



Universidad
Católica del Norte

N°1
2020

Programa de Mejoramiento
Institucional en Recursos Hídricos

BOLETÍN VIGILANCIA TECNOLÓGICA

NANOTECNOLOGÍA EN TRATAMIENTO DE AGUA



Dirección de Innovación y
Transferencia Tecnológica

Vigilancia Tecnológica ¿Qué es?



La vigilancia tecnológica (VT) es una de las herramientas de los sistemas de Investigación, Desarrollo Tecnológico e Innovación (I+D+i), esta herramienta de manera sistemática detecta, analiza, difunde, comunica y explota las informaciones técnicas útiles para la organización, su propósito es alertar sobre las innovaciones científicas y técnicas susceptibles de crear oportunidades y amenazas para la misma. (UNE 166006 EX, 2006).

A nivel mundial la VT es una herramienta muy utilizada por organizaciones independientes, privadas y/o estatales que dentro de su funcionamiento tengan integrado un sistema de gestión I+D+i y/o realicen proyectos de I+D+i.

Programa de Mejoramiento Institucional en Recursos Hídricos UCN 1795

El Programa de Mejoramiento Institucional PMI en Recursos Hídricos 1795 busca dar continuidad y sustentabilidad en el tiempo a los Programas priorizados por el PMI UCN1302, consolidando competencias y capacidades en torno a un recurso estratégico, como lo es el recurso hídrico en la Región de Antofagasta.

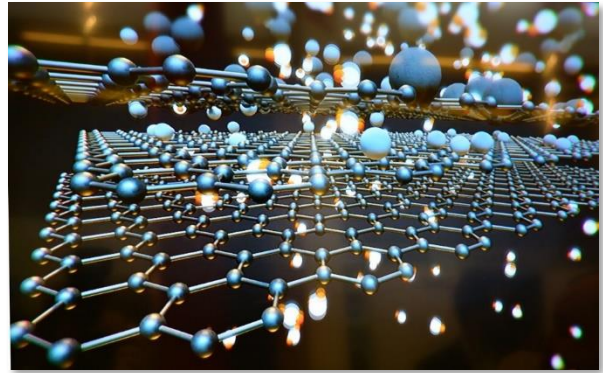
La propuesta de trabajo se orienta a fortalecer la articulación académica y la vinculación con el medio, trabajando articuladamente con la industria y los servicios públicos, con la finalidad de fortalecer las líneas de investigación en recursos hídricos, a través del desarrollo de I+D+i y la formación de cursos de capacitación y postgrado.

Índice de Contenidos

- Introducción.....3
- Publicaciones Científicas.....5
- Patentes.....8
- Patentes en Chile.....13
- Referencias.....14

Nanotecnología

La nanotecnología se refiere a una amplia gama de herramientas técnicas y aplicaciones que involucran partículas en la escala del nanómetro ($1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$). Las partículas de este tamaño tienen algunas propiedades fisicoquímicas y de superficie únicas, y es que al manipular la materia a una escala tan pequeña, ésta demuestra fenómenos y propiedades totalmente nuevas permitiendo diseñar materiales que pueden ser aplicados para nuevos usos. La nanotecnología



es un área de investigación que podría contribuir a encontrar soluciones para algunos de los grandes problemas globales, como garantizar un suministro de agua potable, así como abordar los problemas en áreas como la medicina, energía, agricultura, entre otros.

Existen varios enfoques de nanotecnología para la purificación de agua que se están investigando actualmente y algunos que ya están en uso (Prathna T.C y col., 2018). A continuación se describen los cuatro principales.

(a) Remoción por adsorción: gracias a su gran área superficial y la reactividad de la superficie, los nanomateriales permiten retener una mayor tasa de contaminantes que los adsorbentes convencionales. De esta manera, se ha investigado el uso de adsorbentes que permiten remover metales pesados, remover pesticidas y reducir la carga microbiana en el agua. En este campo se desatacan los adsorbentes tales como; los nanotubos de carbono, los cuales han sido ampliamente utilizados para la remoción de fluor, mientras que los nanomateriales basados en el grafeno han sido utilizados para remover plomo (II) (Gehrke y col., 2015).

