Nanotecnología aplicada al tratamiento de aguas residuales

Yarelys Herrera-Díaz* y Georgina Michelena-Alvarez

Instituto Cubano de Investigación de los Derivados de la Caña de Azúcar (ICIDCA)

* yarelysherrera8@gmail.com

RESUMEN

La Nanotecnología emerge como alternativa interesante en el diseño de sistemas para el tratamiento de aguas. El pequeño tamaño de las nanopartículas y las características de los nanomateriales hacen que el potencial de la Nanotecnología, en este campo, sea enorme. El presente artículo de revisión aborda la importancia de la Nanotecnología en el cuidado del medioambiente y cómo las nanopartículas pueden ser usadas efectivamente, en el tratamiento de aguas residuales y remarcar su utilidad en sistemas de desalinización. Se describen propiedades de los nanomateriales utilizados para desinfección de aguas, en el desarrollo de sistemas de filtración por membrana y sus características. Se brinda un panorama del uso de la nanotecnología en el tratamiento de aguas residuales a nivel mundial, sus ventajas y desventajas. Finalmente, se revisan brevemente los efectos dañinos de las nanopartículas y nanomateriales en ecosistemas acuáticos.

Palabras clave: tratamiento de aguas residuales, Nanotecnología, nanopartículas, nanomateriales.

ABSTRACT

Nanotechnology emerges as an interesting alternative for the design of water system treatments. The small size of the nanoparticles and the characteristics of the nanomaterials made huge the potential of this technology in this field. The current review article introduces to the lecturer to know the importance of nanotechnology in tech environment care and gives the basic concepts of nanoscience, nanotechnology, how nanoparticles can be effectively used in wastewater treatment, remarking its usefulness in desalination systems. Later, there is a description of the properties of the nanomaterials used for the disinfection of water, in the development of membrane filtration systems describing their characteristics. An overview of nanotechnology in water treatment at world level with advantages and disadvantages is provided. Finally, there is brief review of the damaging effects of the nanoparticles and nanomaterials in aquatic ecosystems.

Key words: waste treatment, Nanotechnology, nanoparticles, nanomaterials.

INTRODUCCIÓN

La Nanotecnología (deriva del vocablo griego nanno que significa enano) es el control de la materia a escala entre 1 y 100 nanómetros, según Yanus *et al.* (1). Es la posibilidad de manejar las cosas a diferentes escalas: molecular, atómica y subatómica, lo que podría reportar beneficios increíbles a las sociedades presentes y futuras, advierten Olivera *et al.* (2).

El campo de la Nanotecnología aún no ha sido explorado del todo en nuestro país pero es pertinente conocer que muchas técnicas pueden adaptarse a nuestras necesidades, las alianzas con centros líderes en este campo en el país como el Centro de Estudios Avanzados CEA constituye una vía para el desarrollo de estudios científicos relacionados con esta temática en Cuba.

El agua es un recurso escaso para muchos países, en especial en el Medio Oriente, pues la oferta no satisface la demanda (3). El agua se convertirá en un recurso aún más escaso, debido a las presiones del cambio climático y del crecimiento demográfico, sobre todo en las regiones en desarrollo, en las que el agua disponible no suele ser apta para el consumo humano, asegura Serrano

(4), esto constituye un grave problema que afecta la salud humana, daña ecosistemas y degrada la calidad de las fuentes de agua.

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), en el 2017, murieron aproximadamente 3.3 millones de personas en el mundo a causa de las diarreas por *E. coli*, cólera, infecciones bacterianas, patógenos virales y parásitos en el agua, también se estima que cerca del 80 % de las enfermedades en los países en desarrollo, tienen relación directa con la falta de saneamiento y pobre calidad del agua disponible; asimismo, a nivel mundial, de 17 a 19 millones de personas no cuentan con acceso al agua potable ni saneamiento básico (5).

La Nanotecnología emerge como una interesante alternativa para del tratamiento del agua, pues la escala de trabajo, así como las características de los nanomateriales hacen de ella un campo de gran potencial (6). Asimismo, la Nanotecnología ha sido usada de manera eficiente, en la remediación de aguas, biorremediación, la remoción de tintas, la absorción de contaminantes, la remoción de metales pesados y en los procesos de filtración (7). La escala de trabajo permite resultados precisos y especificaciones exactas requeridas.

Contar con fuentes de agua limpia es una de las prioridades de la comunidad científica internacional por lo que muchos países están desarrollando investigaciones en las que se relacionan la Nanotecnología y el tratamiento del agua e intentan implementar soluciones ventajosas en este novedoso campo. Países como Brasil, China, India, Arabia Saudita y Sudáfrica cuentan con centros dedicados a la investigación en estas ramas. Las propiedades únicas que poseen las nanopartículas para mejorar los procesos de adsorción, catálisis y desinfección hacen que sean muy apropiadas en el tratamiento del agua.

