de Instituto.

 [francisco.medellin@ciqa.edu.mx](mailto:francisco.medellin@ciqa.edu.mx)

 [orcid.org/0000-0003-1939-7020](https://orcid.org/0000-0003-1939-7020)

### Carlos Alberto Ávila Orta

*Centro de Investigación en Química Aplicada (CIQA)*

Doctor en Polímeros (CIQA, 2001). Estancia posdoctoral en la Universidad del estado de Nueva York (Stony Brook, 2004). Investigador Nacional SNI nivel II desde el 2013, ingreso a CIQA desde el 2004, actualmente Investigador Titular C. Jefe del Departamento de Materiales Avanzados del 2007 al 2014, y del 2018 a la fecha. Parte activa de la plantilla de profesores del programa de Maestría en Tecnología de Polímeros, miembro de la MRS del 2010 a la fecha. Experiencia en la preparación de nanocompuestos poliméricos (polímeros semicristalino/nanopartículas) y su caracterización, encaminados a su aplicación en el sector salud y de energía, agua y medioambiente.

 [carlos.avila@ciqa.edu.mx](mailto:carlos.avila@ciqa.edu.mx)

 [orcid.org/0000-0002-2820-0958](https://orcid.org/0000-0002-2820-0958)

**Juan Guillermo Martínez Colunga**

*Centro de Investigación en Química Aplicada (CIQA)*

Doctor en ingeniería de materiales de la FIME-UANL con 30 años de experiencia en la investigación de materiales poliméricos. Ha dirigido proyectos de investigación financiados por el CONACYT y por empresas nacionales. Publicado 30 trabajos científicos y presentados 12 ponencias en congresos nacionales e internacionales. También ha impartido cursos a nivel Posgrado del CIQA y a empresas de la industria del plástico. Dirigido 13 tesis a nivel doctorado, maestría y licenciatura. Actualmente es nivel I en el Sistema Nacional de Investigadores. (SIN).

 [guillermo.martinez@ciqa.edu.mx](mailto:guillermo.martinez@ciqa.edu.mx)

 [orcid.org/0000-0003-2046-7743](https://orcid.org/0000-0003-2046-7743)

**Víctor Javier Cruz Delgado**

*Centro de Investigación en Química Aplicada (CIQA)*

Ha participado en más de 10 proyectos financiados por la Secretarías de Economía y Energía, CONACYT y Newton Fund en las áreas de empaques, películas para uso agrícola, textiles antimicrobianos y materiales para el aprovechamiento de energías renovables. Brinda servicios y asesoría al sector productivo acerca de diversos procesos de transformación y reciclado de plásticos. Autor de 23 Publicaciones Científicas y 4 Capítulos de Libro en áreas como: funcionalización de nanopartículas, nanocompuestos poliméricos, materiales electro/termo conductores y extrusión asistida con ultrasonido para diferentes aplicaciones. Co-Inventor de 5 patentes nacionales y 2 internacionales otorgadas, y 6 solicitudes de patente nacionales.

 [victor.cruz@ciqa.edu.mx](mailto:victor.cruz@ciqa.edu.mx)

 [orcid.org/0000-0003-0891-7764](https://orcid.org/0000-0003-0891-7764)

## ¿Qué es la nanotecnología?

Actualmente, la sociedad mexicana entiende a la nanotecnología como tecnología avanzada o tecnología de punta, y, exceptuando a los especialistas en el área, desconoce el significado real del concepto (Camarillo Abad et al., 2019). En cualquier caso, la *nanotecnología* es el estudio, diseño, creación, síntesis, manipulación y aplicación de materiales, dispositivos e incluso sistemas, en un rango nanométrico de 1 a 100 nanómetros (un nanómetro, equivale a  $1 \times 10^{-9}$  metros), es decir, en escalas muy pequeñas, casi atómicas. El éxito en la manipulación a esta escala ha permitido el diseño de sistemas eficientes, y con ellos poder abordar problemas a cualquier escala. Una referencia de tamaños se presenta en la figura 1 (Gottardo et al., 2021; Mobasser y Akbar Firoozi, 2016; Singer et al., 2005).

Las propiedades de los productos nanotecnológicos les han permitido encontrar numerosos nichos de aplicación, en dominios muy diferentes, incluso, podrían proporcionar una solución a problemas

prioritarios relacionados con el agua, energía, agricultura y salud. Si bien, en estas áreas se han contemplado una gran cantidad de problemas y soluciones, la mayoría no tiene en cuenta el desarrollo social y humano de manera igualitaria (Acosta, 2019).

