

Implicaciones de la Nanotecnología en el tratamiento de agua

Dulce Yareli Mota Díaz
zs21010659@estudiantes.uv.mx
Facultad de Ciencias Químicas

Resumen: En la actualidad, la purificación del agua mediante desalinización es una técnica común, pero dañina para el medio ambiente debido a la emisión de CO₂ y su alto consumo de electricidad. La desalinización térmica es costosa y perjudicial para los ecosistemas marinos. La nanotecnología ofrece una solución más eficiente mediante la destilación por membrana integrada con nanomateriales de carbono, que separa eficazmente la sal del agua. Estas membranas, hechas con nano fibras de Kevlar, son resistentes y rechazan contaminantes como el colorante Rodamina B. Combinar técnicas como la ósmosis inversa y directa mejora la calidad del agua y reduce la contaminación de las membranas. Aunque existen desafíos, el uso de nanomateriales está mejorando la eficiencia de la purificación del agua, lo que es crucial para su accesibilidad global. Las y los investigadores están explorando nanomateriales para desarrollar sensores moleculares más sensibles, como los basados en plasmones, que amplifican la detección de contaminantes incluso a niveles muy bajos. Estos avances podrían hacer que los dispositivos de detección sean más precisos y accesibles para detectar contaminantes en el agua.

Palabras clave: nanotecnología, agua, purificación, soluciones, contaminantes.

Abstract: Currently, water purification through desalination is a common technique, but it is harmful to the environment due to CO₂ emissions and high electricity consumption. Thermal desalination is costly and detrimental to marine ecosystems. Nanotechnology offers a more efficient solution through membrane distillation integrated with carbon nanomaterials, which effectively separates salt from water. These membranes, made with Kevlar nanofibers, are durable and reject contaminants such as Rhodamine B dye. Combining techniques like reverse and forward osmosis improves water quality and reduces membrane fouling. Although there are challenges, the use of nanomaterials is enhancing the efficiency of water purification, which is crucial for global accessibility. Researchers are exploring nanomaterials to develop more sensitive molecular sensors, such as those based on plasmons, which amplify the detection of contaminants even at very low levels. These advances could make detection devices more precise and accessible for identifying contaminants in water.

Keywords: nanotechnology, water, purification, solutions, contaminants



La nanotecnología es la ciencia aplicada al estudio de partículas de tamaño de átomos. Este tipo de tecnologías tiene como fin estudiar propiedades físicas, químicas y biológicas a nivel molecular. Es normal pensar en nanotecnología como una ciencia muy pequeña y difícil de diseñar, lo cual no dista de la realidad. Sin embargo, actualmente la nanotecnología está presente en nuestra vida cotidiana, por ejemplo, en los paneles solares de silicio cristalino, los cuales están compuestos de nano sondas que se utilizan para medir diferentes características en los paneles solares.

Por otro lado, cada día es más frecuente hablar de contaminación, entendida como la introducción o acumulación de sustancias nocivas en el medio ambiente, lo que provoca un impacto negativo en las condiciones de vida, el entorno natural y la salud de los seres vivos. Dichas sustancias tienen su origen en diversas fuentes: la industria, la agricultura y los residuos del ser humano en general, lo que se manifiesta en contaminación del aire, del agua, del suelo y acústica, causando graves problemas para los ecosistemas y la biodiversidad, así como para la salud pública.

Al igual que en varios países del mundo, la situación de contaminación del agua en México es evidente; nuestros cuerpos de agua están invadidos por contaminantes como pesticidas, fármacos, metales pesados, arsénico, entre otros. Por ello, es urgente concientizar a las empresas, a las farmacéuticas y a

la población en general sobre las graves consecuencias a las que nos enfrentaríamos si se pierden los cuerpos de agua. Además de afectarnos a nosotros, también perjudicaría a la flora y la fauna.

Este artículo se centra en los avances de la nanotecnología y su aplicación para mitigar la contaminación de cuerpos de agua. Se busca dar a conocer la importancia de la nanotecnología no solo para la identificación de contaminantes del agua, sino también como identificador de cáncer, en el diseño de medicamentos, entre otros.

Actualmente, entre las técnicas que se utilizan para la purificación de agua se encuentra la desalinización. Si bien esta técnica es efectiva, es muy dañina para el medio ambiente debido a la emisión de CO₂ por la quema de combustibles fósiles, además de consumir

el 0.4% de la electricidad mundial y dañar ecosistemas marinos. Este tipo de desalación térmica tiende a ser demasiado costosa, peligrosa para el ambiente y tiene un alto consumo de energía. Por ello, se han buscado nuevas técnicas, y es ahí donde entra la nanotecnología.