El campo de la Nanotecnología aún no ha sido explorado del todo en Cuba, pero es pertinente conocer que muchas técnicas pueden adaptarse a nuestras necesidades, las alianzas con centros líderes en este campo como el Centro de Estudios Avanzados CEA, constituye una vía para el desarrollo de estudios científicos relacionados con esta temática en el país.

El objetivo de la presente revisión es ofrecer una mirada a los avances de la Nanotecnología en el tratamiento de las aguas residuales y prestar particular atención al uso de nanomateriales en la fabricación de membranas para filtración y el uso de nanopartículas para catálisis y fotocatalisis.

MATERIALES Y MÉTODOS

Metodologías de obtención de nanopartículas

En la actualidad existe una gran cantidad de investigaciones en el mundo para perfeccionar y descubrir técnicas experimentales que produzcan nanomateriales; sin embargo, para generar materiales en dimensión nanométrica se distinguen dos alternativas ya establecidas:

1. Top-down “de arriba hacia abajo”: técnica que desarrolla las nanoestructuras “grabando” un bloque de material.
2. Bottom-up “de abajo hacia arriba”: técnica en la que los materiales nanoestructurados se producen a partir de “nanobloques” de átomos o moléculas.

Top-down: Estas dos aproximaciones, categorizan las metodologías de la siguiente manera: consiste principalmente en la aplicación de métodos físicos para lograr la división de la materia sólida en partes más pequeñas, usualmente incluye prácticas como el desgaste, evaporación térmica, implantación de iones y la molienda o activación mecano-química, para involucrar la molienda o el desgaste (8).

Bottom-up: Esta aproximación de metodologías explica que la fabricación de nanopartículas, se realiza mediante procedimientos químicos, con prácticas como la condensación de átomos o entidades moleculares, también mediante el método coloidal, la reducción fotoquímica y radiolítica,

irradiación con microondas, la utilización de dendrímeros, la síntesis solvotermal y el método sol-gel, ya sea dentro de una fase gaseosa o en solución. Este enfoque es el más conocido y practicado en la síntesis de nanopartículas (8).

Materiales para filtración por membrana

La Nanotecnología podría tener avances revolucionarios en la industria de la desalinización del agua, aunque el desarrollo de dichas membranas está aún en un proceso inicial y existen varios problemas por resolver (9). Los desafíos principales son: el alto costo de los materiales nanoestructurados y la dificultad en escalar los procesos de manufactura de membrana, para uso comercial. De acuerdo con Lange (10), existen tres tecnologías que prometen reducir los requerimientos para la desalinización de hasta un 30 %: osmosis (directa y reversa), composites de membrana hechos con nanotubos de carbono y membranas biomiméticas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Actualmente existen varias membranas desarrolladas con nanotecnología (11). La Nanotecnología ofrece un rango de soluciones más amplio para nuevos materiales de membrana (9, 12), que incluyen: membranas de óxido de grafeno (13), membranas de nanofiltración de cerámica, nanopartículas magnéticas (14), membranas poliméricas con recubrimiento antiderrame (cubiertas orgánicas tipo cepillo, membranas impregnadas con nanopartículas), composites de membrana (composites de membrana de película fina para osmosis, combinaciones: de metal/óxidos metálicos + polímero, nanotubos de carbón + polímero, zeolitas + polímero y aquaporina (AQP)+ polímero).

Otras aplicaciones en el tratamiento de aguas

En la tabla 1 se muestran sintetizadas las alternativas de uso de las nanopartículas en el tratamiento de aguas.

Tabla I. Aplicaciones y ventajas de la Nanotecnología

Campo	Nanotecnología desarrollada	Aplicación	Ventajas
Aguas subterráneas	Hierro de cerovelente (ZVI)	En la recuperación de aguas subterráneas	Es de larga duración, los subproductos no son tóxicos y suele ser altamente eficaz.
Desinfección y nanofiltración	Fibras de alumina	Se usan en la desinfección, nanofiltración	Poseen alta adsorción y resistencia mejorada a la obstrucción.
	Metales semiconductores	Desalinización, desinfección y nanofiltración	Reconocidos como funcionalmente seguros.
Aguas Residuales	Membranas, arcillas / zeolitas	En el tratamiento de aguas residuales, su depuración, desalinización.	Amplia área superficial, selectivo para contaminantes de la industria química.
Reciclaje y Remedación	Cápsula	Aplicables en las aguas residuales, reciclaje y remediación.	Es reutilizable.
Remediación	Perlas, resinas	Remediación	Deja pocos residuos sólidos, posee absorción rápida y puede ser reutilizable.
Purificación	Nanotubos	Purificación y tratamiento	Pueden ser diseñados selectivamente.
Aguas Residuales	Dendrímeros	Aguas residuales, remediación y filtración	Alta capacidad para los metales, capaz de auto ensamblarse.
Desinfección	Compuestos	Tratamiento	Amplia superficie y capacidad de absorción.