(b) Degradación catalítica: los nanomateriales presentan una alta fotoactividad, destacando las nanopartículas catalíticas de dióxido de titanio, que permiten tasas de degradación de contaminantes superiores a los productos catalíticos comerciales.

(c) Desinfección: A diferencia de los desinfectantes comerciales, las nanopartículas no generan desinfección dañina por productos, ya que no son oxidantes fuertes y son relativamente inertes. Se destaca el uso de nanopartículas de plata.

(d) Mejoramiento de membranas: el ensuciamiento de la membrana es una de las barreras más grandes para la aplicación de las tecnologías de membranas, la cual disminuye eficiencia y reduce significativamente la vida útil de las membranas, aumentando costos operativos, costos de limpieza, energía y reemplazo. La nanotecnología se está utilizando en el desarrollo de membranas poliméricas y cerámicas innovadoras para mejorar el rendimiento de las membranas, proporcionando resistencia a las incrustaciones, así como aumentando la permeabilidad y flujo de agua (Prathna T.C y col., 2018).

Nanotecnología para el tratamiento de agua

Sin embargo, el desarrollo de la nanotecnología, ha generado preocupaciones sobre la eliminación segura de los nanomateriales y su riesgo potencial para la salud pública y el ecosistema, abriendo un nuevo campo conocido como nanotoxicología. Además, otras cuestiones como el costo de producción relativamente más alto (en comparación con los adsorbentes de uso común), la operación y el manejo del sistema de tratamiento pueden ser limitaciones en la aplicación de nanotecnología para el tratamiento de agua, que deben ser superados (Prathna T.C y col., 2018).

Se realizó un análisis de las publicaciones científicas desde 2014 a 2018, utilizando la plataforma Scopus de Elsevier. Se encontraron alrededor 558 publicaciones científicas en este periodo (Figura 1). El mayor interés en este tema se presentó en el año 2015, con 131 publicaciones, destancándose sobre un promedio anual de 111 publicaciones, por otra parte, en 2018 disminuyeron las publicaciones siendo el valor más bajo en todo el periodo estudiado. Las revistas del área de las ciencias ambientales presentaron la mayor cantidad de estudios (34,7%), seguido por el área de química (16,4%) y de la ingeniería (11,4%), el resto se divide en otros ámbitos interdisciplinarios.

