

# Nanotratamiento del agua



Center for Nanotechnology Education

Versión 110218



Este material está basado en trabajo apoyado por la Fundación Nacional de Ciencia bajo la Concesión Número 0802323, 1204918 y 1501878. **Cualquier opinión, hallazgos, conclusiones o recomendaciones expresadas en este material son las del autor(es) y no necesariamente representan las opiniones de la Fundación Nacional de Ciencias.**



Este trabajo está licenciado por [“Creative Commons Attribution-NonComercial-ShareAlike 3.0 Unported License”](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/).

Basado en un trabajo en [www.nano-link.org](http://www.nano-link.org).

# Nano-tratamiento del agua

## Abstracto

Este módulo se concentra en las tecnologías que utilizan fuerzas e interacciones en la nano escala para tratar el agua. Se le presenta a los estudiantes la oportunidad de seleccionar un problema de tratamiento del agua para determinar qué contaminantes están presentes en una muestra de agua. Luego, utilizar las nanotecnologías descritas junto al conocimiento de las fuerzas intramoleculares para finalmente identificar el sistema de tratamiento del agua más efectivo.

## Resultados

- Comparar la efectividad de diferentes nanotecnologías para tratar el agua contaminada.
- Preparar y presentar información técnica sobre un sistema de tratamiento de agua.

## Prerrequisitos

- Se requiere un trasfondo básico sobre la estructura de la materia, la cual consta de átomos que interactúan para formar moléculas.

## Alineación con los Estándares de Educación

- Apéndice A: Alineamientos con los "Next Generation Science Standards" ("NGSS", por sus siglas en inglés) y los "Common Core State Standards" ("CCSS", por sus siglas en inglés).

## Correlación

### *Conceptos Científicos*

- Todas las interacciones de la materia están influenciadas por diferentes tipos de fuerzas, como la gravedad, la inercia y las fuerzas electrostáticas.
- Diferentes fuerzas predominan en las diferentes escalas de tamaño.

### *Conceptos de Nanociencia*

- En la nano escala, las fuerzas electromagnéticas de atracción y repulsión son mucho más significativas que la gravedad o la inercia.
- Las nanopartículas tienen ciertas propiedades que las hacen útiles para recolectar y/o neutralizar contaminantes en el agua.

## Información de trasfondo

### *La importancia del uso del agua*

Cada persona en este planeta utiliza agua varias veces al día. Una de las principales causas de muerte (especialmente en los niños) son las enfermedades transmitidas por el agua (*"Water facts: Water"*, 2013). Estas muertes podrían prevenirse proporcionando una forma de limpiar el agua para su utilización. Actualmente, el mundo enfrenta una crisis de agua. Esta crisis está bien documentada (consulte [water.org](http://water.org) para obtener más información) y se debe a que la población está aumentando exponencialmente (según la Oficina del Censo de los Estados Unidos, 2013). Por lo tanto, con más y más personas necesitadas de agua fresca, y la gran mayoría del agua en la Tierra (> 96%) demasiado salada para tomar, la preocupación aumenta. Aunque hay agua fresca disponible para utilización humana (Encuesta Geológica de los Estados Unidos, 2013), muchos lugares en el mundo ya son pobres en agua, ya que no tienen la capacidad de desinfectar y distribuir agua limpia para cocinar y tomar (Organización Meteorológica Mundial, 1996).

*"Ver agua proveniente del grifo que va desde el color crudo hasta el color chocolate no es algo con lo que a menudo tenemos que lidiar en nuestros hogares con plomería interior y agua corriente que proviene de nuestras plantas de tratamiento con sus grandes tanques de floculación, sedimentación y tratamiento con cloro".*

–Jeff Katz  
"Huffington Post"

### *Tratamiento del agua en países desarrollados*

El tratamiento típico (básico) que se lleva a cabo en los Estados Unidos para limpiar el agua implica una serie de pasos para eliminar objetos no deseados (como estacas/palos), sabores (como las algas), patógenos transmitidos por el agua (como la hepatitis A) y productos químicos (como el plomo). La Agencia de Protección Ambiental ("EPA", por sus siglas en inglés) enumera estos pasos básicos para el tratamiento del agua:

1. Coagulación - se añaden productos químicos para atraer el sucio en preparación para la sedimentación.
2. Sedimentación - se permite que las partículas combinadas de sucio-químico se asienten y se separen del agua por gravedad.
3. Filtración - se eliminan pequeñas partículas obligando al agua a fluir a través de mallas, cribas y filtros.
4. Desinfección - se eliminan o matan químicamente bacterias y microorganismos, generalmente mediante la adición de cloro (Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos, 2012).

### *Tratamiento del agua en países que están en desarrollo*

Dependiendo del trasfondo y las experiencias de los estudiantes, algunos podrían tener dificultades para concebir los problemas con el agua en el mundo en desarrollo (por ejemplo, escasez de agua, falta de agua segura, etc.). Los tratamientos del agua son variados, desde inexistente, hasta asentamiento en contenedores, filtrado con tela, filtros de arena por acción de la gravedad, filtros de cerámica personales (por ejemplo, "LifeStraw"), ebullición y tratamiento intermitente con desinfectantes químicos.

Para obtener más información y una tabla como recurso para compartir con los estudiantes, visite: Implementación de tratamientos en países que están en desarrollo.

<http://www.cawst.org/en/resources/pubs/position-papers/category/8-position-papers?download=23%3Awater-treatment-implementation-for-developing-countries>

### *El agua usada necesita tratamiento*

Como especie, utilizamos el agua de muchas maneras que no tenemos en la mente de manera constante, como: el cultivo, la cría de animales y la extracción de minerales. Luego de utilizar el agua para esos propósitos, la misma puede contener pesticidas, agentes que transmitan enfermedades y / o metales pesados. Esta agua (en ocasiones llamada agua residual) debe tratarse antes de ser reutilizada. Cada una de las tarjetas de las Nanotecnologías contiene un enfoque para el tratamiento del agua que los estudiantes deben abordar. Cuánto tratamiento necesitará el agua dependerá de la próxima aplicación de la misma. Una de las preguntas usuales a las que pueden llegar los estudiantes durante el curso de este módulo es: ¿Qué tan limpia debe estar el agua?