## Energía solar y nanotecnología

Una de las mayores problemáticas presentes en nuestros días es poder utilizar fuentes de energía amigables con el medio ambiente, económicas y de fácil acceso a todo el mundo. Las energías alternas reducirán la dependencia de fuentes de energía contaminantes no renovables, como los combustibles fósiles. La luz solar cumple con los requisitos mencionados anteriormente y está presente en todo el planeta, sin distinción.

La energía solar es la principal fuente de energía en todos los procesos naturales que tienen lugar en nuestro planeta. Se estima que los rayos solares se generan a partir de los 700 millones de toneladas de hidrógeno que se queman por segundo en esta estrella de nuestro sistema solar, de las cuales,

**Figura 1.** Referencia de escalas de tamaño. Escala comparativa de las longitudes características entre el metro y 0.1 nanómetros.

La escala nanotecnológica se representa en rojo, y está muy cercana al nivel atómico. Créditos: elaboración propia.



4.3 millones de transforman en energía. De ella, llegan  $1.7 \times 10^{14}$  KW, lo que representa la potencia correspondiente a 170 millones de reactores nucleares de 1,000 MW de potencia eléctrica unitaria, más de 10,000 veces el consumo energético mundial. Además, las previsiones actuales apuntan a que, en los próximos 6,000 millones de años, el sol solamente consumirá 10% del hidrógeno que contiene en su interior. Por lo tanto, con el sol se dispone de una fuente de energía gratuita, asequible a todos y amistosa con el medio ambiente, y, sobre todo, por un período de tiempo prácticamente ilimitado (Garg y Prakash, 2006; Kabir et al., 2018; Rabaia et al., 2021).

En este sentido, la posición geográfica de México es privilegiada en el planeta tierra. Según la International Renewable Energy Agency (IRENA), México se encuentra entre  $15^\circ$  y  $35^\circ$  de latitud, región considerada la más favorecida en recursos solares, pues, se recibe del sol diariamente, en promedio,  $5.5 \text{ Kwh/m}^2$ , además de que cuenta con esta radiación durante todo el año. La radiación térmica que incide sobre la tierra puede ser calculada y genera la denominada constante solar ( $G = 1353 \text{ W/m}^2$ ), que indica la energía que puede ser aprovechada para diversos procesos.

La nanotecnología tiene el potencial de proporcionar formas más limpias, asequibles, eficientes y fiables de aprovechar los recursos renovables. El uso racional de la nanotecnología puede ayudar a los países en desarrollo a avanzar hacia la autosuficiencia energética y, al mismo tiempo, reducir la dependencia de fuentes de energía

contaminantes no renovables, como los combustibles fósiles. Por medio de la nanotecnología es posible obtener partículas en escala nanométrica de diferentes materiales como: oro, plata carbono, etcétera, y añadirlas a matrices plásticas para crear los denominados *nanocompuestos poliméricos funcionales*, capaces de conducir la electricidad y el calor, entre otras cosas. Éstos son sistemas con propiedades mejoradas debido al aditivo nanométrico. Ejemplo de estas propiedades son la mayor resistencia mecánica y las altas conductividades térmica y eléctrica (es necesario considerar que los plásticos comunes son aislantes).

Es verdad que actualmente ya existen los *compuestos poliméricos*, es decir, materiales plásticos con partículas comunes y de dimensiones del orden de milímetros y en concentraciones de 30 a 50% en peso. Sin embargo, en los nanocompuestos el incremento de las propiedades se lleva a cabo con una mucho menor cantidad de nanopartículas (del orden de 5% en peso), por lo que en el producto se mantienen las propiedades del plástico y se mejoran con las características del aditivo, obteniéndose materiales homogéneos tanto en forma como en propiedades, lo cual es comúnmente buscado en diversas aplicaciones (Covarrubias-Gordillo et al., 2018; Rouway et al., 2021; Wang et al., 2018)

Retomando la búsqueda del aprovechamiento de la energía solar, dichos nanocompuestos, pueden interactuar con la radiación solar de forma diferente en comparación a los plásticos puros, a los plásticos con partículas comunes, a los metales

y otros materiales, debido a su composición y tamaño. Este último punto permite esperar una mayor absorción de la energía solar por parte de nanocompuestos poliméricos en comparación a otros materiales, por lo que en las últimas décadas se ha intentado utilizar estos materiales, generados por la nanotecnología, para la construcción de calentadores solares de agua (Essa et al., 2021; Habib et al., 2021; Manirathnam et al., 2020).