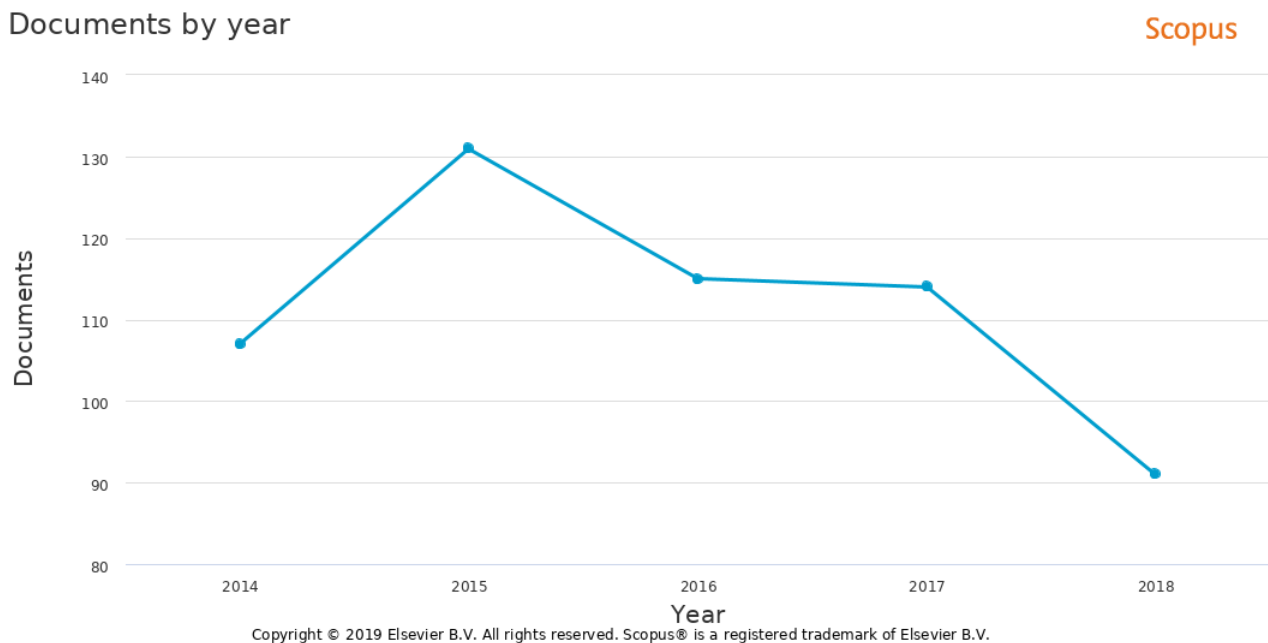


Figura 1. Número de publicaciones por año relacionadas con la nanotecnología en el tratamiento de agua.

A continuación, este boletín entrega información seleccionada de los últimos 6 años de publicaciones científicas y patentes relacionadas con las nanopartículas en el tratamiento de agua.

Incorporación de nanopartículas de óxido de cobre en membranas de ósmosis inversa de película delgada (TFC-RO) para propiedades antiincrustantes. (Publicado 2017)

Se ha estudiado el efecto de la incorporación, durante el proceso de polimerización interfacial, de las nanopartículas de óxido de cobre (CuO) en la membrana de ósmosis inversa (OI) de película delgada compuesta (TFC), midiendo desempeño anti-incrustante y el rendimiento en la desalinización. Las membranas se analizaron por espectroscopía infrarroja de transformada de Fourier (FTIR), microscopía electrónica de barrido (SEM), espectroscopía de rayos X de dispersión de energía (EDX), microscopía de fuerza atómica (AFM), potencial zeta y mediciones de ángulo de contacto. Las pruebas bactericidas se realizaron con *Escherichia coli* y las propiedades antiadhesivas se confirmaron mediante microscopía de fluorescencia. Se evaluó el rendimiento de la membrana utilizando una celda de flujo cruzado. Los análisis de XRD y SEM-EDX confirmaron la incorporación de estas nanopartículas en la membrana. En membrana modificada se observó un ángulo de contacto similar, mayor rugosidad de la superficie y una superficie menos cargada negativamente en comparación con una membrana prístina. Sin embargo, se observó un excelente efecto antiadherente y bactericida, principalmente atribuido a la toxicidad del cobre. El rendimiento de desalinización de la membrana modificada mostró un importante rechazo de la sal con un flujo de agua estable. En conclusión, la incorporación de nanopartículas de CuO en las membranas TFC de osmosis inversa durante el proceso de polimerización interfacial es un método alternativo potencial para mejorar las capacidades antiincrustantes, sin perjudicar el rendimiento de la membrana (Leer artículo [completo](#)).