### *La necesidad de nuevos enfoques*

Muchos enfoques occidentales para el tratamiento del agua (por ejemplo, extracción con solventes, adsorción de carbón activado y oxidación química común) son costosos y requieren mucho tiempo (Berger, 2008). Los avances recientes en la nanotecnología nos permiten diseñar soluciones que son más ágiles y específicas. Por ejemplo, los nanomateriales que pueden eliminar el agua de metales tóxicos o estructuras similares a bolsas de té que contienen biocidas para tratar enfermedades transmitidas por el agua (Sanderson, 2012). Los enfoques que son más prometedores son los "... que podemos integrar en los sistemas existentes", dice Mamadou Diallo, un ingeniero ambiental en el Instituto de Tecnología de California y el Instituto Avanzado de Ciencia y Tecnología de Corea. Eso significa, por ejemplo, membranas mejoradas con nanopartículas que pueden encajar perfectamente en las plantas de tratamiento de agua. (Sanderson, 2012)

## *Aplicación de los avances en nanotecnología para el tratamiento del agua*

La nanotecnología continúa en avance y se han aplicado muchas técnicas al tratamiento del agua. Lamentablemente, los efectos de diferentes nanotecnologías en los ecosistemas de la Tierra no se han determinado completamente; esto debe determinarse antes de emplear varias nanotecnologías en las aplicaciones a gran escala (Berger, 2008). Un ejemplo es la purificación del agua mediante el uso de nanopartículas. Dichas partículas tienen la capacidad de descomponer químicamente los contaminantes, pero pueden dañar los microorganismos beneficiosos “corriente abajo o dentro” (“downstream or even within”) de la planta de tratamiento del agua. Las tecnologías actuales se describen en las tarjetas de Nanotecnologías, pero el módulo puede adaptarse fácilmente para que los estudiantes realicen su propia investigación a medida que este campo de la ciencia avanza rápidamente.

### *Enfoque en las fuerzas*

Una de las características clave de los materiales a nano escala (como las nanopartículas o los nano cables) es que las fuerzas dominantes a las que están sujetos son diferentes a las de la vida cotidiana. Los estudiantes suponen, a partir de sus experiencias de vida, que la gravedad domina los fenómenos en la nano escala como lo hace en la macro escala. Este módulo centra la atención de los estudiantes en los tipos de interacciones que tienen los nanomateriales con los contaminantes. Una de las piezas clave de información que reciben en las tarjetas de los Contaminantes en el agua y de las Nanotecnologías es el tipo de fuerzas que experimenta un material y deben utilizar esa información como parte de su proceso de diseño.

**Nota:** Si los estudiantes necesitan ayuda para comprender cómo el cambio en las fuerzas provoca que las partículas se comporten de manera diferente, algunos de estos juegos divertidos pueden ser de utilidad.

- “Nanobots”

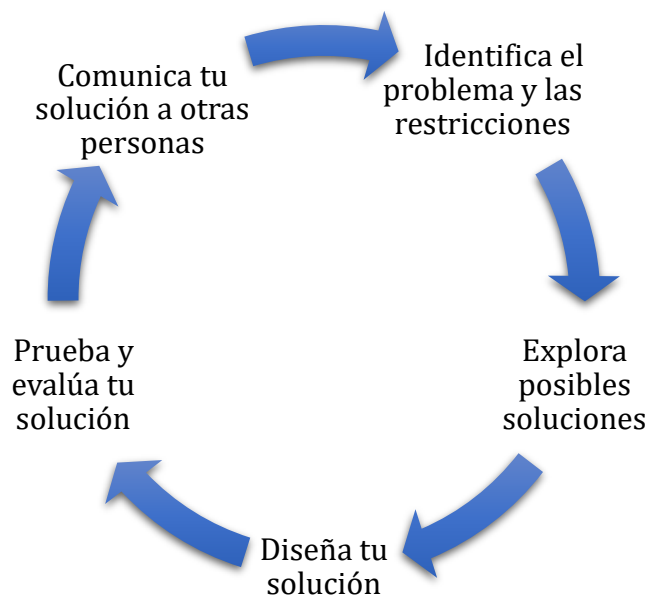
[https://www.hachettebookgroup.com/wp-content/uploads/2020/03/EG\\_9780316375528.pdf](https://www.hachettebookgroup.com/wp-content/uploads/2020/03/EG_9780316375528.pdf)

- “Electric Field Hockey”

<https://phet.colorado.edu/en/simulation/electric-hockey>

## El proceso o ciclo de diseño

En este módulo se invita a los estudiantes a resolver un problema de tratamiento de agua donde la mayor motivación es apelar a su creatividad (ellos resuelven el problema a su manera). Esto resulta en un enfoque novedoso que en otras ocasiones no se considera. A medida que los estudiantes se involucren con el material, les será útil considerar el Ciclo de Diseño de Ingeniería. El ciclo de diseño se representa de muchas maneras diferentes, pero todas incluyen las siguientes características clave:



Este módulo enfoca su atención en el valor que tiene la comunicación de una solución por parte de los estudiantes a un público o audiencia. Para comunicarse de manera efectiva, los estudiantes deben sintetizar la información provista en las tarjetas y presentar información técnica sobre sus ideas. Sus presentaciones también deben incluir gráficos y recursos visuales para ayudar a explicar sus ideas.

**Nota:** Si se puede otorgar tiempo adicional para este módulo, los estudiantes pueden investigar las nanotecnologías disponibles en lugar de proveer las tarjetas. Esto apoyaría aún más la práctica 8 y varios estándares “ELA CCSS” (por sus siglas en inglés).

## Notas para el instructor

### Materiales y equipo

- Apéndice B. Tarjetas: Problemas de calidad del agua – 1 set por clase
- Apéndice B. Tarjetas: Contaminantes en el agua – 1 set por grupo de 3-4 estudiantes
- Apéndice B. Tarjetas: Nanotecnologías – 1 set por grupo de 3-4 estudiantes
- Papel cuadriculado (para gráficas), marcadores o herramientas digitales que le permitan a los estudiantes preparar presentaciones donde expliquen el diseño de sus sistemas.

### Preparativos

- Imprima las tarjetas (según descritas en la sección de Materiales) para la clase y los grupos.

