Una pequeña dosis de nanotoxicología
O
Una introducción a los efectos de los nanomateriales en la salud

Un capítulo del libro
Una pequeña dosis de toxicología.- Los efectos a la salud de químicos comunes
2nd edition

Por
Steven G. Gilbert, PhD, DABT
Institute of Neurotoxicology & Neurological Disorders (INND)
Seattle, WA 98115

E-mail: sgilbert@innd.org

Sitios web de apoyo
web: www.asmalldoseof.org - "A Small Dose of Toxicology"
web: www.toxipedia.org - Connecting Science and People

Dosier

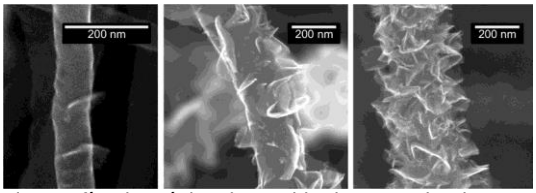
Toxicología de los nanomateriales

Nombre: Nanotoxicología
Definición de nanomateriales: Materiales de 1 a 100 nanómetros (un nanómetro es una milmillonésima parte de un metro)
Uso: Una amplia gama de productos químicos, plaguicidas, plásticos, retardantes de llama, medicamentos, pinturas, cosméticos, filtros solares, ropa, juguetes para bebés y mucho más
Fuente: Química sintética, plantas
Ingesta diaria recomendada: ninguna (no esencial)
Absorción: intestino, sistema respiratorio (pulmones), piel
Personas sensibles: fetos y niños, trabajadores
Toxicidad/síntomas: Sistema endocrino, mimetizan a los estrógenos, anti-estrogénico, efectos en los niveles hormonales, características sexuales, reproducción, efectos en el desarrollo
Datos regulatorios:La FDA y la EPA están revisando el uso y los peligros potenciales de los nanomateriales
Datos generales: miles de millones de libras utilizadas cada año en una amplia gama de productos
Ambiental: ampliamente distribuidos en el medio ambiente y pueden afectar la vida silvestre
Recomendaciones: Minimizar el uso, evitar la exposición de los niños, y considerar alternativas, ampliar las investigaciones sobre la toxicidad, adoptar el enfoque de precaución.

Estudios de casos

Nanotubos de carbono - ¿preocupaciones de salud?

Los nanotubos de carbono (NTCs) son típicamente creados a partir de láminas de carbono de un átomo de grueso, llamadas grafeno, que se enrolla para formar una estructura hueca. Los nanotubos pueden ser de una sola pared o de paredes múltiples con un típico tubo de una sola pared que tiene un diámetro de aproximadamente 1 nanómetro. Los NTC son atractivos para la industria debido a que tienen múltiples propiedades extraordinarias incluyendo gran dureza y resistencia, conductividad térmica y eléctrica y propiedades ópticas, así como otras capacidades dependiendo de la fabricación y otros productos químicos o elementos que se agregan. Los NTC son ahora comunes en los procesos de la industria, así como en productos de consumo como esquís, bates de béisbol, palos de golf, partes de automóviles, pinturas y otros. Existe la preocupación de que los NTC pueden ser peligrosos para la salud humana y ambiental. La estructura física de los nanotubos parece similar a la de las fibras de asbesto que parecen ser largas y nítidas cuando se magnifican. La inhalación de amianto puede causar mesotelioma maligno, un cáncer de pulmón fatal, después de un período de latencia de 20-40 años. Aproximadamente 18.000 personas murieron de mesotelioma maligno entre 1999 y 2005. Estudios en animales con roedores han reportado daños pulmonares por NTC similares a los causados por el asbesto. Esto tiene implicaciones importantes para las personas que trabajan con NTCs. La gran variedad en su tamaño, forma, superficie, revestimiento químico hacen que los estudios de toxicología sean difíciles de diseñar y replicar. Algunos estudios indican que los NTC pueden cruzar las paredes celulares y resultar en la muerte celular.



Micrografía Electrónica de Barrido de Nanotubo de Carbono

Nanoplata

La nanoplata tiene muchas características interesantes, pero se agregó a los productos de consumo debido a sus propiedades antibacterianas. Hace más de dos mil años, Hipócrates (460 aC - 370 aC) reconoció las propiedades antimicrobianas y curativas de la plata. A principios del siglo XX las propiedades antimicrobianas de la plata eran bien conocidas y se usaban en una serie de tratamientos médicos. Por ejemplo, la gente puso las monedas de plata en la leche para preservar su frescura. La sulfadiazina de plata se usó con éxito para tratar infecciones externas y como un antiséptico en el tratamiento de las quemaduras, pero ahora está siendo reemplazada por productos de nanoplata. El uso de plata en medicina disminuyó con la introducción de los antibióticos. Recientemente, el uso de vendajes impregnados de plata ha aumentado particularmente para los pacientes quemados. La capacidad de fabricar con mayor facilidad nanopartículas ha estimulado una amplia gama de aplicaciones en productos de consumo para aprovechar sus