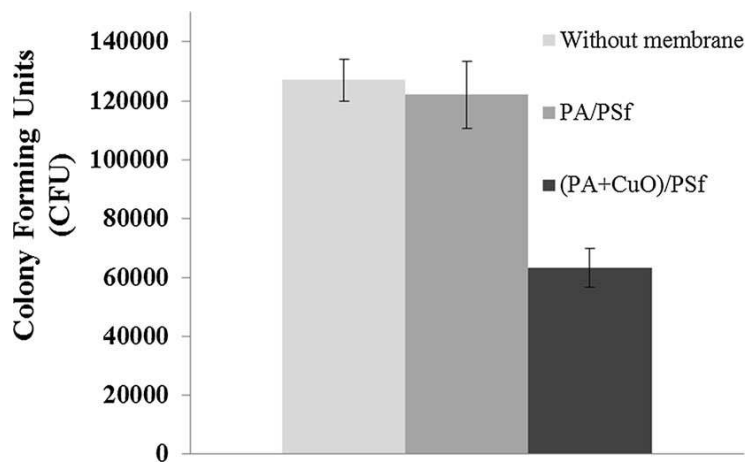


Figura 2. Efecto bactericida de membrana modificada con CuO en *E. Coli*.

Publicaciones Científicas

Notable mejora de la permeabilidad de la membrana de ultrafiltración de polietersulfona (PES) mediante la mezcla de nanocompuestos de óxido de cobalto/óxido de grafeno. (Publicado 2015)

Se prepararon nuevas membranas de ultrafiltración de polietersulfona (PES) combinadas con nanocompuestos de óxido de cobalto/óxido de grafeno (Co₃O₄-GO) mediante el método de inversión de fase. Se estudiaron la permeabilidad, propiedades antiincrustantes, las propiedades mecánicas y antibacterianas de las membranas. Los resultados experimentales indicaron que el flujo de agua pura de la membrana híbrida se mejoró de 101,1 L/m²h a 347,9 L/m²h en comparación con el de la membrana prístina. Además, el rendimiento antiincrustante se investigó mediante una serie de experimentos de filtración de lodos activados aeróbicos (SV = 30%) y la tasa de recuperación de la permeabilidad de la membrana incorporada en las nano-hojas aumentó significativamente (81,1%), en comparación con la de la membrana prístina (55,7%). Estas mejoras significativas se atribuyeron, principalmente, a la mejora de la hidrofiliidad de la superficie, debido a la disminución en el ángulo de contacto del agua de 75,2 a 54,75 y la dispersión homogénea de las nano-hojas en la matriz polimérica. Además, también se observó la notable mejora en el rendimiento antibacteriano (89,8%, contra *Escherichia coli*). En el estudio, combinamos nanopartículas de óxido de metal no aglomeradas en matriz polimérica para producir una variedad de membranas funcionales para la purificación del agua. (Leer artículo [completo](#)).

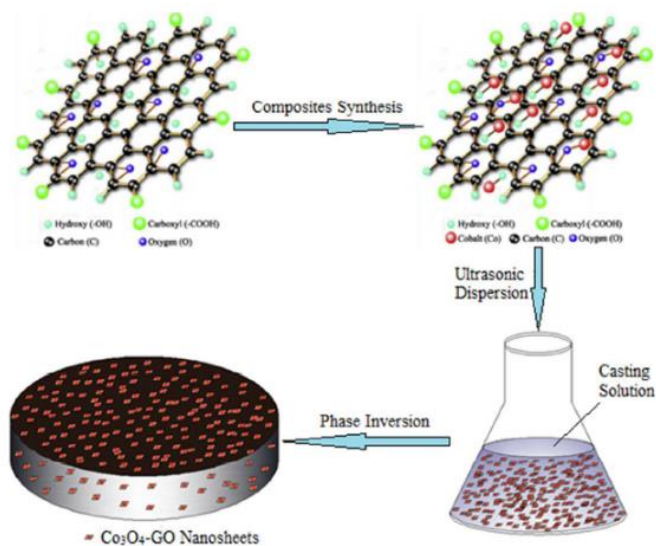


Figura 3. Esquema del proceso de preparación de membranas de ultrafiltración.

Patentes

La búsqueda de patentes sobre la nanotecnología en el tratamiento de agua se ha realizado mediante la base de datos de la plataforma Lens.org, la cual abarca patentes de EEUU, China, Europa y Australia, entre otros. Se consideró las patentes otorgadas desde el año 2014 hasta 2018.