### Procedimiento

1. Organice a los estudiantes en grupos de 3–4.
2. Presente a los estudiantes un problema relevante de calidad del agua para introducir la actividad. Puede usar el siguiente ejemplo o uno similar: *“Las personas comienzan a enfermarse después de beber agua en un negocio local. Te llaman para ayudar a resolver este problema. En sus grupos de trabajo, realicen una lista de los pasos que deberían tomarse para resolver este problema ”.*
3. Guíe un proceso donde los diferentes grupos de estudiantes compartan los pasos sugeridos para resolver el problema presentado y haga una lista. Introduzca el diagrama del proceso de diseño de ingeniería (según presentado en la sección de Información de trasfondo) y ajuste la lista preparada al diagrama. Pregunte a los estudiantes: ¿Qué más se necesita añadir?
4. Explique que cada grupo de estudiantes utilizará partes del proceso de diseño para resolver un problema real de la calidad del agua. Los grupos deberán presentar y defender su selección de un sistema de tratamiento de agua con la nanotecnología más efectiva para resolver el problema.
5. Reparta al azar una tarjeta de Problema de calidad del agua a cada grupo, o permita que cada uno elija un problema diferente.
6. Entregue a cada grupo un set de tarjetas de Contaminantes en el agua. Luego de que los estudiantes en cada grupo se repartan las tarjetas, permita que discutan cada una y decidan cuáles son relevantes para su problema.
7. Guíe un proceso en el cual los diferentes grupos de estudiantes compartan sus problemas de calidad del agua y prepare una tabla que resuma todo, por clase o grupo, donde se incluya: problema, contaminantes y tratamiento con nanotecnología.

8. Es importante que explique que al seleccionar la nanotecnología más efectiva (si alguna) hay que considerar el tamaño del contaminante en el agua y las fuerzas que pueden actuar en cada situación. Las fuerzas incluyen:
  - a. Gravedad: más importante para los contaminantes en el agua con mayor tamaño y que tienen mayor masa, como partículas de arena y tierra. Esta fuerza tiene muy poco efecto en materiales con menos de un micrómetro de tamaño.
  - b. Inercia: también importante para contaminantes de mayor masa. La inercia permite que las partículas se eliminen con filtros a medida que las partículas impactan el medio filtrante. Al igual que la gravedad, la inercia es más importante para contaminantes en el agua con mayor tamaño. Es más efectiva para partículas con más de medio micrómetro (500 nanómetros) de tamaño. No es efectiva para contaminantes en su forma atómica o molecular.
  - c. Fuerza electrostática: la atracción y repulsión de materiales por cargas eléctricas. Esta fuerza es más importante para los contaminantes con menor tamaño, es decir, partículas con menos de 500 nm de tamaño. Es una de las únicas formas de capturar contaminantes en su forma atómica o molecular.
9. Proporcione un tiempo para que los grupos compartan los problemas y contaminantes, mientras registran la información en la tabla de resumen. Discuta las similitudes y diferencias observadas en los problemas y contaminantes.
10. Entregue a cada grupo un set de tarjetas de Nanotecnologías. Luego de que los estudiantes en cada grupo se repartan las tarjetas, permita que discutan cada una y determinen cuál solución es la más efectiva como sistema de tratamiento para su problema (pueden seleccionar más de una). Opción de extensión para desarrollar relevancia: los estudiantes pueden buscar fotos, artículos o videos sobre un problema real de calidad del agua descrito en sus tarjetas y preparar una presentación multimedia.
11. Permita que los grupos presenten su solución de tratamiento de agua con la clase, mientras el público o la audiencia anotan su selección en la tabla de resumen. Los grupos deben defender su selección explicando:
  - ¿Por qué entienden que esa nanotecnología es el tratamiento más efectivo para el Problema de calidad del agua que les tocó resolver?
  - ¿Cuáles son los riesgos de ese tratamiento?
12. Luego de cada presentación, motive al público o la audiencia a:
  - realizar preguntas a los presentadores para clarificar y defender su plan
  - complementar las fortalezas de la solución y la presentación.

