

RIESGOS DE LA NANOTECNOLOGÍA

Callisaya Villarroel Fabiola Marlen
Universidad Mayor de San Andrés
Carrera de Informática
Teoría de la información y codificación
katana_hikaru@hotmail.com

RESUMEN

El siguiente artículo trata la importancia de conocer los riesgos que puede traer consigo la tan llamada "nanotecnología". Se darán a conocer algunas de las consecuencias destructivas que semejante tecnología puede acarrear si es que no se cuenta con el respectivo cuidado en su manipulación y regulación.

Palabras clave

Riesgos, nanorriesgos, nanopartículas, buckyballs.

1. INTRODUCCION

La nanotecnología es un avance tan importante para la humanidad que se lo podría llegar a comparar con la Revolución Industrial, no solo por su impacto mundial sino también por la reducción de costos que representa, no obstante tiene una gran diferencia con la Revolución Industrial; que en el caso de la nanotecnología el tiempo de expansión y utilización se dará en pocos años, con el peligro de encontrarse en su camino con una humanidad desprevenida y desprotegida para los riesgos que semejante revolución conlleva.

El hecho de que las aplicaciones de la nanotecnología cubran una vasta gama de actividades como: farmacéutica, informática, cosmética, agricultura, alimentación, construcción, industria química y de materiales, aeronáutica, automotriz, textil, del caucho; no implica que de ninguna manera ésta sea utilizada solamente para actividades productivas, es más se podría decir que la existencia de la nanotecnología es un aliciente para causar una gran destrucción a la humanidad por su gran comodidad en transporte y costo.

Actualmente el peor riesgo – aún más grande que el de las nano-armas – lo corre nuestra salud y el medio ambiente en el que vivimos, pues lo que no nos daña a nosotros puede causar desastres en las demás criaturas que nos rodean y aun en las plantas.

Desafortunadamente, las agencias reguladoras han sido lentas en valorar en un sentido más amplio la rápida aparición de la nanotecnología en el lugar de trabajo y en el hogar, así como en el ambiente. Esto ha dado lugar a un juego desequilibrante en medidas para poner orden donde los usos de la nanotecnología continúan multiplicándose, mientras el terreno del juego regulador incluso todavía no ha sido demarcado.

2. TIPOS DE RIESGOS

Algunos de estos riesgos son:

- **Desequilibrio económico por la proliferación de productos baratos.**

En la actualidad ya se han realizado manipulaciones para sustituir la materia prima de la cual dependen muchos países de Asia, África y América Latina, por ejemplo el algodón o el caucho -Tailandia- quitándole así a por lo menos 106 millones de personas su fuente de ingresos. Es así que la fabricación de estos productos -obviamente más baratos que los originales- con el pasar del tiempo podría causar un desequilibrio en la economía y como en el ejemplo mencionado muchos países en vías de desarrollo podrían verse afectados.

- **Uso criminal.**

Se teme que en esta nueva era por el uso de armas biológicas se llegue a causar una gran catástrofe en todo el planeta. "Más peligroso aún teniendo en cuenta que se están haciendo varios proyectos de mapas genómicos, que incluyen poblaciones indígenas, y permitirían tener información específica de esos grupos, abriendo la puerta para el diseño de 'bombas étnicas'", destaca Pat Mooney, premio Right Livelihood Award (Premio Nobel Alternativo) [4].

Las nano-armas también poseen grandes ventajas frente a las armas nucleares, la más importante es el costo de fabricación que en el caso de las armas nucleares cuesta millones de dólares, por el contrario las nano-armas son de muy bajo costo.

Si este tipo de armamento llegase a manos criminales los daños a la sociedad serían desastrosos, habiendo una gran posibilidad de que los sistemas de seguridad capaz de combatirlos no se desarrollen a tiempo por lo cual estaríamos completamente indefensos. Aunque esta es una visión terrorífica de lo que podría llegar a pasar no es lo peor. La creación de armas químicas más potentes que las actuales y más fáciles de esconder traería también consigo equipamiento de mayor tecnología para incluso activarlas por control remoto.

Si bien por el momento todo esto es simple especulación a largo plazo podría convertirse en una dolorosa realidad.

• Daños a la salud

Actualmente existen en el mercado muchos productos que en están constituidos por nanopartículas, sin embargo no se sabe mucho de los efectos nocivos que estas podrían tener en la salud a largo plazo.