Patentes sobre la nanotecnología en el tratamiento de agua

Durante el periodo de tiempo analizado, los resultados obtenidos muestran que los solicitantes con mayor interés en el tema son EEUU con 733 patentes otorgadas, le sigue Europa con 119 y Australia con 80 patentes (Figura 5). Estas patentes han sido solicitadas por empresas e instituciones tales como; Massachusetts Institute Of Technology (MIT), Indiana University Research And Technology Corporation, Kennedy/jenks Consultants Inc y Nei Corporation.

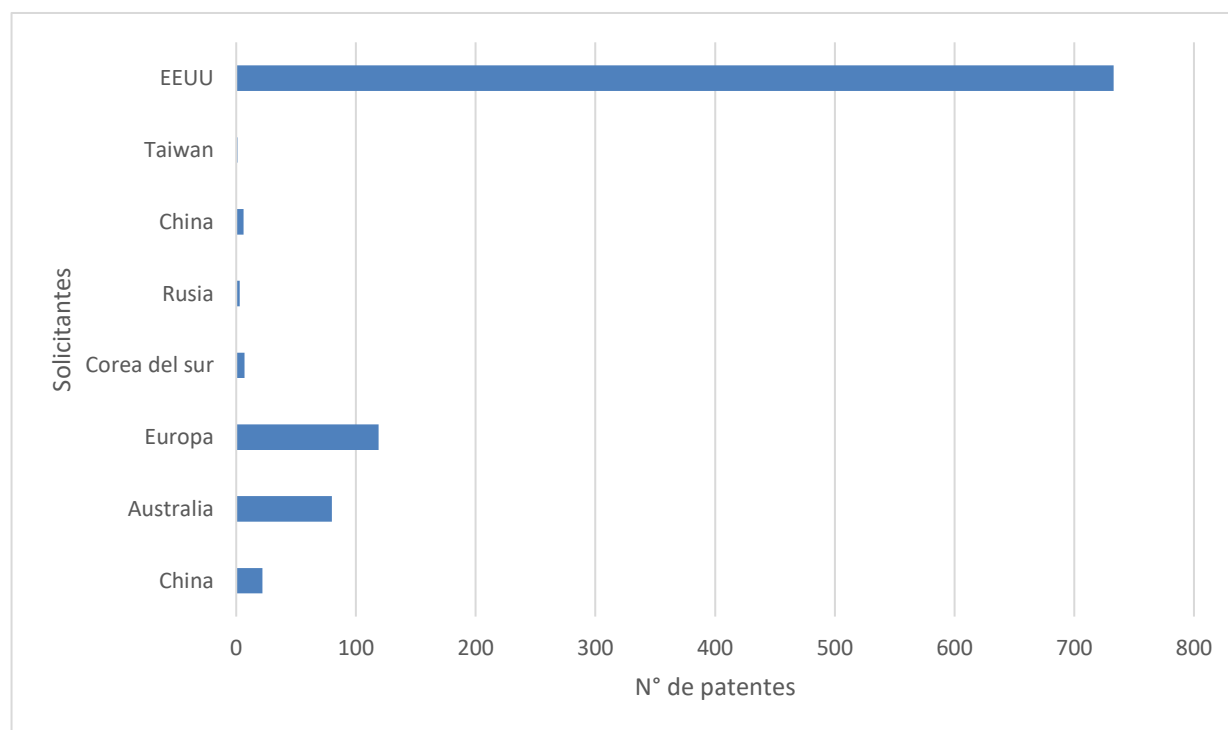


Figura 5. Número de patentes por solicitante sobre la nanotecnología en el tratamiento de agua (2014-2018)

Patentes

En la Figura 6 se observa que desde el año 2014 el otorgamiento de patentes ha ido en un constante aumento, siendo el peak el 2018 con 236 patentes otorgadas.