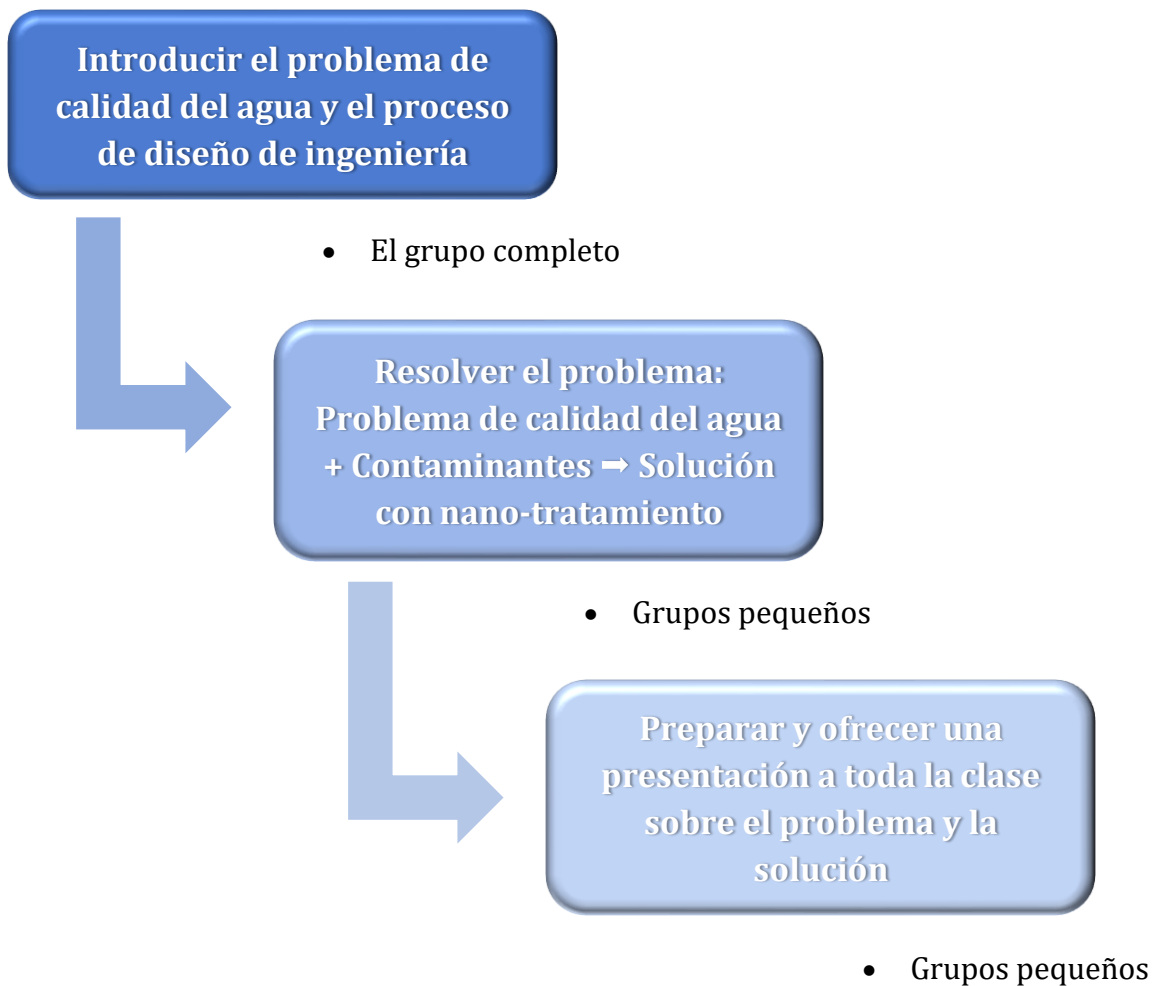


## Rúbrica de la presentación

<b>Fallido</b>	<b>Intento</b>	<b>Práctica</b>	<b>Dominio</b>
<b>Presentación</b>			
Los presentadores no parecen estar preparados o se observan muy incómodos. Leen mucho de sus notas y no se involucran con la audiencia, tal vez mirando al piso o frecuentemente alejándose de la audiencia.	Los presentadores están preparados, pero pueden observarse incómodos. El desarrollo fluye, pero incluye distracciones (muchas pausas o “muletillas”). Hacen un esfuerzo para hacer contacto visual pocas veces, pero pueden dirigirse a los recursos visuales en lugar de la audiencia.	Los presentadores están preparados y hablan de forma clara y directa a la audiencia. El desarrollo fluye con pocas distracciones. Hacen contacto visual frecuente con la audiencia y pueden tratar de incluir miembros de la audiencia con el contenido.	Los presentadores están bien preparados y se observan cómodos con su tema. El desarrollo es interesante y fluye con lógica. Hablan clara y directamente a la audiencia, esforzándose por involucrar a todos sus miembros, alentando preguntas y comentarios de la audiencia.
<b>Contenido</b>			
La presentación consiste en hechos o ideas que no están conectados. Las ideas o conceptos pueden no explicarse claramente. La organización no ayuda a la audiencia a entender el sistema de filtración.	La información presentada es familiar: es posible que el público o la audiencia no entienda mucho del contenido. La organización puede dificultar que la audiencia entienda el sistema de filtración.	Toda la información proporcionada es relevante. La organización ayuda a hacer conexiones efectivas. El presentador se basa en lo que el público ya conoce para desarrollar un entendimiento del sistema de filtración propuesto.	La información está bien organizada y es atractiva. La organización ayuda al oyente a hacer conexiones su conocimiento previo para entender el sistema de filtración.
<b>Recursos visuales</b>			
Los recursos visuales no se utilizan como referencia en la presentación. No son de buena calidad y no están identificados o están incorrectamente identificados.	Los recursos visuales proporcionan algunos detalles, pero no ayudan en el contenido. Están parcialmente identificados.	Los recursos visuales están bien hechos y ayudan en el contenido. Se utilizan como referencia durante la presentación. Están identificados.	Los recursos visuales son creativos, bien ejecutados, identificados de manera informativa y se utilizan constantemente como referencia para mejorar la comprensión del contenido por parte del público o la audiencia.
<b>Credibilidad</b>			
Los presentadores no mencionan de dónde obtuvieron la información que están presentando.	Los presentadores se esfuerzan por hacer referencia a las fuentes de información para apoyar sus ideas.	Los presentadores hacen referencia a las fuentes de información para apoyar sus ideas.	Los presentadores relacionan las fuentes de información con el contenido y hacen referencia a cada una al menos una vez.

## Actividad de aprendizaje: Nano-tratamiento del agua

### Flujograma de la actividad



## Actividad de aprendizaje: Nano-tratamiento del agua

### Materiales

- Tarjetas: Problemas de calidad del agua
- Tarjetas: Contaminantes en el agua
- Tarjetas: Nanotecnologías
- Papel cuadriculado (para gráficas), marcadores o herramientas digitales que permitan preparar una presentación donde se explique el diseño del sistema seleccionado.

### Procedimiento

1. Organícense en grupos de 3 a 4 estudiantes.
2. Su instructor les entregará una tarjeta con un Problema de calidad del agua y un set de tarjetas de Contaminantes en el agua. Luego de que se repartan las tarjetas de los contaminantes entre ustedes, discutan cada una y decidan cuáles son relevantes para su problema.
3. Su instructor les entregará un set de tarjetas de Nanotecnologías. Luego de que se repartan las tarjetas entre ustedes, discutan cada una y determinen cuál solución es la más efectiva como sistema de tratamiento para el problema (pueden seleccionar más de una).
4. Al seleccionar la nanotecnología más efectiva (si alguna) tienen que considerar el tamaño del contaminante en el agua y las fuerzas que pueden actuar en cada situación. Las fuerzas incluyen:
  - a. Gravedad: más importante para los contaminantes en el agua con mayor tamaño y que tienen mayor masa, como partículas de arena y tierra. Esta fuerza tiene muy poco efecto en materiales con menos de un micrómetro de tamaño.
  - b. Inercia: también importante para contaminantes de mayor masa. La inercia permite que las partículas se eliminen con filtros a medida que las partículas impactan el medio filtrante. Al igual que la gravedad, la inercia es más importante para contaminantes en el agua con mayor tamaño. Es más efectiva para partículas con más de medio micrómetro (500 nanómetros) de tamaño. No es efectiva para contaminantes en su forma atómica o molecular.
  - c. Fuerza electrostática: la atracción y repulsión de materiales por cargas eléctricas. Esta fuerza es más importante para los contaminantes con menor tamaño, es decir, partículas con menos de 500 nm de tamaño. Es una de las únicas formas de capturar contaminantes en su forma atómica o molecular.