## Calentadores solares: nanotecnología al servicio de la sociedad mexicana

Los calentadores solares no son nuevos, en el año de 1904 surgió el primer equipo solar complejo, que permitía guardar durante la noche el agua calentada durante el día. Las versiones modernas, sin embargo, datan de los años 2005 a 2009. Éstas consisten de un sistema de tubos de diferente número y longitud, o bien de una placa, fabricados de vidrio o policarbonato con un alma de cobre, la cual transporta el calor recolectado de la radiación solar hacia el agua contenida en un recipiente. Existen de diferentes tamaños y marcas (ver figura 2). Es posible también, con ingenio, hacer un calentador solar con botellas de bebidas gaseosas o un recipiente similar y hacer pasar

**Figura 2.** Diversos tipos de calentadores solares. Créditos: elaboración propia.



Casero



De 10 tubos



De 20 tubos



De placa

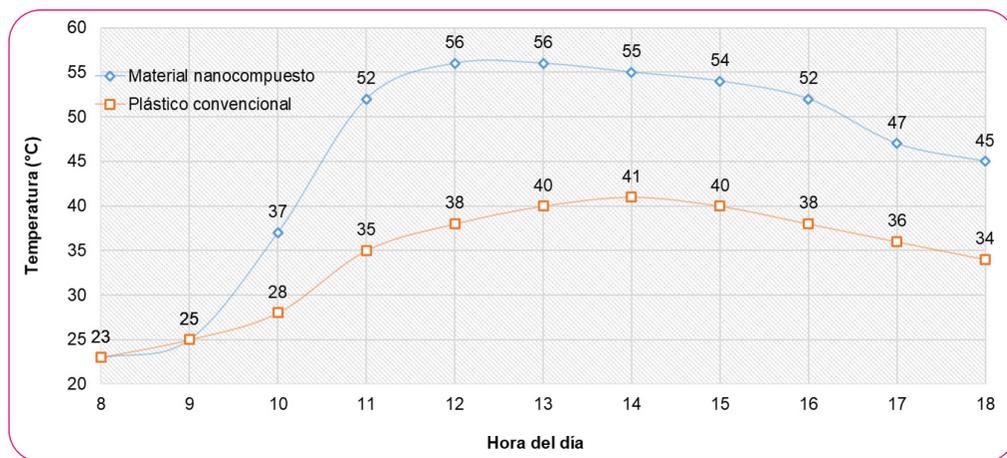
agua por gravedad por las botellas, recibiendo agua caliente en la salida.

Debido a las propiedades de los materiales nanocompuestos, investigadores del Centro de Investigación en Química Aplicada (CIQA) actualmente se encuentran diseñando y probando un sistema de tubos de base polipropileno/nanofibras de carbón, para la construcción de calentadores solares de agua (patente en trámite). Las pruebas de campo realizadas por el CIQA han arrojado resultados preliminares satisfactorios del uso de estos nanomateriales en esta aplicación, con temperaturas de salida de hasta 56°C a las 12 p.m., mientras que los fabricados con plásticos convencionales alcanzaron 41°C a las 14 p.m. (ver video y figura 3). El principio se basa en el aumento del área superficial de contacto del aditivo, nanofibras de carbón, de manera similar a como se muestra en la figura 4.

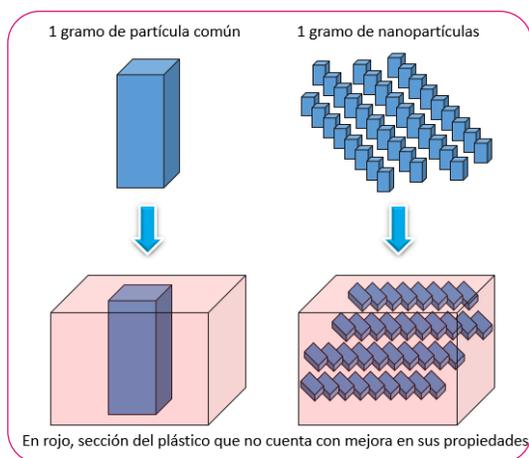


**Video .** Investigaciones y resultados preliminares del calentador solar fabricado con material nanocompuesto polimérico (CIQA Centro de Investigación en Química Aplicada, 2019).