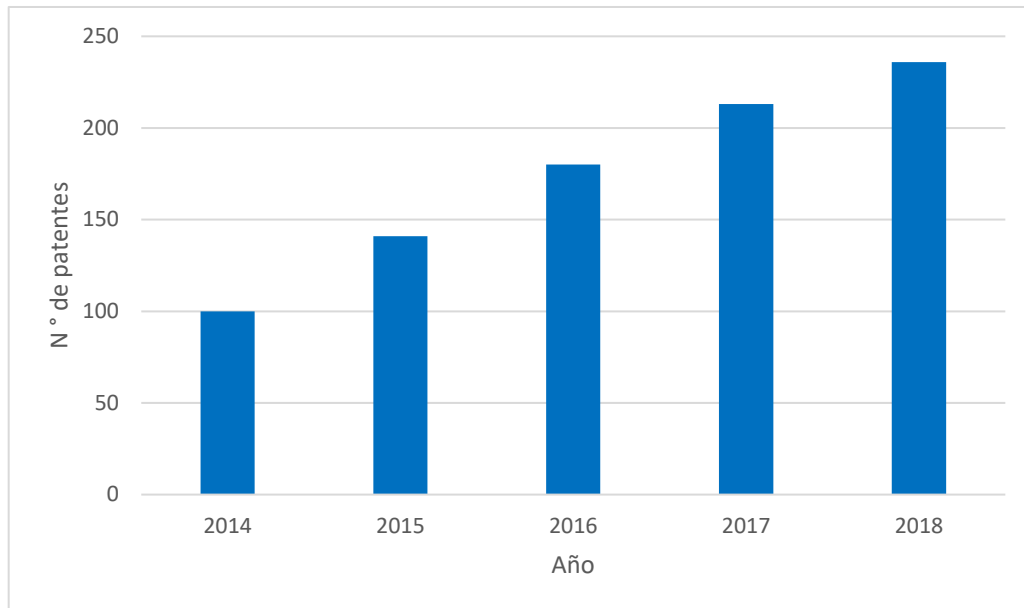


Figura 6. Distribución de patentes por años en el periodo 2014-2018

Patentes

Método para eliminar el benceno de soluciones acuosas contaminadas

University King Fahd of Petroleum & Minerals (4 de septiembre de 2018)
N° de solicitud/publicación de patente: US 10065870 B2

Se proporcionan métodos y nanocompuestos para la eliminación por adsorción de hidrocarburos aromáticos como benceno, tolueno, etilbenceno y xileno de fuentes y sistemas de agua contaminadas. Los nanocompuestos contienen nanotubos de carbono y nanopartículas de óxido metálico tales como Al_2O_3 , Fe_2O_3 y ZnO impregnados en una superficie y/o en los espacios dentro de los poros de los nanotubos de carbono. También se proporcionan métodos para preparar y caracterizar los adsorbentes nanocompuestos.

(Leer documento [completo](#))

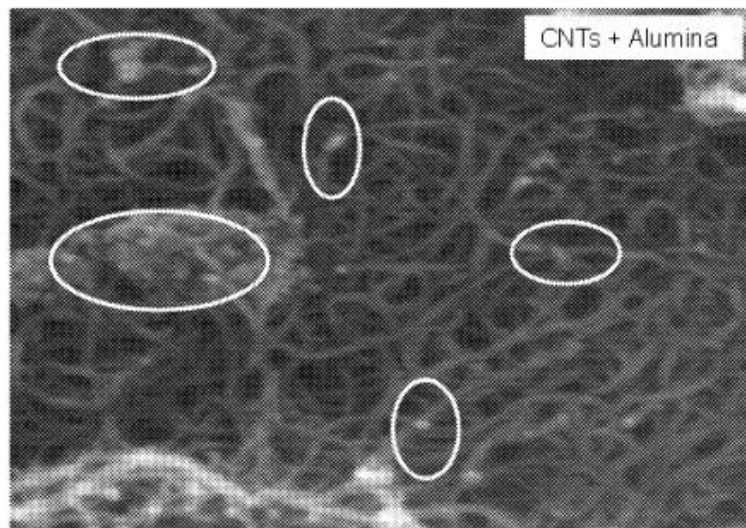


Figura 7. Imagen SEM de los nanotubos de carbono impregnados con nanopartículas de Al_2O_3 .