## Recursos multimedia

### Videos

- “How to make filthy water drinkable” de “TedTalks”: [www.ted.com/talks/michael\\_pritchard\\_invents\\_a\\_water\\_filter?language=en](http://www.ted.com/talks/michael_pritchard_invents_a_water_filter?language=en)
- “NEWT Center will use nanotechnology to transform water treatment” de “Rice University”: [www.youtube.com/watch?v=WvliXqukFuA](http://www.youtube.com/watch?v=WvliXqukFuA)
- “NANO-TECH has created a water purifier” de “SciTech”: [www.youtube.com/watch?v=3t876hn4\\_UM](http://www.youtube.com/watch?v=3t876hn4_UM)
- “Nano Technology Clean Water” de “The Green Economy TV Show”: [www.youtube.com/watch?v=Ukf74pJes7Q](http://www.youtube.com/watch?v=Ukf74pJes7Q)
- “Purifying water using solar-activated water treatment technology from Puralytics” de “EarthSayers TV”: [www.youtube.com/watch?v=gV1mXSp90Fo](http://www.youtube.com/watch?v=gV1mXSp90Fo)

### Simulaciones

- “Nanotechnology Water Treatment”: [www.youtube.com/watch?v=y322eNtug\\_w](http://www.youtube.com/watch?v=y322eNtug_w)
- “Single file in a carbon nanotube”: [www.youtube.com/watch?v=9L-SfLwBbto](http://www.youtube.com/watch?v=9L-SfLwBbto)

### Artículos

- “Center for Affordable Water and Sanitation Technology”. “Water treatment programs in developing countries”. [www.cawst.org/en/resources/pubs/position-papers/category/8-position-papers?download=23%3Awater-treatment-implementation-for-developing-countries](http://www.cawst.org/en/resources/pubs/position-papers/category/8-position-papers?download=23%3Awater-treatment-implementation-for-developing-countries)
- Katz, J. (2012) “*Water treatment in developing nations: When leapfrogging technology doesn't work*”. “Huffington Post”. Recuperado de [www.huffingtonpost.com/jeff-a-katz/clean-water-technology\\_b\\_1551175.html](http://www.huffingtonpost.com/jeff-a-katz/clean-water-technology_b_1551175.html)
- “Meridian Institute”. (2006). “*Overview and comparison of conventional and nano-based treatment technologies*”. Recuperado de [www.merid.org/~media/Files/Projects/nano-waterworkshop/watertechpaper.ashx](http://www.merid.org/~media/Files/Projects/nano-waterworkshop/watertechpaper.ashx)
- “Seametrics”. “*Infographic: The global water crisis*”. [www.seametrics.com/blog/infographic-the-global-water-crisis-full/](http://www.seametrics.com/blog/infographic-the-global-water-crisis-full/)
- “SRI International”. (2007). “*Scale diagram: Dominant objects, tools, models, and forces at various different scales*”. [https://nanosense.sri.com/activities/sizematters/SM\\_ScalePoster.pdf](https://nanosense.sri.com/activities/sizematters/SM_ScalePoster.pdf)
- “Infographic on the worldwide water crisis”: [www.seametrics.com/blog/infographic-the-global-water-crisis-full/](http://www.seametrics.com/blog/infographic-the-global-water-crisis-full/)

## Referencias

1. Berger, M. (2008). "Nanotechnology and water treatment". Recuperado de [www.nanowerk.com/spotlight/spotid=4662.php#ixzz30auiASMu](http://www.nanowerk.com/spotlight/spotid=4662.php#ixzz30auiASMu)
2. Das, Biplab. (2015, Septiembre 29). "Nano-porous membrane filters out tiny biomolecules". Recuperado de [www.natureasia.com/en/nmiddleeast/article/10.1038/nmiddleeast.2015.174](http://www.natureasia.com/en/nmiddleeast/article/10.1038/nmiddleeast.2015.174)
3. Helmholtz-Zentrum Geesthacht. (2013). "An opening for molecules: Polymer research scientists develops double switchable nanopore membrane". Recuperado de [www.nanowerk.com/news2/newsid=29282.php](http://www.nanowerk.com/news2/newsid=29282.php)
4. "Lulea University of Technology". (2014). "Nanocellulose filter cleans dirty industry". Recuperado de [www.nanowerk.com/nanotechnology-news/newsid=38556.php](http://www.nanowerk.com/nanotechnology-news/newsid=38556.php)
5. "Nature Nanotechnology". (2015). "Study demonstrates desalination with nano-porous grapheme membrane". Recuperado de <http://phys.org/news/2015-03-desalination-nanoporous-graphene-membrane.html>
6. Sanderson, K. (2012). *The glass is already half-full for nano-based water treatments*. Recuperado de [www.theguardian.com/nanotechnology-world/nano-based-water-treatments](http://www.theguardian.com/nanotechnology-world/nano-based-water-treatments)
7. "United Nations Environment Program". "Global Environment Outlook 2000 (GEO)". Recuperado de [www.unep.org/geo/geo2000.asp](http://www.unep.org/geo/geo2000.asp)
8. "United States Census Bureau". (2013). "U.S. and world population clock". Recuperado de [www.census.gov/popclock](http://www.census.gov/popclock)
9. "United States Environmental Protection Agency". (2012, Marzo 06). *Water treatment process*. Recuperado de [http://water.epa.gov/learn/kids/drinkingwater/watertreatmentplant\\_index.cfm](http://water.epa.gov/learn/kids/drinkingwater/watertreatmentplant_index.cfm)
10. "United States Geological Survey". (2013, Agosto 14). "How much water is there on, in, and above the earth?" Recuperado de <http://ga.water.usgs.gov/edu/earthhowmuch.html>
11. "Water facts: Water". (2013). Recuperado de <http://water.org/water-crisis/water-facts/sanitation>

## Reconocimientos

- Sandra Weeks – "McREL International".
- Edición and revisiones por Laura Arndt de "McREL International" y James Marti de "University of Minnesota".
- Alineación con los Estándares de Educación completado por "McREL International".
- Traducido al español por Rodfal A. Rodríguez y María T. Rivera de Cupey María Montessori School, San Juan, PR.

# Apéndice A



## Alineación con los Estándares de Educación

## *Alineación con “Next Generation Science Standards”*

La Tabla 1 clarifica la naturaleza de la alineación por “Scientific and Engineering Practice (Practice)”, “Disciplinary Core Idea (DCI)” y “Crosscutting Concept” relacionado a la expectativa de ejecución.

