

NANOTECNOLOGÍA Y PREVENCIÓN NANOTECHNOLOGY AND PREVENTION

Daisy Gambino Nodarse ¹

RESUMEN

El siglo XXI está siendo testigo de una nueva revolución científica e industrial de la mano de la nanotecnología, la manipulación de la materia a escala de átomos. Ésta, como tecnología 'emergente', ha despertado grandes expectativas. Algunos países en vías de desarrollo ya destinan importantes recursos a la investigación en nanotecnología. Por el momento, es difícil valorar con certeza el peligro de cada uno de los tipos de nanopartículas para el ser humano. Por ello, la experiencia del pasado impone adoptar el principio de precaución.

Palabras clave: nanotecnología, prevención, riesgos laborales

ABSTRACT

XXI century is being witness of a new scientific and industrial revolution with the nanotechnology: matter manipulation on atomic scale. This one, as an emergent technology, wakes up large expectations. Some countries are assigning important resources for research in nanotechnology. At present it is difficult to evaluate certainly the risk represented by each type of nanoparticles to the human being. For that reason, the past experience imposes to take precautions.

Key words: nanotechnology, prevention, occupational risks

INTRODUCCIÓN

Hoy la nanotecnología ha revolucionado al mundo, como lo hicieron en su época otras tecnologías que son ya historia en nuestro diario quehacer. Así escuchamos términos tales como nanociencias, nanoescala, nanopartículas.

Nuevas formas científicas que permiten la manipulación de sustancias en la escala de los átomos construyen la brújula de los descubrimientos futuros. En 1974 el japonés Norio Taniguchi acuñó el término, le llamó nanotecnología.

El prefijo 'nano', del latín 'nanus', alude a la mil millonésima parte del metro, un tamaño tan diminuto que el hombre solo podría compararlo en su imaginación al grosor de un cabello dividido 100 000 veces. Del premio Nobel de Física Richard Feynman surgió la inquietud. En 1959 impartió una conferencia donde afirmó que los principios de la Física no hablaban en contra de la posible manipulación de los objetos átomo a átomo. Había, tal y como veía el asunto, 'suficiente espacio en el fondo' ¹.

En la nanoescala -entre uno y cien nanómetros- la materia adquiere nuevas propiedades: aparecen efectos cuánticos, la termodinámica se altera, la reactividad química se modifica, la superficie gana importancia cuanto más pequeño se hace el material ².

La nanotecnología ha sido definida como la ciencia dedicada a la fabricación de tecnología en miniatura. Su característica fundamental es que constituye un ensamblaje interdisciplinario de varios campos de las ciencias naturales que están altamente especializados, tales como la química, la biología molecular, la física, la electrónica, la informática, las matemáticas y la bioquímica ³.

La nanotecnología es una poderosa fuerza de transformación económica, social y ambiental en el mundo moderno. La relación del hombre con su ambiente no escapa de esta nueva tecnología.

Por otra parte, el desarrollo social ha implicado a través de la historia de la humanidad mayor exposición a riesgos. En la nanotecnología también están presentes riesgos y beneficios. Así, mientras algunos temen por la destrucción de la humanidad, otros, por el contrario, abogan por sus beneficios. Lo que sí debemos tener claro es que las medidas de prevención no deben olvidarse.

En Cuba se están desarrollando investigaciones en ese campo. Ya desde el año 2001 se realizan talleres de nanociencias y nanotecnología, y se trabaja en el Observatorio Cubano de Ciencia y Tecnología del Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente (CITMA) sobre este tema ⁴.

Con estos antecedentes es que nos motivamos para tener una aproximación a estos nuevos aspectos.

DESARROLLO

En los últimos años, la nanotecnología se ha convertido en uno de los campos frontera en física, química, biología e ingeniería. Un análisis compartido por numerosos expertos y agencias de investigación, la muestra como una ciencia muy prometedora que traerá, en un futuro cercano (2015-2030), un desarrollo que será capaz de cambiar la orientación de muchos avances tecnológicos con aplicación en gran variedad de áreas del conocimiento. Algunos ejemplos concretos se refieren a la producción de materiales

¹ Médico especialista de I grado en Medicina del Trabajo, Máster en Bioseguridad, Profesora Asistente. Hospital docente clínico quirúrgico 'Dr. Salvador Allende', La Habana, Cuba

Correspondencia:

Dra. Daisy Gambino Nodarse
Hospital docente clínico quirúrgico 'Dr. Salvador Allende'
La Habana, Cuba

más resistentes y ligeros, a incrementar la capacidad de almacenamiento magnético, disminuir el tiempo en el que los fármacos llegan al torrente sanguíneo o aumentar la velocidad de los componentes electrónicos de nuestros ordenadores.

Aproximadamente desde 1996, comenzó a utilizarse de forma más o menos generalizada la denominación de nanotecnología, aunque la base científica de la misma ha existido desde que hay vida en la Tierra.

Con una sugerente pregunta, Feynman abrió un mundo de posibilidades: ¿por qué no es posible escribir los 24 volúmenes de la Enciclopedia Británica en la cabeza de un alfiler? Minutos después Feynman reflexionaba: “*Los principios de la física, tal y como yo lo veo, no impiden la posibilidad de manipular las cosas átomo a átomo*”. Nuevas técnicas de microscopía electrónica, ordenadores miniaturizados, reordenamiento a escala atómica, la biología como modelo de sistemas inorgánicos... Todas estas ideas están incluidas en la charla de Feynman decenas de años antes de que el término nanotecnología fuese acuñado y de que ese desarrollo fuera realidad. En la actualidad se avanza con rapidez en nuevo desarrollo que supone un desafío y un cambio en el paradigma científico².