Patentes

Eliminación de metales pesados de soluciones acuosas utilizando nanopartículas de dióxido de titanio dopado con metales.

King Abdulaziz City For Science And Technology. (24 de noviembre de 2015)

N° de solicitud/publicación de patente: US 9193608 B2

La eliminación de metales pesados de soluciones acuosas usando nanopartículas de dióxido de titanio dopadas con metal es un método que comprende poner en contacto la solución acuosa con nanopartículas de dióxido de titanio dopadas con metal. Los tres metales de transición tungsteno, vanadio y hierro fueron seleccionados para dopar el dióxido de titanio. Se estudió de forma intensiva la eliminación de los metales pesados tóxicos Pb (II), Zn (II) y Cd (II) utilizando dióxido de titanio dopado con metal para medir las isotermas y la cinética. Los estudios de isotermas mostraron que el mayor porcentaje de eliminación de Pb (II) se logró con dióxido de titanio dopado con tungsteno, mientras que el dióxido de titanio dopado con hierro y el dióxido de titanio dopado con vanadio se desempeñaron mejor para la eliminación de Zn (II) y Cd (II). respectivamente.

(Leer documento [completo](#))

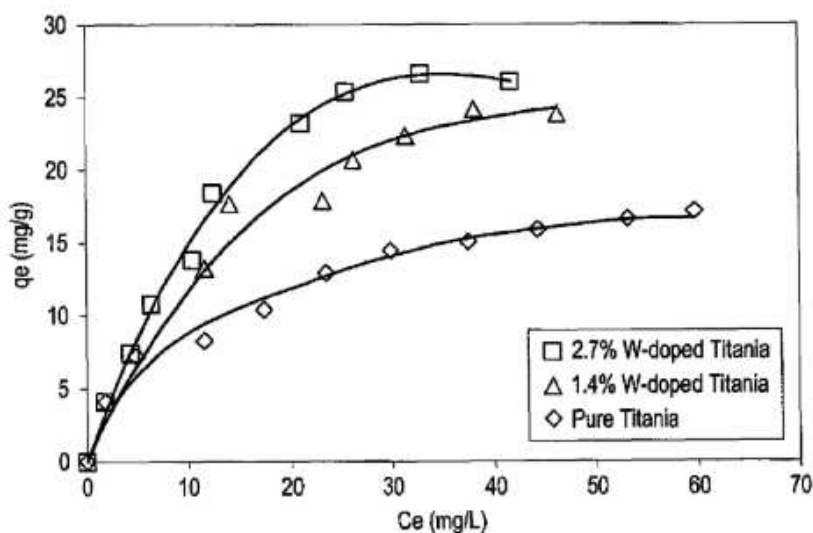


Figura 8. Gráfico que muestra las isotermas de adsorción de plomo sobre dióxido de titanio puro y dopado con tungsteno.

Patentes

Método para remover aceite del agua.

Qatar Foundation for Education Science and Community Development (1 de marzo de 2018).

N° de solicitud/publicación de patente: WO 2018/039204 A1

El método para eliminar el aceite del agua incluye poner en contacto los nanotubos de carbono modificados con el agua para adsorber el aceite del agua, y luego aislar los nanotubos de carbono modificados con el aceite adsorbido en ellos. Los nanotubos de carbono pueden doparse con un metal, como hierro, plata, aluminio, zinc o cobre, o un óxido de cualquiera de estos metales, utilizando un tratamiento térmico. Con el fin de hacer nanotubos de carbono modificados con óxido de hierro para eliminar el aceite del agua, el nitrato férrico y el óxido de hierro se disuelven en etanol para formar una primera solución. Los nanotubos de carbono se disuelven en etanol para formar una segunda solución. Las soluciones primera y segunda se someten a sonicación por separado, luego se mezclan la primera solución y la segunda solución para formar una tercera solución, que luego se somete a ultrasonidos para formar una mezcla sometida a ultrasonidos, y la mezcla sometida a ultrasonidos se calienta para proporcionar un residuo sólido, que es luego calcinado.