<b>TABLA 1. “ALIGNED PRACTICES, DISCIPLINARY CORE IDEAS, AND CROSSCUTTING CONCEPTS”</b>		
<b>“PRACTICE”</b>	<b>“DCI”</b>	<b>“CROSSCUTTING CONCEPT”</b>
<p>HS. <i>Construir explicaciones y diseñar soluciones</i>: Evalúa una solución a un problema complejo del mundo real, basado en conocimiento científico, evidencia generada por los estudiantes, criterios priorizados y considerando de forma balanceada.</p> <p><i>Fuerte en los materiales para estudiantes</i></p>	<p>HS.ETS1.A <i>Definir y delimitar problemas de ingeniería</i>: la humanidad enfrenta grandes desafíos mundiales en la actualidad, como la necesidad de suministros de agua limpia y alimentos o de fuentes de energía que minimicen la contaminación, que pueden abordarse a través de la ingeniería. Estos desafíos globales también pueden tener manifestaciones en las comunidades locales.</p> <p><i>Fuerte en los materiales para maestros y estudiantes</i></p>	<p>HS. <i>Influencia de la ingeniería, la tecnología y la ciencia en la sociedad y el mundo natural</i>: las nuevas tecnologías pueden tener impactos profundos en la sociedad y el medio ambiente, incluyendo aspectos no anticipados. El análisis de costos y beneficios es un aspecto crítico de las decisiones sobre tecnología.</p> <p><i>Parcial en los materiales para maestros y estudiantes</i></p>
	<p>HS.PS2.B: <i>Tipos de interacciones</i>: la atracción y la repulsión entre cargas eléctricas a escala atómica explican la estructura, las propiedades y las transformaciones de la materia, así como las fuerzas de contacto entre los objetos (materiales).</p> <p><i>Parcial en los materiales para maestros y estudiantes</i></p>	



## ***Alineación con “Common Core State Standards for English Language Arts/Literacy and Mathematics”***

Las alineaciones en la Tabla 2 se realizaron con los “Anchor Standards”, a menos que una versión más específica del estándar se aproxime más a las destrezas en este módulo.

<b>TABLA 2. “ALIGNED COMMON CORE STANDARDS FOR ENGLISH LANGUAGE ARTS &amp; LITERACY”</b>
<p>CCR.L.6 Adquirir un vocabulario amplio y utilizar con precisión frases académicas generales y específicas (que demuestren dominio suficiente) para leer, escribir, hablar y escuchar a nivel de preparación universitaria y profesional. Demostrar independencia en la recopilación de vocabulario (conocimiento) al encontrar un término desconocido importante para la comprensión o la expresión.</p> <p><i>Parcial en los materiales para maestros y estudiantes</i></p>
<p>CCR.SL.1 Preparase y participar de manera efectiva en una variedad de conversaciones y colaboraciones con diversos compañeros, basándose en las ideas de los demás y expresando las suyas de manera clara y persuasiva.</p> <p><i>Parcial en los materiales para estudiantes</i></p>
<p>CCR.SL.2 Presentar la información, los hallazgos y la evidencia de apoyo para que los oyentes puedan seguir la línea de razonamiento y la organización, el desarrollo y el estilo sean apropiados para la tarea, el propósito y la audiencia.</p> <p><i>Fuerte en los materiales para estudiantes</i></p>

No se encontró alineación con la matemática.

# Apéndice B

## Tarjetas: Nano-tratamiento



**Nota:** Para utilizar las tarjetas más de una vez, es recomendable que se impriman en cartón y se laminen.

## Problema de calidad del agua 1

Limpiar el agua para tomar, cocinar y bañarse en un país desarrollado.



¿Qué contaminantes afectan el agua?



Bacteria



Pesticidas

¿Qué otros factores necesitas considerar?

- Población con educación
- Espera agua clara = agua limpia

## Problema de calidad del agua 2

Limpiar el agua para tomar y cocinar en un país en desarrollo.



¿Qué contaminantes afectan el agua?



Bacteria



Virus



Cianuro

¿Qué otros factores necesitas considerar?

- Población sin educación
- Poca o ninguna infraestructura para el tratamiento del agua a gran

## Problema de calidad del agua 3

Limpiar el agua para irrigación en países semi desarrollados



¿Qué contaminantes afectan el agua?



Cadmio



Plomo



Pesticidas

¿Qué otros factores necesitas considerar?

- Población semi educada
- Fuente de energía intermitente

## Problema de calidad del agua 4

Limpiar el agua para uso industrial en bebidas carbonatadas



¿Qué contaminantes afectan el agua?



Cadmio



Mercurio

¿Qué otros factores necesitas considerar?

- Muchos otros sistemas existentes
- La remoción de sabor y olor es clave

### Problema de calidad del agua 5

Limpiar el agua para vacunas



¿Qué contaminantes afectan el agua?



Virus



Bacteria

¿Qué otros factores necesitas considerar?

- Muchos otros sistemas existentes
- No hay escasez de energía
- La remoción de todos los contaminantes es clave

### Problema de calidad del agua 6

Desalinizar el agua del océano para utilizarse como agua para tomar



¿Qué contaminantes afectan el agua?



Sal



Bacteria



Mercurio

¿Qué otros factores necesitas considerar?

- Requiere mucha energía
- Usualmente extraemos sal del agua – ¿existe alguna forma de extraer solo el agua?

### Problema de calidad del agua 7

Tratar el agua para que el ganado pueda tomar



¿Qué contaminantes afectan el agua?



Pesticidas



Bacteria

¿Qué otros factores necesitas considerar?

- Las interacciones electroestáticas son sensibles al pH y a la concentración de sal

### Problema de calidad del agua 8

Reclamar el agua contaminada por uso industrial



¿Qué contaminantes afectan el agua?



Plomo



Cadmio



Mercurio

¿Qué otros factores necesitas considerar?

- Muchos otros sistemas existentes

## Contaminante en el agua B

Bacteria coliforme



**Fuente:** Suelos, plantas, animales, alcantarillado humano, escorrentía de agricultura y tormentas.

**Riesgos:** La mayoría de las bacterias coliformes no causan enfermedades, pero ayudan a monitorear organismos más peligrosos que causan diarrea.

**Tamaño:** 500–2000 nm

**Fuerzas dominantes:** Gravedad, inercia, electroestática (débilmente influenciada por la carga)

## Contaminante en el agua V

Virus



**Fuente:** Materia fecal, orina animal

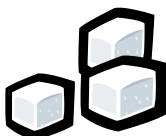
**Riesgos:** Hepatitis, meningitis, resfriados, gastroenteritis.