• Daños ambientales

Los productos fabricados con nanotecnología al desecharse son igual que cualquier tipo de productos, se descomponen al paso del tiempo en minúsculos componentes que podrían llegar a convertirse en nano-basura y dado su tamaño sería casi imposible de limpiar y podría causar así problemas en todo el planeta y por ende en todos los que lo habitamos.

Al ser este un tema demasiado largo solo nos concentraremos en los dos temas de mayor importancia: los daños a la salud y en el medio ambiente.

3. DAÑOS A LA SALUD

Todos los días nos bombardean con anuncios que promueven productos que utilizan la nanotecnología, nos la muestran como la gran ciencia del futuro. La mayoría de estas noticias se refiere a productos anti-arrugas, bloqueadores solares y limpiadores de ropa que no necesitan de agua. Sin embargo pocas – o ninguna – hacen alusión de los peligros que la nanotecnología puede significar para la salud de sus trabajadores o consumidores.

Según una noticia difundida por la agencia Reuters, el profesor Harry Kroto –ganador del Premio Nobel de Química en 1996, por su descubrimiento de una nanopartícula llamada *Buckminsterfullereno*- alertó sobre el posible riesgo para la salud de la nanotecnología. "Debemos reconocer que habrá errores, y habrá peligros", dijo. "Por el otro lado, hay una posibilidad de que el valor de la nanotecnología sea abrumador. Para mí, es la ciencia del siglo XXI" afirmó [3].

Actualmente muchos de los países llamados del primer mundo creen que no existe ninguna necesidad de regular la creación de productos fabricados con nanotecnología, ya que consideran que no existe evidencia científica de que esta tecnología implique algún riesgo importante.

3.1 Nanopartículas

Las nanopartículas se podrían describir como partículas que miden de 1 a 100 nm, su comportamiento es demasiado diferente comparados a los pedazos del mismo material: más fuertes, más tóxicas y con propiedades radicalmente distintas. Lo que las hace así de útiles también hace tan incierta su seguridad.

Una de las mayores preocupaciones acerca de la toxicología de las nanopartículas proviene del hecho que muchas de ellas poseen propiedades redox o son fotoactivas. Por ejemplo, las nanopartículas de dióxido de titanio presentes en una gran

cantidad de bloqueadores solares son fotocatalíticas, por lo que la exposición al sol genera radicales libres que podrían degradar a los componentes del producto o bien atacar a las biomoléculas; en 1997 las universidades de Oxford y Montreal demostraron que el dióxido de titanio y el óxido de zinc en nanopartículas, presentes en cosméticos y bloqueadores solares, generan radicales libres y pueden ocasionar daños al ADN, provocando desde una simple inflamación de tejidos hasta tumores.

En un estudio realizado en Gran Bretaña se encontraron procesos impredecibles, lo apodaron "chisme tóxico", donde las nanopartículas de metal provocan daño al ADN, pasando incluso a través de tejidos que no fueron violados físicamente.

Según un artículo publicado en el *European Respiratory Journal* (Diario Respiratorio Europeo) por un grupo de investigadores chinos dirigidos por Yuguo Song, del Departamento de Medicina Profesional y Toxicología Clínica del Hospital Chaoyang, Beijing, 7 mujeres jóvenes cayeron seriamente enfermas después de trabajar en una fábrica de pintura que utilizó nanotecnología. Los trabajadores sufrieron daño severo y permanente en sus pulmones y erupciones en cara y brazos. Dos, mientras las otras cinco no mejoran después de varios años [8].

Y no solo eso, también se sabe que algunas nanopartículas pueden atravesar fácilmente la membrana celular y unirse de manera muy selectiva a las mitocondrias, pudiendo desde el punto de vista médico servir como liberadores muy eficientes de medicamentos, sin embargo, si se esparcieran al ambiente en su forma activa podrían atacar indiscriminadamente a células de personas sanas, encontrándose que ciertas nanopartículas poseen cualidades muy parecidas a las de los asbestos, los cuales se dejaron de usar por ser altamente cancerígenos.

En otro estudio publicado en el *Journal of Molecular Cell Biology* (Diario de Biología Celular Molecular), investigadores chinos descubrieron que una clase de nanopartículas grandemente desarrolladas en medicina –polyamidoamine dendrímeros (PAMAMs)- causan daño al pulmón accionando un tipo de muerte celular programada conocida como muerte celular autofágica.