**Figura 3.** Resultados preliminares de las pruebas de campo realizadas por el CIQA. El calentador solar fabricado con material nanocompuesto polimérico. En color azul se muestra una mayor eficiencia al alcanzar los 56 °C en un menor tiempo. Créditos: elaboración propia.



**Figura 4.** Plástico con partículas comunes (material compuesto polimérico) comparados con plásticos con nanopartículas (material nanocompuesto polimérico). Créditos: elaboración propia.



Los materiales nanocompuestos poliméricos cuentan con grandes ventajas en comparación con los materiales utilizados hoy en día para la producción de calentadores solares, como: su costo, fácil procesado, tiempo de vida media, limpieza al contacto con el agua y, principalmente, su bajo peso. Esta última ventaja, permite pensar en la posibilidad de llevar esta tecnología a la sociedad que se ubica en las zonas más remotas del país, donde este requisito de higiene básico no es accesible para toda la sociedad. Según el INEGI, 43.5% de las viviendas tiene algún tipo de calentador de agua: en total se contabilizan 14.6 millones, de los cuales 11 millones son calentadores

de agua de gas y 2 millones de calentadores solares (SENER et al., 2018). Es decir, 56.4% de las viviendas no tienen acceso al servicio de agua caliente, no necesariamente por que no se requiera. En los medios rurales, la mayoría de las ocasiones se calienta el agua con leña o simplemente los habitantes se han acostumbrado a una vida sin esta "comodidad". No obstante, el uso de agua caliente trae diversos beneficios, que la sociedad en el medio urbano no siempre tiene identificados, pues el acceso al agua caliente en un medio urbanizado es sencillo y cómodo. Se ha identificado que la falta de agua caliente trae consigo diversos problemas, como: la presencia de toxinas en la piel, congestión de vías respiratorias, ausencia de una circulación sanguínea adecuada, estrés o fatiga del cerebro, tensión muscular y presencia de virus y bacterias en las superficies (Naturgy, 2021).

Finalmente, cabe mencionar que si bien en la actualidad existen calentadores solares fabricados con materiales plásticos que contienen partículas comunes, éstos se utilizan de manera más frecuente con fines recreativos (albercas), debido a que

no cuentan con la eficiencia deseada para desempeñarse de manera óptima en los medios rurales. De lo anterior, surge la importancia de la constante investigación y desarrollo de nuevos materiales, así como la necesaria adopción de tecnologías que prioricen el desarrollo social y humano de manera igualitaria.

## Conclusiones

En la actualidad, la nanotecnología aún se muestra como un concepto difuso para el público en general, pese a que esta tecnología ha encontrado numerosos nichos de aplicación, e, incluso, podría proporcionar una solución a problemas prioritarios nacionales relacionados con el agua, energía, agricultura y salud. Entre estos problemas, se identificó que uno de ellos es que 56.4% de las viviendas en México no tienen acceso al servicio de agua caliente, en su mayoría, en los medios rurales, a pesar de que la falta de agua caliente trae consigo diversos problemas.

Se mostró que la nanotecnología tiene el potencial para la solución de esta problemática de carácter social, ya que por medio de su uso es posible obtener partículas en escala nanométrica de diferentes materiales, que al ser añadidas a matrices plásticas crean los denominados materiales nanocompuestos poliméricos, capaces de ser utilizados para la producción de calentadores solares, con diversas ventajas, como: su bajo costo, fácil procesado, tiempo de vida media, limpieza al contacto con el agua y, principalmente, su bajo peso.