**Tamaño:** 27–100 nm

**Fuerzas dominantes:** electroestática (influenciada por la carga), interacciones electroestáticas que son sensibles al pH y a la concentración de sal

## Contaminante en el agua S

Sales



**Fuente:** Contacto con el suelo y océanos que son parte del ciclo del agua.

**Riesgos:** Beber agua salada causa deshidratación, náusea, debilidad y posible muerte.

**Tamaño:** 0.1–0.2 nm

**Fuerza dominante:** Electroestática (fuertemente influenciada por la carga)

## Contaminante en el agua P

Pesticidas



**Fuente:** Escorrentías del suelo en las granjas y fincas; plantas de tratamiento de agua (cloro), eliminación de pesticidas.

**Riesgos:** Los efectos dependen del tipo, cantidad y duración de la exposición, pero incluyen cáncer, daño nervioso e interrupción hormonal.

**Tamaño:** 0.24–0.75 nm

**Fuerza dominante:** Electroestática (fuertemente influenciada por la carga)

### Contaminante en el agua L

Plomo  
( $Pb^{++}$  o  $Pb^{+}$ )



**Fuente:** Tuberías de plomo y soldaduras que conectan las tuberías. Gasolina con plomo.

**Riesgos:** Rezago en el desarrollo mental y físico en los niños; presión sanguínea alta, problemas renales en los adultos.

**Tamaño:** 0.079–0.143 nm

**Fuerza dominante:** Electroestática (fuertemente influenciada por la carga)

### Contaminante en el agua C

Cadmio  
( $Cd^{++}$ )



**Fuente:** Corrosión de tuberías galvanizadas; descargas de refinерías de metales; escorrentías con desechos de baterías y pinturas.

**Riesgos:** Daño en los riñones.

**Tamaño:** 0.092–0.124 nm

**Fuerza dominante:** Electroestática (fuertemente influenciada por la carga)

### Contaminante en el agua M

Metilmercurio



**Fuente:** Procesamiento industrial del carbón y metales que contribuyen a la presencia de mercurio en sistemas acuáticos donde se convierte en formas más complejas como el metilmercurio. Es bio-magnificado en las cadenas alimentarias de estos sistemas.

**Riesgos:** Deterioro en el desarrollo neurológico en los niños (por ejemplo: pensamiento, memoria, atención, lenguaje, destrezas de motor fino y visual-espacial).

**Tamaño:** 0.110–0.133 nm

**Fuerza dominante:** Electroestática (influenciada por la carga)

### Contaminante en el agua Y

Cianuro ( $CN^{-}$ )



**Fuente:** Contaminación industrial proveniente de la producción de papel, textiles y plásticos.

**Riesgos:** Disminución en los niveles de B-12, prevención de utilización de oxígeno en las células, interrumpe el funcionamiento de las tiroides y el sistema nervioso.

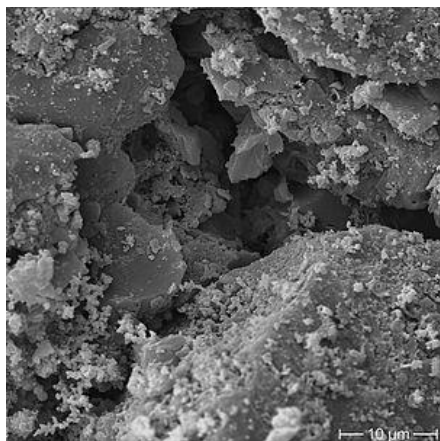
**Tamaño:** 0.090 nm

**Fuerza dominante:** Electroestática (fuertemente influenciada por la carga)

## Nanotecnología: Carbón activado

### Potencial

- Absorbe efectivamente una variedad de sustancias no polares, típicamente el sabor y el olor.



Crédito: [http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/6/65/Activated\\_Charcoal.jpg/300px-Activated\\_Charcoal.jpg](http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/6/65/Activated_Charcoal.jpg/300px-Activated_Charcoal.jpg)

### Riesgos

- No tóxico.
- No afecta a los metales, al cianuro o a los alcoholes; es destruido por pH muy alto o bajo.

**Sujeto a fuerzas:** Electroestática (débilmente influenciadas por la carga); inercia (los contaminantes con partículas de mayor tamaño pueden afectar el carbón y separarse del agua).

**Tamaño:** 2 - 50 nm

**Imagen:** Carbón activado observado a través de un microscopio electrónico de barrido

## Nanotecnología: Desinfección solar del agua

### Potencial

- La exposición del agua clara a la luz solar por más de 6 horas trata la mayoría del agua detectando patógenos bacterianos.
- Este proceso se agiliza añadiendo un catalizador como nanopartículas de plata y de dióxido de titanio.



Crédito: <http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/6/67/Indonesia-sodis-gross.jpg/320px-Indonesia-sodis-gross.jpg>

### Riesgos

- Producción de radicales libres y cloruro de plata en el cuerpo.
- Muerte celular.
- Acumulación en el hígado.
- Las partículas más pequeñas son más reactivas que las de mayor tamaño.

**Sujeto a fuerzas:** Electroestática; gravedad (las partículas con mayor tamaño se asientan y se pueden separar del agua).

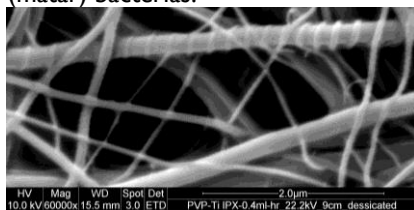
**Tamaño:** 1 - 100 nm

**Imagen:** Una mesa para la desinfección solar del agua

## Nanotecnología: Nano-biocidas

### Potencial

- Nano-biocidas como nanopartículas metálicas y nanomateriales que son producto de la ingeniería pueden incorporarse a las nano-fibras y mostrar alta actividad antimicrobiana y estabilidad en el agua.
- Las nanopartículas de dióxido de titanio descomponen contaminantes orgánicos comunes como hormonas, productos farmacéuticos y estiércol, cuando se exponen a la luz solar.
- La plata en nano-escala se utiliza para eliminar (matar) bacterias.



**Crédito:** [http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/2/25/Titanium\\_dioxide\\_nanofiber\\_spiral.jpg/220px-Titanium\\_dioxide\\_nanofiber\\_spiral.jpg](http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/2/25/Titanium_dioxide_nanofiber_spiral.jpg/220px-Titanium_dioxide_nanofiber_spiral.jpg)

### Riesgos

- Producción de radicales libres y cloruro de plata en el cuerpo.
- Muerte celular.
- Acumulación en el hígado.
- Las partículas más pequeñas son más reactivas que las de mayor tamaño.