3.2 Buckyballs

Un informe realizado por investigadores británicos menciona a diminutas moléculas de carbono conocidas como "*buckyballs*" que son microscópicas nanoestructuras compuestas de 60 átomos de carbono y cuyo nombre químico es C₆₀, las cuales podrían ser utilizadas en un sin número de campos como en la dosificación de fármacos o suministrando energía a las células. Nuevos estudios muestran que las "*buckyballs*" podrían ser una amenaza para la salud al acumular grasa y relacionaron los nanotubos de carbono con el riesgo de cáncer de pulmón.

3.3 Nanofibras de Carbono

Las nanofibras de carbono, que se añaden a los neumáticos y se utilizan en telas de ropa para producir diversos colores sin usar tintes, también tienen altas probabilidades de ser vertidas donde pueden ser inhaladas y causar severos daños a los pulmones.

El último siglo proporcionó numerosos ejemplos de sustancias químicas -para nombrar algunas tenemos al plomo, DDT (dicloro difenil tricloroetano) y PCBs (bifenilos policlorados)- que inicialmente fueron consideradas una bendición, pero más adelante mostraron efectos nocivos sobre el ser humano o la higiene ambiental que sobrepasaron sus ventajas, lo que nos muestra nuestra baja capacidad para controlar los productos que salen al mercado.

4. DAÑOS AL MEDIO AMBIENTE

Los peligros son casi los mismos: nanopartículas, buckyballs, y también la nanoplata. En sí nos referimos a dos problemas muy grandes: a los efectos biológicos y químicos de la gran exposición a las nanopartículas que tendrá el ser humano en un futuro muy cercano y a los escapes de éstas al medio ambiente, así como su circulación y concentración, que pueden representar un peligro para los organismos o los ecosistemas.

De hecho en una investigación realizada recientemente se ha descubierto que los **Fulerenos C60**, uno de los nanomateriales visto con mayor potencial induce estrés oxidativo en peces.

Los **buckyballs** derivados del carbono han demostrado que son absorbidos por los organismos simples, despertando inquietudes de que la toxicidad contamine la cadena alimentaria, dañando más sus niveles inferiores. Un equipo de la Purdue University en Indiana se enfocó en estos compuestos y los mezclaron con agua y octanol (que se asemeja a la grasa animal) y hallaron que las nanopartículas se acumulaban en la sustancia grasa en mayores concentraciones que el pesticida prohibido DDT, que también se junta en la grasa.

En el 2005, pruebas de laboratorio mostraron que eran tóxicas para las bacterias del suelo y otros estudios indicaron que podrían causar daño cerebral importante en los peces. Algunas investigaciones sugieren que los diminutos objetos tendrían efectos diferentes en el organismo que los cuerpos de mayor tamaño. No está claro si las *buckyballs* se descompondrán en el medio ambiente o si serán procesadas por el metabolismo animal, concluyó la Purdue University.

Las **nanopartículas** al ser desechadas pueden colapsar en ríos y vertederos y se pueden acumular posiblemente en cantidades tóxicas en el tejido graso de peces y otros animales, según el equipo en la revista *Environmental Science and Technology*, es así que se consideran extremadamente tóxicas para la fauna acuática ya que plantean claros riesgos para muchas especies así como para la cadena alimenticia global.

En un reciente artículo publicado en *Ecotoxicology*, se analizaron los trabajos anteriormente publicados sobre plantas, algas y hongos, llegando a la conclusión de que las nanopartículas pueden llegar a influir en el medio ambiente y alterarlo. Sin embargo,

reconocen que la actual falta de estudios no permite, por el momento, extrapolar los resultados obtenidos en laboratorio a nivel del ecosistema, ni tampoco prever a largo plazo los efectos de los nanomateriales en el medio ambiente.

La **nanoplata** es una sustancia altamente tóxica para la vida marina. Aunque la plata se considere un metal muy seguro para los seres humanos para los organismos acuáticos la situación es diferente. La nanoplata afecta al fitoplancton que se encuentra en la parte inferior de la cadena alimenticia, a invertebrados marinos y a peces con más impacto en los que todavía no se encuentran desarrollados. De esta manera la sobre exposición de animales a la nanoplata daña el ecosistema ya que tiene una gran capacidad de actuar recíprocamente con el ambiente.

Se ha comprobado también la capacidad de la nanoplata para romper, descomponer y lixiviar en circuitos de agua. Actualmente existen marcas deportivas que promueven prendas de vestir que contienen nanopartículas de plata para controlar el olor. En un estudio realizado se comprobó que estas prendas al ser lavadas pierden del 20% al 35% de su plata, e incluso prendas de otras marcas perdían la mitad de su contenido de plata al segundo lavado, drenándose estas directamente al ambiente. Muchos sistemas de agua todavía están recuperándose de los niveles de nitrato de plata introducidos al ambiente durante el siglo 20 por la industria de la fotografía, y sin darnos cuenta estamos contaminando nuestro propio ambiente con sustancias tóxicas mucho peores.