propiedades antibacterianas. Los productos van desde calcetines impregnados de nanoplata hasta juguetes para bebés, herramientas de cocina, pinturas, protector solar, cosméticos y tratamiento de agua, por nombrar sólo algunos. Si bien la nanoplata se utiliza cada vez más en aplicaciones industriales y de consumo, no ha habido una evaluación sistemática de los riesgos ambientales o sobre la salud humana. Los estudios basados en células demuestran claramente que la nanoplata puede ser tóxica para una variedad de células de órganos, tales como el pulmón, el hígado, el riñón y el cerebro. También hay evidencia de que las partículas de nanoplata se absorben fácilmente por inhalación o contacto con la piel. Además, hay preocupación acerca de la liberación ambiental de nanoplata por el desagüe cuando se lavan los productos de consumo. Las propiedades tóxicas de la plata son típicas de los metales pesados, pero la ventaja era que la plata parecía ser mínimamente tóxica para los seres humanos, a diferencia de otros metales como el mercurio, el plomo o el arsénico. Las soluciones de plata, algunas veces llamadas plata coloidal, se comercializan como medicamentos alternativos con una variedad de efectos beneficiosos no comprobados.

Oso de juguete con nanoplata

Nanomateriales en protectores solares

La radiación ultravioleta del sol proporciona una excelente lección de respuesta a la dosis en la que una pequeña dosis es beneficiosa, mientras que una mayor dosis (exposición) a la luz solar es peligrosa. Una pequeña dosis de exposición a la luz del sol (ultravioleta UVB longitud de onda de 290-315 nanómetros) es importante para la producción de vitamina D. El resultado de demasiada exposición de la piel desprotegida a la radiación ultravioleta del sol es quemaduras y también se asocia con cáncer de piel, envejecimiento prematuro de la piel y cataratas en los ojos. La exposición al sol es mutagénica, causando daño al ADN celular, que puede conducir al cáncer. Para protegerse contra los aspectos indeseables de la luz solar, se puede limitar la exposición, usar ropa protectora o aplicar protectores solares a la piel desprotegida. Los protectores solares se componen de productos químicos que absorben la radiación UV o de partículas inorgánicas tales como óxido de zinc o dióxido de titanio o una combinación que refleja la radiación UV. Los filtros solares típicos bloquean la UVB que causa quemaduras solares, pero no siempre bloquean la luz ultravioleta UVA, por lo que se recomienda el uso de filtros solares de amplio espectro que bloquean los rayos UVA y UVB. Muchos filtros solares utilizan zinc o titanio nanométricos en parte porque el material se vuelve transparente a nanoescala. Por lo tanto, el titanio blanco aparece claro en lugar de blanco. Los productos químicos también se pueden aplicar a las pequeñas partículas, para mejorar su eficacia. La preocupación es que las partículas nanométricas pueden ser absorbidas a través de la piel o ingerirse con consecuencias desconocidas. También existe la preocupación de que el

material es lavado en el medio ambiente con efectos desconocidos en la comunidad biótica.

Introducción e historia

Nanómetro una milmillonésima parte de un metro (10^{-9})
Del griego nanos or 'enano'
Nanopartícula 1 – 100 nanometros

"La nanotecnología es la comprensión y el control de la materia en dimensiones entre aproximadamente 1 y 100 nanómetros, donde fenómenos únicos permiten aplicaciones novedosas."
(ver www.nano.gov)

Los nanomateriales o nanopartículas se definen generalmente como de entre 1 y 100 nanómetros. A esta escala, las propiedades físicas y químicas de un material pueden cambiar. Por ejemplo, el titanio, que suele ser blanco, se hace transparente a escala nanométrica. El tamaño pequeño de las nanopartículas significa que hay una relación área / volumen mucho mayor, lo que hace que el material sea potencialmente más reactivo. Las nanopartículas también pueden recubrirse con productos químicos que pueden reaccionar con el medio ambiente.

Un nanometro en perspectiva

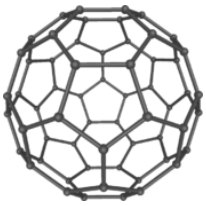
- Una hoja de papel tiene aproximadamente 100.000 nm de espesor.
- Una cadena de ADN humano tiene 2,5 nanómetros de diámetro
- Un pelo humano tiene aproximadamente 80,000-100,000 nanómetros de diámetro
- Hay 25,400,000 nm en una pulgada.
- Un solo átomo de oro es aproximadamente un tercio de nanómetro de diámetro
- Un nanómetro es un millonésimo (10-9) de un milímetro

El uso de nanomateriales se remonta a muchos siglos, cuando las personas sin saberlo utilizaron una variedad de objetos (ver tabla a continuación). Por ejemplo, el oro coloidal y la plata se utilizó para cambiar el color del vaso en la copa romana de Licurgo, que se ve verde opaco, pero se vuelve roja cuando la luz brilla desde el interior. El famoso acero de las espadas de Damasco fue reforzado por nanotubos de carbono que aparecieron durante la rigurosa formación de la hoja de acero.