**Sujeto a fuerzas:** Electroestática (fuertemente influenciada por la carga).

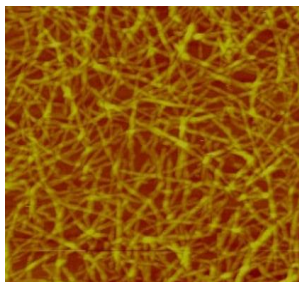
**Tamaño:** 1 a 100 nm

**Imagen:** Espiral de nano-fibras de dióxido de titanio

## Nanotecnología: Filtro de nano-celulosa

### Potencial

- Proviene de plantas o bacterias.
- Transparente, conductor eléctrico, más fuerte que el acero.
- La nano-celulosa puede filtrar los nitratos del agua (proveniente de la ciudad), residuos de tintes en las pinturas de impresiones y textiles y los iones metálicos en los desechos industriales. Adicional, se ha demostrado que elimina partículas de virus.



[https://en.wikipedia.org/wiki/Nanocellulose#/media/File:AFM\\_Innventia\\_nanocellulose.JPG](https://en.wikipedia.org/wiki/Nanocellulose#/media/File:AFM_Innventia_nanocellulose.JPG)

### Riesgos

- Biodegradable
- Inerte
- No tóxico
- Estable en un amplio rango de pH

**Sujeto a fuerzas:** Electroestática (pueden atraer las partículas con carga); inercia (las partículas que fluyen a través del filtro pueden afectar las fibras).

**Tamaño:** 5-20 nm x 10 nm a varios micrómetros

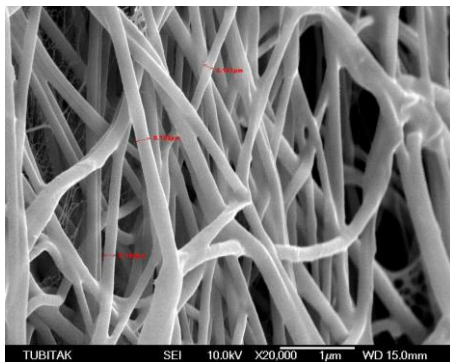
**Imagen:** Carboximetil nano-celulosa



## Nanotecnología: Nano-fibras electro-hiladas

### Potencial

- Útil en la filtración: estas fibras pueden utilizarse para construir membranas con alta área superficial. Adicional, el material que se hila puede manipularse para controlar el tamaño del poro y modificar la química de su superficie.



Crédito: [http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/d/db/N2\\_2.kesit.JPG/220px-N2\\_2.kesit.JPG](http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/d/db/N2_2.kesit.JPG/220px-N2_2.kesit.JPG)

### Riesgos

- Puede tener riesgos similares a las fibras de asbestos: cáncer.

**Sujeto a fuerzas:** Electroestática (pueden atraer las partículas con carga); inercia (las partículas que fluyen a través del filtro pueden afectar las fibras).

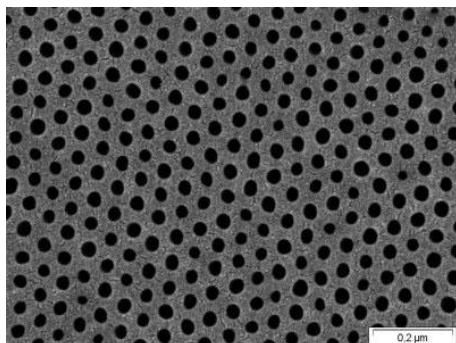
**Tamaño:** 10 - 1,000 nm

**Imagen:** Nano-fibras electro-hiladas

## Nanotecnología: Membrana nanoporosa

### Potencial

- Estas membranas que se organizan por autoensamblaje se utilizan para desalinizar el agua salada y remover del agua moléculas como micro contaminantes y residuos farmacéuticos.



[www.nanowerk.com/news2/newsid=29282.php](http://www.nanowerk.com/news2/newsid=29282.php)

### Riesgos

- Puede ser muy costoso para utilizarse ampliamente.

**Sujeto a fuerzas:** Electroestática (pueden atraer las partículas con carga); inercia (las partículas que fluyen a través del filtro pueden afectar la superficie).

**Tamaño:** 10 - 1,000 nm

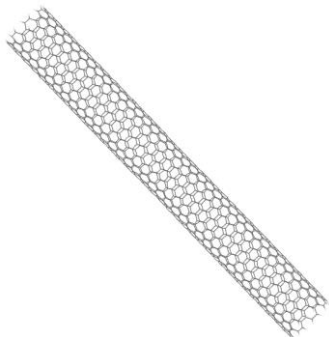
**Tamaño:** 3 - 15 nm

**Imagen:** Membrana nanoporosa

## Nanotecnología: Nanotubos de Carbono

### Potencial

- El agua puede moverse a través del tubo, mientras que otros materiales no.



### Riesgos

- Puede atravesar la membrana celular.
- Podría interferir o dañar el ADN.
- Podría tener riesgos similares a las fibras de asbestos: cáncer.

**Sujeto a fuerza:** Electroestática (influenciada, de forma variada, por la carga).

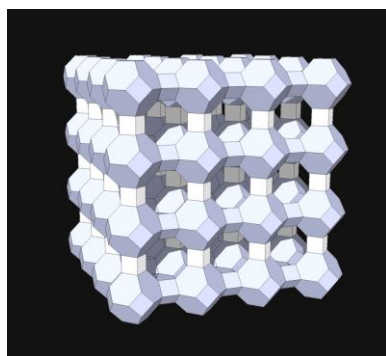
**Tamaño:** 1.0 nm de diámetro

**Imagen:** Simulación de nanotubo de Carbono

## Nanotecnología: Zeolita

### Potencial

- Utiliza la existencia de poros “nanoscópicos” en zeolita para actuar como cedazo molecular.
- Intercambia  $\text{Na}^+$  por otros iones, como  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Cu}^{2+}$ .



### Riesgos

- Sustancia de ocurrencia natural.
- Ninguno riesgo conocido al ser utilizado en el procesamiento del agua. No recomendado para ingerir.

**Sujeto a fuerza:** Electroestática (fuertemente influenciada por la carga).

**Tamaño:** 0.003 - 0.010 nm

**Imagen:** Zeolita

Crédito: [http://commons.wikimedia.org/wiki/Category:Zeolite#mediaviewer/File:Struttura\\_molecolare\\_di\\_una\\_zeolite.png](http://commons.wikimedia.org/wiki/Category:Zeolite#mediaviewer/File:Struttura_molecolare_di_una_zeolite.png)