Pero la nanoplata no solo ataca a los animales o al agua, las plantas también son afectadas causando una reacción en cadena. Científicos han encontrado que la nanoplata tiene la capacidad de interactuar con ciertos organismos (algas) y esta interacción puede incrementar la liberación de iones de plata que son extremadamente tóxicos. La cuestión es saber qué cantidad de ellos llegará al medio ambiente, y como se comportarán una vez que se liberen.

Existen dos ejemplos claros de los daños al medio ambiente a causas de la nanotecnología.

El primero se debe al CFC, cuya fabricación fue prohibida por el **Protocolo de Montreal** porque destruye la capa de ozono, esto ha demostrado que las cadenas de reacción de lo nano pueden ser muy complejas. El segundo ejemplo es aun mas demostrativo sobre los destrozos causados por ciertas sustancias tóxicas, el caso ocurrió en Chile.

En febrero del 2004 empieza a funcionar una planta de celulosa en la provincia de Valdivia, Chile. A 30 kilómetros aguas abajo donde la planta descarga sus efluentes se encuentra un santuario de la naturaleza conocido mundialmente, lugar donde se hospedaban miles de cisnes de cuello negro. A pocos meses de estar funcionando la planta los cisnes empiezan a morir.

Es importante saber que la planta de celulosa de Valdivia utiliza el sistema de blanqueo con dióxido de cloro con tecnología finlandesa de última generación.

El Servicio Agrícola y Ganadero de Chile llevó a cabo un análisis de concentración de dioxinas y furanos policlorados en tejidos de cisnes de cuello negro (“Estudio sobre origen de mortandades y disminución poblacional de aves acuáticas en el Santuario de la naturaleza Carlos Anwandter en la provincia de Valdivia”). Este estudio se llevó a cabo por un laboratorio en EE UU, y los resultados fueron divulgados por la Universidad Austral de Chile el 18 de abril del 2005.

Los análisis muestran presencia de dioxinas y furanos policlorados. Cabe mencionar que estos análisis fueron hechos en muslos de los cisnes y no en tejidos grasos donde se sabe que las dioxinas tienden a concentrarse a mayor escala. O sea, que los niveles hallados de estas sustancias orgánicas persistentes altamente tóxicas, hubiesen sido aún más elevados si estos hubiesen sido analizados en tejidos grasos.

La planta de celulosa ha manifestado reiteradamente que el proceso de blanqueo con dióxido de cloro no genera dioxinas ni furanos. Las muertes de los cisnes demuestran todo lo contrario [2].

5. NANOTOXICOLOGIA

El conocimiento que poseemos acerca de las sustancias tóxicas actualmente conocidas no se pueden aplicar a la nanotecnología debido a que su tamaño les concede propiedades únicas. A consecuencia de esto se ha hecho indispensable el nacimiento de una disciplina que sea capaz de estudiar a los peligros de las sustancias nano.

Basados en esta nueva disciplina, un grupo de investigadores convocados por el gobierno de EUA, ha desarrollado una lista de la información crítica necesaria para una adecuada sistematización del conocimiento toxicológico de las nanopartículas, como a continuación se describe:

- Si se desea que las pruebas toxicológicas sean reproducibles y comparables, es necesaria una extensiva caracterización fisicoquímica, esto incluye, tamaño de partícula y su distribución, forma, área superficial, actividad catalítica y potencial redox, entre otras.
- Aunque muchas nanopartículas no sean tóxicas por sí mismas, se ha demostrado que tienen una gran afinidad por compuestos tóxicos, por lo que podrían servir por un lado de mecanismos de limpieza, pero por otro de acarreadores para éstos, por lo que es necesaria información a este respecto.
- Por su tamaño muchas de estas nanopartículas no pueden ser detectadas por los macrófagos, que son un tipo de células del sistema inmunológico, por lo que pueden entrar al sistema circulatorio, teniendo una elevada capacidad tóxica, así que debe obtenerse información relevante que relacione la forma y tamaño de las nanopartículas con su paso a través de las células.
- Las nanopartículas son capaces de aglomerarse, sobre todo a concentraciones altas, esto provoca un cambio importante

en sus propiedades fisicoquímicas, y por lo tanto toxicológicas. Saber si los aglomerados disminuyen o potencian la toxicidad es una pregunta que requiere responderse urgentemente.