La comprensión de este interesante fenómeno y la emergencia del nuevo campo de la nanotecnología sólo fue posible por los avances constantes en la tecnología. En 1936 el microscopio de emisión de campo, que permite la observación experimental de átomos,

fue inventado por Erwin Müller (1911-1977). El siguiente gran avance fue en 1981 cuando Gerd Binnig y Heinrich Rohrer en el laboratorio de IBM en Zurich inventaron el microscopio de túnel de exploración, que permitió la proyección de imágenes de las superficies a nivel atómico, resultando en la capacidad de "ver" los átomos individuales. En los años transcurridos, la nanotecnología fue predicha por el físico Richard Feynman en una conferencia titulada "En el fondo hay espacio de sobra", en 1959 (referencia a continuación). El predijo que algún día habría la tecnología para manipular átomos y moléculas individuales, algo que de hecho ocurrió. En 1985 se descubrió la "buckyball" (futboleno). Es una estructura de átomos de carbono que se asemeja a un balón de fútbol en la forma, aunque mucho más pequeño, por supuesto (ver ilustración). Poco después, en 1991 se descubrieron los nanotubos de carbono, de forma tubular, muy fuertes y con una gama de propiedades interesantes. A finales de los 90, los nanomateriales comienzan a aparecer en los productos de consumo. El gobierno de los Estados Unidos tomó nota y estableció la Iniciativa Nacional de Nanotecnología (NNI) para coordinar los esfuerzos federales de investigación y desarrollar y promover la nanotecnología (http://nano.gov/). Poco a poco, los informes autorizados que abogan por la necesidad de abordar los posibles problemas de salud, ambientales, sociales, éticos y regulatorios asociados con la nanotecnología comenzaron a aparecer. El reto ahora es evaluar las consecuencias de la exposición humana y ecológica a los nanomateriales y equilibrarlos con los beneficios.

Copa Romana de Licurgo



Hitos en la nanotecnología*

Año	Evento
~300 d.C	Copa de Licurgo (Roma), de vidrio dicroico, se ve verde opaco, pero se vuelve roja cuando la luz brilla desde el interior, resultado de oro coloidal y plata en el vidrio. Http://www.nano.gov/timeline
~600-1500	Las vidrieras de las catedrales europeas contenían nanopartículas de cloruro de oro y otros óxidos metálicos
~1200-1800	Las hojas de sable de "Damasco" contenían nanotubos de carbono y nanohilos de cementita
1857	Las soluciones de Nanooro pueden aparecer de diferentes colores dependiendo de la iluminación - demostrado por Michael Faraday (1791-1867)
1936	El microscopio de emisión de campo, permitió la observación experimental de los átomos - inventado por Erwin Müller (1911-1977)
1959	"En el fondo hay espacio de sobra" - primera conferencia sobre tecnología e ingeniería a escala atómica por Richard Feynman (1918-1988) del Instituto de Tecnología de California.
1981	El microscopio de túnel de exploración: permitió que las superficies de imágenes a nivel atómico permitieran a los científicos "ver" átomos individuales, inventados por Gerd Binnig y Heinrich Rohrer en el laboratorio de IBM en Zurich.
1985	La Buckminsterfullerene (C60) o buckyball (futboleno) fue descubierto por los investigadores en la Universidad de Rice, con forma de balón de fútbol y compuesto totalmente de carbono.
1986	Inventado el microscopio de fuerza atómica - proporciona la capacidad de ver, medir y manipular materiales hasta fracciones de un nanómetro de tamaño
1991	Nanotubos de carbono (NTC) - muy fuerte, con conductividad eléctrica y térmica, totalmente compuesto de carbono, pero en forma tubular
1999-to?	Los productos de consumo aparecieron empleando la nanotecnología, desde los automóviles a las pelotas de golf hasta la pintura la y ropa y más.
2000	Iniciativa Nacional de Nanotecnología (NNI) - iniciada por el Presidente Clinton para coordinar los esfuerzos federales de I & D y promover la nanotecnología (http://nano.gov/)
2004	Nanociencias y nanotecnologías: Oportunidades e incertidumbres publicadas por la Royal Society de Gran Bretaña y la Real Academia de Ingeniería, abogando por la necesidad de abordar los problemas potenciales de salud, ambientales, sociales, éticos y regulatorios asociados con la nanotecnología
2008 updated 2011	Nanotecnología relacionada con el medio ambiente, la salud y la seguridad (EHS) Investigación publicada por US NNI (http://nano.gov/node/681)`
	* Para una lista más detallada ver http://www.nano.gov/timeline