(Leer documento [completo](#))

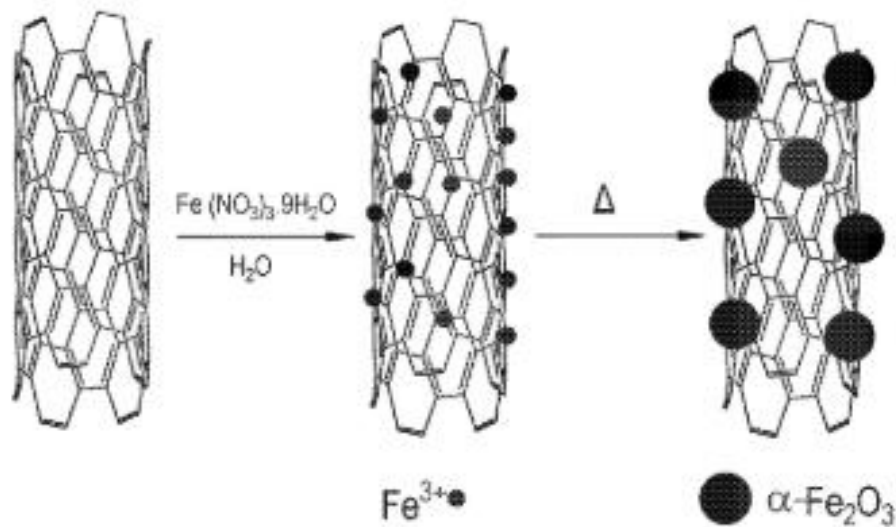


Figura 9. Proceso de carga de óxido de hierro en el soporte de nanotubos de carbono

Patentes en Chile

En el buscador de patentes del sitio web del Instituto Nacional de Propiedad Industrial INAPI (www.inapi.cl), se encontró una patente relacionada con la nanotecnología en el tratamiento de agua.

Título de Patente: Nanopartículas de cobre a partir de *Rhodotorula Mucilaginosa*.

Proceso para la obtención de nanoparticulas de cobre a partir de *Rhodotorula Mucilaginosa* y uso de *Rhodotorula Mucilaginosa* en biorremediación de aguas residuales y producción de nanopartículas de cobre.

N° solicitud: 201401475.

Fecha de publicación: 30 de octubre de 2015

Solicitante: Universidade de Sao Paulo USP.

Estado: Sin resolver

Referencias

Dillon, P., Stuyfzand, P., Grischek, T., Lluria, M., Pyne, R. D. G., Jain, R. C., Stefan, C. (2018). Sixty years of global progress in managed aquifer recharge. *Hydrogeology Journal*, 1-30.

Gehrke I., Geiser A., Somborn-Schulz A. (2015) Innovations in nanotechnology for water treatment. *Nanotechnology, Science and Applications*.

Prathna T.C., Saroj Kumar Sharmaa, Maria Kennedy. (2018). Nanoparticles in household level water treatment: An overview. *Separation and Purification Technology* 199. 260–270.



Programa de Mejoramiento Institucional en Recursos
Hídricos
Universidad Católica del Norte
Pabellón E2 / Av. Angamos 0610, Casilla 1280, Antofagasta
Fono:
(55) 2651740 / (55) 2355044
E-Mail:
ceitsaza@ucn.cl
Página Web:
www.ceitsaza.cl

Proyecto de Consolidación de Oficinas de Transferencia
y Licenciamiento
Dirección de Innovación y Transferencia Tecnológica
Universidad Católica del Norte
E-Mail:
Innovacion.vridt@ucn.cl
Página Web:
ditt.ucn.cl



Dirección de Innovación y
Transferencia Tecnológica