CONCLUSIONES

- El uso de las tecnologías convencionales constituye la primera alternativa que debemos poner en práctica para tratar las aguas residuales.
- La Nanotecnología es un campo con mucho potencial en el que, continuamente, se realizan mejoras en los sistemas de filtración con membranas, que no solo disminuyen en tamaño sino en selectividad y duración y aunque el costo aún sigue siendo elevado para un tratamiento de agua a gran escala, es importante mantenerse al corriente de los avances y tratar de replicar, en nuestra propia comunidad, experiencias exitosas en otros países.
- Aunque el campo de la Nanotecnología no ha sido explorado del todo en nuestro país, deben conocerse las técnicas que puedan adaptarse a nuestras necesidades y desarrollar estudios científicos relacionados con esta temática en Cuba.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Yunus, I.; *et al.* Nanotechnologies in water and air pollution treatment, Environmental Technology Reviews, 2012, vol. 1, no. 1, p. 136-148, DOI: [10.1080/21622515.2012.733966](https://doi.org/10.1080/21622515.2012.733966)
2. Olvera, R.; *et al.* Review of nanotechnology value chain for water treatment applications in Mexico. Resource-Efficient. Technologies, 2017, vol. 3, p. 1–11.
3. FCM. (2016). Fundación para el Conocimiento Madrid. Obtenido de Fundación para el Conocimiento Madrid.: <https://www.madrimasd.org/blogs/remtavares/2016/02/24/132448> Ions Using Graphene Oxide Membranes. Nat Nanotechnol, 2017, vol.12, p. 546-50.
4. Serrano, J. D. (2010). El acceso al agua y saneamiento: Un problema de capacidad institucional local. Análisis en el estado de Veracruz. Scielo. Obtenido de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S140510792010000200004&script=sci_arttext&tlnen
5. González, E. A. aguda, prolongada y persistente en niños y su diferencia de la diarrea crónica. Medisan, 2017, vol. 21, no 9, p. 2047-2060.
6. Chávez, G. A. Nanotecnología una alternativa para el tratamiento de aguas residuales: Avances, Ventajas y Desventajas. Scielo. Obtenido de http://www.scielo.org.bo/pdf/jsars/v9n1/v9n1_a05.pdf. Ciencias de la Información, 2018, vol. 43, no 1, p.5-14.
7. Ramírez, J.; Trujillo, A. Revista de Investigación Agraria y Ambiental. Biorremediación en suelos contaminados con hidrocarburos en Colombia, 2013, vol. 3, Issue 2, p. 37-48.
8. Zanella, R. Metodologías para la síntesis de nanopartículas: controlando forma y tamaño. Mundo nano. Revista interdisciplinaria en nanociencias y nanotecnología, 2012, vol. 5, no 1, p. 69-81.
9. Lee, K.P.; Arnot, T. C.; Mattia, D. A review of reverse osmosis membrane materials for desalination development to date and future potential. J Membr Sci, 2011, vol. 370, no 1, p.1-22.
10. Lange, K.E. The big idea. National Geographic Magazine. [Acceso sep 2017] Disponible en <http://ngm.nationalgeographic.com/bigidea/09/desalination> (on-line on 07.04.2011).
11. Zhou, S.L.; Li, J.; Hong, G.-B.; Chang, C.-T. Dendrimer Modified Magnetic Nanoparticles as Adsorbents for Removal of Dyes. J. Nanosci. Nanotechnol. 2013, vol. 13, p. 6814–6819. [Google Scholar] [CrossRef]
12. Ng, L.Y., *et al.* Polymeric membranes incorporated with metal/metal oxide nanoparticles: A comprehensive review. Desalination, 2013, vol. 308, no 2, p.15-33.
13. Jung, J.Y., *et al.* Tuneable Sieving of biological regeneration and ammonium exchange of zeolite in modified SBR process. Water Research, 2004, vol. 38, p. 347-354.
14. Jung, J.Y., *et al.* Enhanced ammonia nitrogen removal using consistent biological regeneration and ammonium exchange of zeolite in modified SBR process. Nanoadsorbents for Remediation of Aquatic Environment: Local and Practical Solutions for Global Water Pollution Problems. Crit. Rev. Environ. Sci. Technol, 2012, vol. 42, p.1233–1295.