Nanomateriales en uso

Hay más de 1.300 productos de consumo identificados que emplean nanomateriales, según una lista compilada por el Proyecto sobre Nanotecnologías Emergentes (ver http://www.nanotechproject.org/). Los productos incluyen juguetes para bebés tales como un osito de bebé y una manta de bebé impregnada con nanoplata, protectores solares y cosméticos, utensilios de cocina, calcetines y camisas, pintura, productos de computadora, palos de golf y mucho más. Las nanopartículas de plata se utilizan en una amplia variedad de productos para matar las bacterias. La nanoplata es considerada como natural y "clínicamente probado para luchar contra las bacterias dañinas, los mohos y los ácaros". Las nanopartículas en la pintura son anunciadas para mejorar la adherencia y proporcionar propiedades anti-moho.
Los nanomateriales también son ampliamente utilizados en los laboratorios de investigación universitarios e industriales que estudian las propiedades de las nanopartículas y tratan de encontrar nuevas aplicaciones.

Una cuestión básica es determinar qué productos o instalaciones están utilizando nanopartículas, el tipo de nanopartículas y la cantidad. Según lo señalado por la EPA de EE.UU. "Actualmente, el seguimiento de productos que contienen nanoplata está llegando a ser difícil porque los productos son casi siempre envasados bajo numerosos nombres de marca, y las regulaciones actuales de etiquetado no requieren que los nanomateriales se enumeren como ingredientes". Mapas que detallan el uso de los nanomateriales y la información de productos para el consumidor están disponibles (ver http://www.nanotechproject.org/inventories/map/). Algunas organizaciones están trabajando en una evaluación costo / riesgo de la cuna a la tumba para productos que utilizan nanopartículas, a los que se accedería a los peligros potenciales a través de la fabricación, el uso y la eliminación. - http://www.epa.gov/nanoscience/files/NanoPaper1.pdf). La Unión Europea está aplicando un nuevo enfoque de los nanomateriales denominado Reglamento de Clasificación, Etiquetado y Empaque (CLP). El CLP estipula que, si se cambia la forma o el estado físico de una sustancia, se debe hacer una evaluación para determinar si se debe cambiar la clasificación de peligros.

Efectos de los nanomateriales sobre la salud y el medio ambiente

Introducción

Un principio básico de la toxicología es que el riesgo de daño está relacionado con el peligro, la exposición y la sensibilidad individual. La evaluación de cualquiera de estos parámetros se complica por la gran variedad de nanopartículas y nanomateriales, y por las características únicas relacionadas con nanopartículas de pequeño tamaño y gran

superficie, que cambia las propiedades físicas, así como otros productos químicos aplicados. Además, los procedimientos para la medición analítica de nanopartículas específicas deben desarrollarse y validarse para una variedad de medios tales como aire, agua, suelo, tejido, sangre u orina. Se deben considerar otras características de las nanopartículas más allá de la concentración para incluir tamaño, forma, carga superficial, estructura cristalina, química superficial, transformaciones superficiales y recubrimientos químicos. Lo que es más importante, el tamaño pequeño y la gran relación superficie / volumen significa que los nanomateriales tienen propiedades fisicoquímicas únicas en comparación con materiales del mismo tipo sólo más grandes. El desafío es determinar cómo interactúan los nanomateriales con los sistemas biológicos. También deben abordarse las cuestiones clásicas de la persistencia y la bioacumulación en animales, seres humanos o el medio ambiente. El desarrollo de un conjunto estándar de procedimientos para evaluar los peligros potenciales de las nanopartículas es urgentemente necesario (ver documentos de Maynard et al., 2006 y 2011). A continuación, se presentan ejemplos de los retos asociados con el abordaje de la nanotoxicología de nanopartículas específicas.

Distribución, exposición y absorción

Dada la amplia gama de productos que utilizan o incorporan nanomateriales, existe una creciente distribución y potencial de exposición a los nanomateriales. En algunos productos los nanomateriales están estrechamente unidos o son una parte estructural del producto y por lo tanto no son biodisponibles. Sin embargo, en productos como los bloqueadores solares, se aplican dióxido de titanio o óxido de zinc nanométricos a la piel, donde existe el potencial de absorción dérmica o de ingestión oral. Unas variedades de cosméticos ahora están empleando nanomateriales, que aumenta la posibilidad de la absorción a través de la piel. Rupturas en la piel, quemaduras de sol, eczema, erupciones cutáneas, estado de la piel, corte o raspado, o edad de la piel pueden acelerar la absorción de las nanopartículas en el torrente sanguíneo. También existe la preocupación de que estos materiales pueden ser lavados de la piel en el medio ambiente. Existen preocupaciones similares con la nanoplata cuando se utiliza como bactericida porque los nanomateriales deben ser biodisponibles para ser efectivos. Las partículas de nanoplata pueden aparecer en el flujo de aguas residuales y afectar el tratamiento de las aguas residuales.