- Muchas de las propiedades de las nanopartículas se deben a que por su reducido tamaño dejan expuesta una gran área superficial al ambiente, esta área no es necesariamente homogénea químicamente, en consecuencia su reactividad es diferente dependiendo del lugar específico de la nanopartícula, por lo que es necesario comprender el tipo de interacciones dependientes de la superficie.
- Por sus propiedades únicas, las nanopartículas interactúan con las biomoléculas también de forma única, esto incluye al ADN, colágeno y estructuras de membrana, etc. Las características y número de interacciones de este tipo deben de ser perfectamente comprendidas si se pretende avanzar en la comprensión de la toxicología a escala nanométrica.

La generación del conocimiento anteriormente descrito requiere además de un trabajo arduo, la aplicación de estrategias adecuadas y optimizar un conjunto de pruebas toxicológicas adecuadas sobre éste. Satisfacer estos requerimientos permitiría un rápido avance en la comprensión de la toxicología del mundo nanométrico [6].

6. NECESIDAD DE REGLAMENTACION

Lastimosamente las agencias reguladoras son lentas al valorar la aparición de la nanotecnología en el lugar de trabajo y en el hogar, así como en el ambiente. El problema principal se debe a la consideración de saber si los datos existentes de seguridad en productos que utilizan nanotecnología son suficientes o por el contrario se necesitan realizar más estudios.

Estas incertidumbres muestran inequívocamente la urgente necesidad de regular legalmente el uso de los nanomateriales. La propia Comisión Europea, en su reciente comunicado: *Aspectos reglamentarios de los nanomateriales*, admite que la aplicación de la legislación en este ámbito “debe perfeccionarse” a medida que se reduzca el “déficit de conocimientos” sobre sus riesgos.

“Lo cierto es que a medida que esa tecnología gana popularidad crecen los interrogantes entre los consumidores sobre la seguridad de sus materiales”, precisó Raymond David, gerente de toxicología para Norteamérica del grupo químico alemán BASF. La transnacional -que ya fabrica filtros solares, productos químicos para la construcción y polímeros que incorporan nanotecnología- se ha unido a DuPont, al Consejo Químico Americano y a otros grupos de la industria, para respaldar un informe recientemente publicado en el cual, el Consejo Nacional de Investigaciones pide que los países mejoren sus esfuerzos para garantizar la seguridad de las investigaciones sobre nanotecnología [3].

Pero nada está dicho, la regulación de la nanotecnología es muy pobre, siendo sujeta a los beneficios que grandes empresas que son los que hacen uso de estos nanomateriales y poniendo como excusa la poca investigación acerca de este tema.

7. CONCLUSIONES

Como se ha podido mostrar muchas investigaciones demuestran la toxicidad de la nanotecnología en el medio ambiente, animales y seres humanos pero todo esto solo es comienzo de largos estudios que nos podrían mostrar más de lo que esperamos pues la nanotecnología apenas está naciendo. Todo esto nos lleva a pensar que los beneficios no son nada en comparación con los daños que nos puede causar, por esto es necesario manejar la tecnología con ética y cuidado, así como generar marcos regulatorios que nos ayuden a controlar lo que se nos está por venir encima.

8. REFERENCIAS

- [1] Riesgos de la aplicación de la Nanotecnología - <http://buenasiembra.com.ar/ecologia/articulos/riesgos-de-la-aplicacion-de-la-nanotecnologia-586.html>
- [2] Nanotecnología: se multiplican las alertas sobre sus riesgos- http://www.rel-uita.org/nanotecnologia/nanotecnologia_se_multiplican_alertas.htm
- [3] Riesgos de la Nanotecnología - <http://soblog.lacotelera.net/post/2009/07/06/riesgos-la-nanotecnologia>
- [4] Los riesgos de la Nanotecnología- <http://www.nanotecnologica.com/los-riesgos-de-la-nanotecnologia/>
- [5] La Nanotecnología y sus riesgos: El nacimiento de la Nanotoxicología - <http://www.razonypalabra.org.mx/N/n68/10hreyes.html>
- [6] Science and Technology Committee, "Nanotechnologies and Food, House of Lords Media Notice," January 8, 2010, http://www.parliament.uk/parliamentary_committees/lords_press_notices/pn080110st.cfm
- [7] La nanotecnología trae riesgos al ser humano, al ADN y al ambiente - <http://www.argenpress.info/2010/10/proyecto-censurado-2011-17.html>