Una alternativa que se ha utilizado para la separación de agua con sal en la obtención de agua pura es la destilación, un proceso que consiste en calentar la mezcla hasta que se evapore el agua, recogerla como vapor y luego enfriarla y condensarla en agua pura. Sin embargo, este método requiere mucha energía y tiempo.

Gracias a los avances de la nanotecnología, se ha descubierto una forma más eficiente y avanzada de hacerlo usando algo llamado “destilación por membrana integrada con nanomateriales de



carbono”. Básicamente, se trata de utilizar una especie de filtro hecho de materiales extremadamente pequeños, conocidos como nanomateriales de carbono. Estos materiales tienen propiedades únicas que les permiten separar la sal del agua de manera mucho más eficiente.

Una de las alternativas diseñadas es la membrana nanoporosa de cerámica, que tiene una capa muy delgada de fibras de carbono hidrófobo, lo que significa que repele el agua. Esta capa tiene poros extremadamente pequeños, casi del tamaño de unas pocas moléculas de agua, lo que permite que el agua pase a través de ellos, pero no la sal u otras impurezas. Esto significa que la membrana puede retener más del 99% de la sal, dejando solo agua pura del otro lado.

Esta membrana, diseñada por expertos en nanomateriales, permite que el agua pase a través de ella mucho más rápido que las membranas tradicionales hechas de plástico. De hecho, el flujo de agua a través de esta membrana puede ser entre 3 y 20 veces más rápido que con las membranas convencionales. También se ha buscado cambiar los altos consumos de energía por paneles solares, los cuales, como ya conocemos, están diseñados con nanotecnología y es importante su uso para obtener una menor contaminación. La nanotecnología es crucial para el desarrollo de futuros proyectos, ya que hasta ahora



se han tenido muchos avances y en la purificación del agua, como podemos observar, se va por buen camino.

Una estrategia que se ha empezado a utilizar es la combinación de diferentes técnicas, como la ósmosis inversa y la ósmosis directa. La ósmosis inversa consiste en utilizar la presión para forzar al agua a través de una membrana y dejar atrás los contaminantes, mientras que la ósmosis directa utiliza una diferencia de concentración para obtener el mismo resultado. Al combinar estas técnicas, se puede mejorar la calidad del agua y reducir la contaminación de las membranas, lo que a su vez disminuye el uso de productos químicos y mejora la eficiencia del proceso.

A pesar de estos avances, todavía hay desafíos que deben mejorarse con el tiempo y el rendimiento limitado en algunas situaciones. Sin embargo, el uso de nanomateriales y técnicas avanzadas de fabricación está ayudando a mejorar la eficiencia de los procesos de purificación de agua, lo que resulta muy importante para que incluso los países menos desarrollados puedan tener agua purificada de manera más accesible. Entre los avances que han sucedido se encuentran los diferentes nanomateriales, como el dióxido de titanio, nanotubos de halloy-sita y óxido de grafeno, que ayudan a que el agua pase más rápido a través de ellos.

Las y los investigadores tienen el

En este ámbito también se utiliza un material llamado Kevlar, que es muy resistente y flexible. Estas membranas, hechas con nanofibras de Kevlar, son capaces de rechazar más del 96% de sustancias como el colorante Rodamina B, muy utilizado en la industria textil y de papel. Este tipo de membrana tiene una alta eficiencia en la desalinización del agua de mar,

objetivo de buscar nuevos materiales con propiedades especiales, como la capacidad de emitir luz (luminiscencia) y de catalizar reacciones químicas (catálisis), para ser utilizados como detectores. Estos materiales están compuestos por grupos de metales nobles. Además de ser sensibles al entorno, estos grupos de metales nobles también pueden ser reactivos, lo que significa que pueden participar en reacciones químicas. Esta reactividad los convierte en materiales muy útiles para desarrollar sensores moleculares, especialmente porque el núcleo metálico al que están unidos permite la accesibilidad de los iones, lo que logra una mejor detección.

Para obtener una mejor detección, estos grupos de átomos se pueden unir a partículas llamadas plasmones. Lo interesante es que estos pueden interactuar con la luz de una manera muy eficiente, ya que tienen la capacidad de concentrar la luz en áreas muy pequeñas o incluso amplificarla. Estos actúan como pequeñas antenas que pueden concentrar la energía de la luz en lugares es-

pecíficos. Esto se conoce como “luminiscencia mejorada por metales”. Esta mejora también permite detectar y cuantificar contaminantes como el mercurio hasta en cantidades muy pequeñas, incluso a nivel de una sola partícula o fibra.