La fabricación de nanomateriales o su uso en la fabricación de productos presenta importantes desafíos para la exposición ocupacional. Por ejemplo, la inhalación de nanotubos de carbono puede producir daño al tejido pulmonar y, posiblemente, conducir al cáncer de pulmón como ocurre con la inhalación de fibras de asbesto. Se han hecho llamados para un mayor monitoreo y control de la posible exposición a materiales de nanotubos. La producción no intencional de nanomateriales en el gasóleo o hollín (nanopartículas derivadas de la combustión) puede representar un serio peligro para los trabajadores o los que están cerca de la fuente de escape, como camiones, trenes o barcos. El tamaño pequeño de estos nanomateriales significa que pueden moverse profundamente

en los pulmones, dando por resultado efectos agudos tales como asma o daño a largo plazo. Las nanopartículas pueden transportar otros contaminantes químicos en su superficie, tales como hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP), profundamente en los pulmones.

En última instancia, debe haber más información sobre la fabricación, uso, destino y transporte de nanomateriales para evaluar mejor la exposición humana y la distribución ecológica de los nanomateriales.

Efectos en la salud

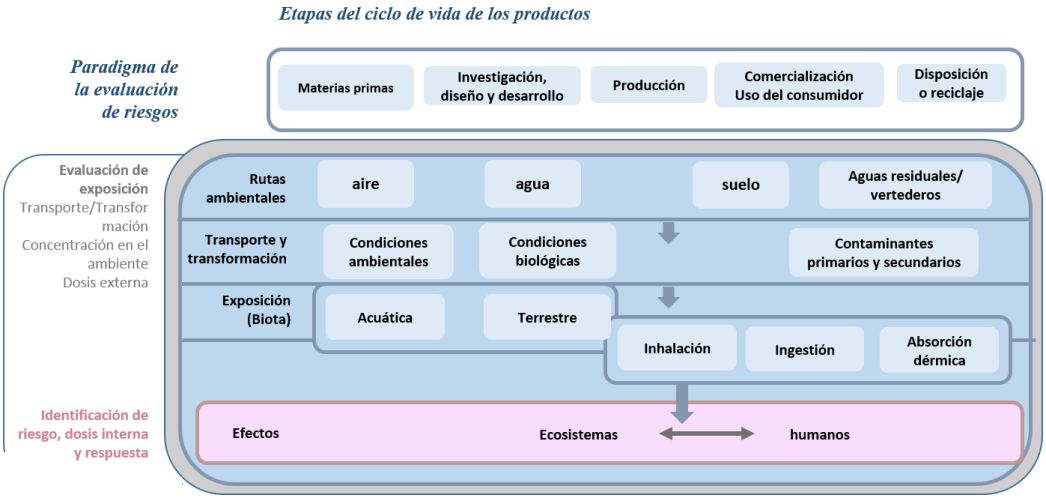
Los efectos potenciales para la salud de la exposición de nanopartículas a seres humanos u otros organismos están apenas comenzando. El estudio de la toxicidad de las nanopartículas se complica por una serie de factores tales como la variedad de sustancias, la variación en el tamaño y la superficie, la carga química, el revestimiento químico y otros factores. Un desafío adicional es desarrollar la metodología analítica para medir la cantidad de nanomateriales en el tejido o fluido biológico, para permitir la evaluación de la distribución en los tejidos o incluso la exposición celular. Existen problemas similares en la evaluación de la distribución de las nanopartículas en los medios ambientales como el aire, el agua o el suelo. Se sabe, que una vez en el cuerpo, las nanopartículas pueden distribuirse en todos los órganos y cruzar los límites celulares. Una vez en el interior de la célula, las nanopartículas pueden interactuar con el ADN celular o las proteínas celulares, interfiriendo con la función celular normal o dando como resultado una respuesta inflamatoria. Un área de algunos estudios es la capacidad de las nanopartículas para aumentar la producción de especies reactivas de oxígeno (ROS), incluyendo los radicales libres, que pueden dar lugar a estrés oxidativo, inflamación y otros daños celulares. Debe recordarse que la nanoplata es útil precisamente porque mata las células bacterianas. Poco se sabe sobre los potenciales efectos inmunológicos de las nanopartículas aparte de algunos informes de respuesta alérgica a las partículas de nanoestructura. Un área de algunos estudios es la capacidad de las nanopartículas para aumentar la producción de especies reactivas de oxígeno (ROS), incluyendo los radicales libres, que pueden dar lugar a estrés oxidativo, inflamación y otros daños celulares. Debe recordarse que la nanoplata es útil precisamente porque mata las células bacterianas. Poco se sabe sobre los potenciales efectos inmunológicos de las nanopartículas aparte de algunos informes de respuesta alérgica a las partículas de nanoplata. Estudios en peces expuestos a nanopartículas en el agua indicaron que las nanopartículas fueron absorbidas fácilmente y causaron daño cerebral y afectaron el hígado. Las consecuencias de la exposición ecológica de organismos pequeños están mal estudiadas y podrían ser significativas

porque para un organismo pequeño una pequeña exposición representa una gran dosis y posibles consecuencias graves.