## Referencias

- ❖ Acosta, A. (2019). *La nanotecnología: el mundo de las maquinas a escala nanométrica*. RBA libros.
- ❖ Camarillo Abad, E., Blome Fernández, R., Castellanos Andrade, P., y Campos Delgado, J. (2019). Mitos y realidades de la nanotecnología en México. *Mundo Nano*, 12(22), 73-88. <https://doi.org/10.22201/ceiich.24485691e.2019.22.65023>
- ❖ CIQA Centro de Investigación en Química Aplicada. (2019, 28 de mayo). *Calentadores solares*. [Video]. YouTube. <https://youtu.be/bNj3z2WpUd4>
- ❖ Covarrubias-Gordillo, C. A., Soriano-Corral, F., y Avila-Orta, C. (2018). Modulación de la Conductividad Térmica en Nanocompuestos de Polipropileno con Nanopartículas de Carbono (PP/CNPS) Para su Uso en Sistemas Intercambiadores de Calor. En CIQA (Vol. 1). CIQA. <http://ciqa.repositorioinstitucional.mx/jspui/handle/1025/597>
- ❖ Essa, F. A., Alawee, W. H., Mohammed, S. A., Dhahad, H. A., Abdullah, A. S., y Omara, Z. M. (2021, agosto). Experimental investigation of convex tubular solar still performance using wick and nanocomposites. *Case Studies in Thermal Engineering*, 27, 101368. <https://doi.org/10.1016/j.csite.2021.101368>
- ❖ Garg, H., y Prakash, J. (2006). *Solar energy: fundamentals and applications* (7.ª ed.). Mc Graw Hill.
- ❖ Gottardo, S., Mech, A., Drbohlavová, J., Małyska, A., Bøwadt, S., Riego Sintes, J., y Rauscher, H. (2021, noviembre). Towards safe and sustainable innovation

- in nanotechnology: State-of-play for smart nanomaterials. *NanoImpact*, 21,100297. <https://doi.org/10.1016/j.impact.2021.100297>
- ❖ Habib, N. A., Ali, A. J., Chaichan, M. T., y Kareem, M. (2021, febrero). Carbon nanotubes/paraffin wax nanocomposite for improving the performance of a solar air heating system. *Thermal Science and Engineering Progress*, 23, 100877. <https://doi.org/10.1016/j.tsep.2021.100877>
  - ❖ Kabir, E., Kumar, P., Kumar, S., Adelodun, A. A., y Kim, K. H. (2018, febrero). Solar energy: Potential and future prospects. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 82, parte 1, 894-900. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.09.094>
  - ❖ Manirathnam, A. S., Manikandan, M. K. D., Prakash, R. H., Kumar, B. K., y Amarnath, M. D. (2020). Experimental analysis on solar water heater integrated with Nano composite phase change material (SCi and CuO). *Materials Today: Proceedings*, 37, parte 2, 232-240. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.05.093>
  - ❖ Mobasser, S., y Akbar Firoozi, A. (2016). Review of Nanotechnology Applications in Science and Engineering. *Journal of Civil Engineering and Urbanism*, 6(4), 84-93. <https://cutt.ly/SGXZj6V>
  - ❖ Naturgy. (2021). *Descubre Los 7 Beneficios de Ducharse Con Agua Caliente*. Nedgia, Grupo Naturgy. <https://www.nedgia.es/blog-gas-natural/7-beneficios-agua-caliente/>
  - ❖ Rabaia, M. K. H., Abdelkareem, M. A., Sayed, E. T., Elsaid, K., Chae, K. J., Wilberforce, T., y Olabi, A. G. (2021). Environmental impacts of solar energy systems: A review. *Science of the Total Environment*, 754, 141989. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.141989>
  - ❖ Rouway, M., Nachtane, M., Tarfaoui, M., Chakhchaoui, N., Omari, L. E. H., Fraija, F., y Cherkaoui, O. (2021). Mechanical properties of a biocomposite based on carbon nanotube and graphene nanoplatelet reinforced polymers: Analytical and numerical study. *Journal of Composites Science*, 5(9). <https://doi.org/10.3390/JCS5090234>
  - ❖ SENER, INEGI, y CONUEE. (2018). *Encuesta Nacional sobre Consumo de Energéticos en Viviendas Particulares. Presentación de Resultados*. <https://cutt.ly/zGXZvEH>
  - ❖ Singer, P. A., Salamanca-Buentello, F., y Daar, A. S. (2005). Harnessing nanotechnology to improve global equity. *Issues in Science and Technology*, 21(4), 57-64.
  - ❖ Wang, Y., Wang, Y., Wan, B., Han, B., Cai, G., y Li, Z. (2018). Properties and mechanisms of self-sensing carbon nanofibers/epoxy composites for structural health monitoring. *Composite Structures*, 200, 669-678. <https://doi.org/10.1016/j.compstruct.2018.05.151>

Recepción: 19/10/2021. Aprobación: 03/03/2022.