Los sensores creados con nanotecnología podrían revolucionar los dispositivos utilizados como detectores. Podrían crearse algunos como tiras reactivas, para que sean más accesibles y sensibles para detectar contaminantes de manera muy precisa. La nanotecnología debe seguir evolucionando para poder tener una mejor tecnología de identificación de contaminantes en el agua. Cada una de estas pruebas ayudaría a optimizar los procesos, se ahorrarían costos y sería

un producto fácil de manipular.

Lo que se busca con la nanotecnología es, en un futuro, obtener tecnologías nuevas que permitan a los sistemas de purificación de agua retener los minerales esenciales que son buenos para la salud, mientras eliminan por completo las sustancias dañinas. Esto significa que los purificadores de agua podrán adaptarse a las necesidades específicas de cada persona, proporcionando agua con el equilibrio mineral adecuado para mantenernos saludables. De igual forma, se podrían identificar los minerales que son dañinos para la salud y eliminarlos de manera fácil y efectiva. Toda esta información también será útil para las comunidades y los gobiernos, ya que les ayudará a comprender mejor las necesidades de salud de la población y a planificar medidas para garantizar que todos tengan acceso a agua limpia y saludable.

Conclusión

La nanotecnología está emergiendo como una herramienta muy importante en la lucha contra la contaminación del agua. Su capacidad para diseñar materiales a escala molecular está transformando la forma en que abordamos la purificación del agua y la detección de contaminantes. Desde membranas nanoporosas hasta sensores moleculares, los avances en nanotecnología están mejorando la eficiencia y precisión de los métodos de purificación y detección.

Las técnicas convencionales, como la desalinización térmica, son costosas, energéticamente intensivas y tienen un impacto ambiental negativo. Sin embargo, la nanotecnología está abriendo nuevas posibilidades, como la destilación por membrana integrada con nanomateriales de carbono, que promete ser más eficiente y menos perjudicial para el medio ambiente. A medida que la nanotecnología continúa avanzando, se espera que su aplicación en la purificación del agua y la detección de contaminantes siga creciendo. Esto no solo beneficiará a las comunidades locales al proporcionar acceso a agua limpia y segura, sino que también contribuirá a una gestión más eficiente y sostenible de los recursos hídricos a nivel global.

Además, los sensores basados en nanotecnología ofrecen una detección más precisa y sensible de contaminantes, permitiendo una monitorización en tiempo real de la calidad del agua. Esta capacidad de detección precisa es crucial para la protección de la salud pública y del medio ambiente, ya que al preocuparnos por nosotros mismos, también tomamos en cuenta este tema debido a que nos perjudica tanto directa como indirectamente. En resumen, la nanotecnología nos ofrece un camino prometedor hacia un futuro en el que el acceso a agua potable sea una realidad para todos,

mientras se protege, preserva y se mitiga la contaminación para tener un medio ambiente sano y así no contraer enfermedades a través de agua insalubre.

Agradecimientos

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento al Doctor Luis Zamora Peredo por su invaluable orientación y apoyo durante la elaboración de este artículo. Su profundo conocimiento y dedicación en el campo de la nanotecnología han sido una fuente constante de inspiración.

Asimismo, deseo extender mi gratitud a la Dirección General de Investigaciones (DGI) por brindarme la oportunidad de participar en esta experiencia única. Su respaldo y recursos han sido fundamentales para el desarrollo de este trabajo y para enriquecer mi trayectoria académica y profesional.

Sin la colaboración y el apoyo de estas personas y organizaciones, este artículo no habría sido posible. Estoy profundamente agradecido por su generosidad, orientación y confianza en mí.

Bibliografía

- Saldivar, Laura, & Walsh, Casey. (2015). Nanotecnología para el tratamiento de agua. Claves sobre la investigación en México. *Mundo nano. Revista interdisciplinaria en nanociencias y nanotecnología*, 8(14), 53-69. Epub 28 de mayo de 2021. Recuperado el 27 de enero de 2024, de <https://doi.org/10.22201/cei-ich.24485691e.2015.14.52513>
- Nagar, A. (2020, 20 mayo). Agua limpia a través de la nanotecnología: necesidades, lagunas y cumplimiento. *ACS NANO*. Recuperado 29 de enero de 2024, de <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acsnano.9b01730?ref=pdf>