La persistencia y bioacumulación de los diversos nanomateriales en sus muchas formas, configuraciones y revestimiento no se entiende bien. Ha habido muy poco estudio sobre los posibles efectos del desarrollo de la exposición a los nanomateriales. En resumen, hay muchos retos para evaluar los riesgos de los nanomateriales para la salud humana o el medio ambiente y hay que hacer mucha más investigación. La historia de la toxicología está repleta de ejemplos en los que la aplicación de la tecnología se adelantó a la comprensión y / o regulación de sus efectos sobre la salud y el medio ambiente. Los resultados de algunos de estos casos han sido devastadores.

Resumen de la evaluación

La siguiente tabla de nano.gov ofrece un buen resumen de los desafíos y áreas de preocupación.



De: http://nano.gov/you/environmental-health-safety. El paradigma de la evaluación de riesgo (izquierda) integrado con el ciclo de vida de los nanomateriales (en la parte superior). (Design credit: N.R. Fuller of Sayo-Art.)

Reducción de la exposición

La reducción la exposición se basa en saber si hay exposición. En la actualidad es muy difícil saber si hay nanomateriales en un producto determinado. Cuando están presentes, su biodisponibilidad potencial puede ser desconocida. Como resultado, la exposición no puede predecirse ni evaluarse cuantitativamente.

Regulación de la nanotecnología

Actualmente no existe una regulación integral que aborde los procesos industriales o los productos de consumo que utilizan nanomateriales o nanotecnología. A pesar del rápido aumento en el uso de nanopartículas en productos de consumo de calcetines a protectores solares y el potencial de exposición humana y ecológica no existe un enfoque o requisito consistente para evaluar posibles efectos peligrosos. La EPA está luchando para adaptar la Ley de Control de Sustancias Tóxicas de 1976 (TSCA) para tratar los peligros potenciales de las nanopartículas. La Administración de Alimentos y Medicamentos de los Estados Unidos (FDA, por sus siglas en inglés) tiene el reto de abordar el uso de nanomateriales en los productos que regula, como alimentos, cosméticos, fármacos, dispositivos y productos veterinarios. La FDA ha publicado un borrador de guías relacionadas con aplicaciones de la nanotecnología en cosméticos y sustancias alimenticias (ver referencia más adelante). Las leyes que rigen la Comisión de Seguridad de los Productos de Consumo no exigen la aprobación previa a la comercialización del producto, por lo que la CPSC sólo puede tratar el riesgo potencial después de la distribución pública del producto. La siguiente declaración es un buen recordatorio de los problemas a los que se enfrentan las agencias reguladoras al tratar de abordar el uso de los nanomateriales. El lugar de trabajo es un área de exposición potencialmente alta a nanomateriales por inhalación, ingestión o exposición dérmica. La Administración de Seguridad y Salud Ocupacional de los Estados Unidos (OSHA) y el Instituto Nacional de Seguridad y Salud Ocupacional (NIOSH), que regulan e investigan los problemas de salud y seguridad ocupacional, intentan abordar las exposiciones en el lugar de trabajo. Para las agencias y los consumidores, la imposibilidad de exigir un etiquetado adecuado del uso de los nanomateriales hace que las evaluaciones de salud sean muy difíciles.

Comisión de seguridad de productos de consumo

Evaluación de productos de consumo
Los riesgos potenciales para la seguridad y la salud de los nanomateriales, al igual que otros compuestos que se incorporan a los productos de consumo, pueden evaluarse según los estatutos, reglamentos y directrices existentes de la CPSC. Ni la Ley de Seguridad de Productos de Consumo (CPSA) ni la Ley Federal de Sustancias Peligrosas (FHSA, por sus siglas en inglés) requieren el registro o la aprobación previa de los productos. Por lo tanto, no suele ser hasta que un producto se ha distribuido en el comercio que la CPSC evaluaría el riesgo potencial de un producto para el público.

CPSC Nanomaterial Statement -
http://www.cpsc.gov/LIBRARY/CPSCNanoStatement.pdf

Una cuestión básica es determinar qué productos o instalaciones están utilizando nanopartículas, el tipo de nanopartículas y la cantidad. Según lo señalado por la EPA de EE. UU. "Actualmente, el rastreo de productos que contienen nanoplata está llegando a ser difícil porque los productos están casi siempre empaquetados bajo numerosos nombres de marca, y las regulaciones actuales de etiquetado no requieren que los nanomateriales sean listados como ingredientes". El uso detallado de los nanomateriales y la información del producto al consumidor están disponibles (ver http://www.nanotechproject.org/inventories/map/). Algunas organizaciones están trabajando en una evaluación de costo / riesgo de la cuna a la tumba para productos que usan nanopartículas que podrían tener acceso a peligros potenciales a través de la fabricación, el uso y la eliminación (vea US EPA http://www.epa.gov/nanoscience/files/NanoPaper1.pdf). La Unión Europea está aplicando un nuevo enfoque de los nanomateriales denominado Reglamento de Clasificación, Etiquetado y Empaque (CLP). El CLP estipula que, si se cambia la forma o el estado físico de una sustancia, se debe hacer una evaluación para determinar si se debe cambiar la clasificación de peligros.

Recomendaciones y conclusiones

Los nanomateriales tienen propiedades interesantes y tienen un tremendo potencial en muchas áreas. Su uso en procesos industriales y productos de consumo se está expandiendo rápidamente. El gran desafío es asegurarnos de que entendemos los riesgos potenciales y que equilibremos adecuadamente los riesgos y los beneficios. Se necesitan más investigaciones sobre los posibles efectos humanos y ecológicos de los nanomateriales. Es fundamental que nuestra comprensión y mitigación de los efectos adversos potenciales no caigan sustancialmente detrás del uso de estos materiales.

Más información y referencias

Diapositivas

- A Small Dose of Nanotoxicology presentation material and references online: http://www.toxipedia.org or http://www.toxipedia.org/display/dose/nanotoxicology
  El sitio Web contiene material de presentación relacionada con los efectos de los nanomateriales.

Agencias europeas, asiáticas e internacionales

- Nanowerk - http://www.nanowerk.com/ (accessed 20 May 2012) – Food Safety - http://www.nanowerk.com/spotlight/spotid=25256.php
  Comprometido a educar, informar e inspirar sobre nanociencias y nanotecnologías.

- World Health Organization - WHO Food Safety – Nanotechnology - http://www.who.int/foodsafety/biotech/nano/en/ (accessed 20 May 2012)

- The International Council on Nanotechnology (ICON) http://icon.rice.edu/ (accessed 20 May 2012)
  Las actividades de ICON promueven la administración eficaz de la nanotecnología mediante la evaluación de riesgos, la investigación y la comunicación.

Agencias norteamericanas

- The National Nanotechnology Initiative (NNI) Online at http://nano.gov/ (accessed: May 14, 2012)
  La Iniciativa del Gobierno de los Estados Unidos para la Nanotecnología es un programa federal de I&D establecido para coordinar los esfuerzos multiagenciales en ciencia, ingeniería y tecnología a nanoescala.

- The National Nanotechnology Initiative (NNI) Timeline Online at http://www.nano.gov/timeline (accessed: May 14, 2012)
  Iniciativa del Gobierno de los Estados Unidos sobre Nanotecnología línea de tiempo de los hitos en el desarrollo de la nanotecnología.

- NASA Ames Center for Nanotechnology. Online at http://www.ipt.arc.nasa.gov/index.html (accessed: May 14, 2012)
  Comenzado a principios de 1996 el trabajo de investigación se centra en la investigación experimental y el desarrollo en nano y bio tecnologías (también grandes imágenes).

- Nanotechnology at PNNL. The Pacific Northwest National Laboratory (PNNL), operated by Battelle for the U.S. Department of Energy. Online at http://www.pnl.gov/nano/ (accessed: June 29, 2012).
  Visión general de nanociencia, nanoingeniería y nanotecnología.

- Understanding Nanotechnology - http://www.understandingnano.com/ (accessed: 14 May 2012) also Regulation of Nanotechnology Materials and Productshttp://www.understandingnano.com/nanotechnology-regulation.html
  Sitio web dedicado a hacer que los conceptos y aplicaciones de nanotecnología sean comprensibles por cualquier persona. El sitio web es propiedad y publicado por Hawk's Perch Technical Writing, LLC.

- US EPA State of the Science Literature Review: Everything Nanosilver and More – August 2010 - http://www.epa.gov/nanoscience/files/NanoPaper1.pdf

- US FDA Nanotechnology: Science and Research. Online at http://www.fda.gov/ScienceResearch/SpecialTopics/Nanotechnology/default.htm (accessed: June 29, 2012).
  El sitio Web incluye: hoja informativa sobre nanotecnología, guía preliminar relacionada con aplicaciones de la nanotecnología en cosméticos y sustancias alimenticias, Proyecto de guía para la Industria: Consideración de si un producto regulado por la FDA involucra la aplicación de nanotecnología.

- US OSHA Nanotechnology - Department of Labor - Occupational Safety & Health Administration (OSHA) - Online at http://www.osha.gov/dsg/nanotechnology/nanotechnology.html (accessed: June 29, 2012).
  Abordar los problemas de seguridad y salud de los trabajadores relacionados con el uso o producción de nanomateriales.

- US NIOSH Nanotechnology - Centers for Disease Control and Prevention - The National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH) - Online at http://www.cdc.gov/niosh/topics/nanotech/ (accessed: June 29, 2012).
  Hace investigación sobre la seguridad de los trabajadores y cuestiones relacionadas con el uso o la producción de nanomateriales.

- The Center for Integrated Nanotechnologies (CINT) at Sandia National Laboratories is a Department of Energy/Office of Science Nanoscale Science Research Center (NSRC). Online at http://cint.lanl.gov (accessed: 2 September 2012).
  "Nuestra visión es convertirnos en un líder mundial en ciencia a nanoescala mediante el desarrollo de los principios científicos que rigen el diseño, el rendimiento y la integración de materiales a nanoescala."

Comercial/organizaciones con fines de lucro

- Nanotechnology Now (NN) http://www.nanotech-now.com/ (accessed: 14 May 2012) Nanotechnology Glossary http://www.nanotech-now.com/nanotechnology-glossary-N.htm
  NN fue creado para servir a las necesidades de información de las empresas, el gobierno, las comunidades académicas y públicas. Y con la intención de convertirse en la colección más informativa y actual de material de referencia "nano".

Organizaciones no gubernamentales

- The Project on Emerging Nanotechnologies - Online at http://www.nanotechproject.org/ (accessed: June 29, 2012).
  Establecido en abril de 2005 como una asociación entre Woodrow Wilson International Center for Scholars y Pew Charitable Trusts, "El proyecto está dedicado a ayudar a asegurar que las nanotecnologías avancen, los posibles riesgos se minimicen, el público y el compromiso del consumidor permanezca fuertes y los beneficios potenciales de estas nuevas tecnologías se realizan."

- Nano-silver policy failure puts public health at risk by Friends of the Earth. Sept. 2011. Online at http://www.foe.org/news/archives/2011-09-nano-silver-and-bacterial-resistance (accessed: 16 May 2012).
  Una mirada crítica al uso de materiales de nanoplata en un producto de consumo.

- NanoEthicsBank: A Resource on the Societal and Ethical Implications of Nanotechnology. Online at http://ethics.iit.edu/NanoEthicsBank/ (accessed: 2 September 2012).
  El NanoEthicsBank fue desarrollado por el Centro para el Estudio de la Ética en las Profesiones en el Instituto de Tecnología de Illinois. "El NanoEthicsBank es una base de datos concebida como un recurso para investigadores, académicos, estudiantes y el público en general que están interesados en las implicaciones sociales y éticas de la nanotecnología".

Referencias

- Nanotoxicology – journal from Informa Healthcare
  http://informahealthcare.com/loi/nan
  "Aborda la investigación relacionada con el potencial de exposición, riesgo y riesgo humano y ambiental asociados con el uso y desarrollo de materiales nanoestructurados."

- Approaches to Safe Nanotechnology: Managing the Health and Safety Concerns Associated with Engineered Nanomaterials. DHHS (NIOSH) Publication Number 2009-125. March 2009. http://www.cdc.gov/niosh/docs/2009-125/pdfs/2009-125.pdf

- A Research Strategy for Environmental, Health, and Safety Aspects of Engineered Nanomaterials - National Academy of Sciences ISBN-10: 0-309-25328-4 free as pdf Online: http://www.nap.edu/catalog.php?record_id=13347

- Ahamed, M., Alsalhi, M. S., & Siddiqui, M. K. (2010). Silver nanoparticle applications and human health. Clin Chim Acta, 411(23-24), 1841-1848.

- Bell, Trudy. (2007). Understanding risk assessment of nanotechnology. Article commissioned by the National Nanotechnology Coordination Office. Available at NanoEthicsBank: A Resource on the Societal and Ethical Implications of Nanotechnology http://ethics.iit.edu/NanoEthicsBank/node/1352

- Donaldson, K., Murphy, F., Schinwald, A., Duffin, R., & Poland, C. A. (2011). Identifying the pulmonary hazard of high aspect ratio nanoparticles to enable their safety-by-design. Nanomedicine (Lond), 6(1), 143-156.

- Feynman, Richard (1959) *There's Plenty of Room at the Bottom* delivered as a lecture on December 29th 1959 at the annual meeting of the American Physical Society at the California Institute of Technology (Caltech). First published in the February 1960 issue of Caltech's Engineering and Science, available on their web at http://www.zyvex.com/nanotech/feynman.html with their permission.

- Luoma, Samuel. (2008). Silver Nanotechnologies and the Environment. Project on Emerging Nanotechnologies by PEW Charitable Trust. Online at http://www.nanotechproject.org/publications/archive/silver/ (accessed: 2 September 2012).

- Maynard, A. D., Aitken, R. J., Butz, T., Colvin, V., Donaldson, K., Oberdorster, G., et al. (2006). Safe handling of nanotechnology. Nature, 444(7117), 267-269.

- Maynard, A. D., Warheit, D. B., & Philbert, M. A. (2011). The new toxicology of sophisticated materials: nanotoxicology and beyond. Toxicol Sci, 120 Suppl 1, S109-129.

- Walker, N. J., & Bucher, J. R. (2009). A 21st century paradigm for evaluating the health hazards of nanoscale materials? Toxicol Sci, 110(2), 251-254.