Debido al fuerte impacto de la nanotecnología y sus aplicaciones en las ciencias, se ha dicho que están destinadas a cambiar el mundo.

Las investigaciones tienen un espectro amplio, como lo es la aplicación en cerámica, cristalería, electrónica, sensores, química, medicina y muchas otras. La nanotecnología creará nuevos productos y, además, podrá reemplazar algunos existentes.

Específicamente en el área de la salud, se han publicado resultados asociados a la obtención de nuevas formulaciones que emplean estas estructuras.

Feynman previó el impacto que pudiera tener nuestra capacidad de manipular los átomos de la manera que queramos; él decía: ‘no me cabe duda que cuando tengamos algún control de las disposiciones de cosas a pequeña escala, obtendremos un espectro enormemente mayor de posibles propiedades que las sustancias puedan tener’⁴.

Hoy en día la medicina tiene más interés en la investigación en el mundo microscópico, ya que en él se encuentran posiblemente las alteraciones estructurales que provocan la enfermedad, y no hay que decir de las ramas de la medicina que han salido más beneficiadas, como es la microbiología, la inmunología y la fisiología.

Con todos estos avances han surgido nuevas ciencias, como por ejemplo, la ingeniería genética, que hoy en día es discutida debido a repercusiones significativas como la clonación o la mejora de especies.

Algunos países en vías de desarrollo ya destinan importantes recursos a la investigación en nanotecnología. La nanomedicina es una de las áreas que más puede contribuir al avance sostenible del Tercer Mundo, proporcionando nuevos métodos de diagnóstico y cribaje de enfermedades, mejores sistemas para la

administración de fármacos y herramientas para la monitorización de algunos parámetros biológicos.

Por el momento, es difícil valorar con certeza el peligro que representa de cada uno de los tipos de nanopartículas al ser humano³.

La introducción y desarrollo de esta nueva tecnología, por supuesto, no están exentos de crítica. Una de las mayores críticas a la nuevas tecnologías parte del hecho de que no se conocen a ciencia cierta los riesgos que causan entre la población, y sí existen estudios con animales de laboratorio que indican posibles efectos muy graves a corto plazo.

La experiencia del pasado -con las oleadas de innovación química, nuclear, microelectrónica y biotecnológica- indica que el momento para tratar de encauzar el desarrollo de la nanotecnología -con un amplio debate social y el desarrollo de normativa específica basada en el principio de precaución- es ahora. Y como plantea Cremades: ‘*ahora*’ quiere decir antes de dar el salto desde los laboratorios a la producción masiva².

La nanotecnología -como conjunto de técnicas que permiten crear o manipular partículas ultrafinas de tamaños comparables a los de los virus, menores que 100 nanómetros para aplicaciones industriales- ya está entrando en los entornos laborales de los países más industrializados. Sin embargo, aún no existe una normativa específica que limite ni la producción, ni la incorporación a procesos productivos, ni la exposición laboral a las nanopartículas⁵. Esto quiere decir que nos adentramos en nuevos territorios, también en lo que a riesgos se refiere.

Las propiedades de estas novedosas nanopartículas y nanoestructuras son todavía, en gran parte, desconocidas. Ahora bien, se conjetura que con algunas de estas propiedades (por ejemplo la superficie altamente reactiva de los nanomateriales y su habilidad para atravesar membranas) podría vincularse un grado potencialmente elevado de toxicidad. Creemos que hay razones para inquietarse⁶.

El actual desconocimiento sobre los efectos de las nanopartículas, como principal fundamento de la acción preventiva en el entorno laboral, hace que el trabajo que se está desarrollando atente contra la salud de los trabajadores, ya que científicamente no puede darse explicación de sus efectos a partir de los conocidos en esos materiales a mayor tamaño. Tal y como plantea Narocki en su artículo de Dapnia, “*para ninguna nanopartícula se ha establecido científicamente que la absorción de dosis muy bajas sea inocua*”⁵.

Se han realizado estudios por entidades gubernamentales, como la National Science Foundation (EE.UU.), la Comisión Europea, la Royal Society (RU) y la ETCGroup (Canadá), que apuntan a la necesidad de incorporar desde el inicio investigaciones que tengan en cuenta los aspectos sociales, económicos, ambientales, políticos y éticos a la hora de introducir la nanotecnología en nuestras sociedades⁷.

El Instituto Nacional para la Seguridad y Salud Ocupacional (NIOSH) de los EE.UU. continúa reali-

zando investigaciones para determinar si las nanopartículas constituyen una amenaza de salud para los trabajadores expuestos. Los estudios de laboratorio en animales han demostrado que ciertos tipos de nanopartículas, cuando son inhaladas, pueden llegar a la sangre, al cerebro y a otros órganos de estos animales. Algunos estudios han mostrado efectos adversos como inflamación y fibrosis en los pulmones y otros órganos de los animales de laboratorio.

Se considera que los incendios y las explosiones son los principales riesgos asociados a las nanopartículas en el lugar de trabajo.

Los trabajadores pueden estar expuestos a través de tres vías:

1. Inhalación: se considera la ruta más común de exposición.
2. Ingestión: los trabajadores pueden resultar expuestos por el contacto involuntario entre las manos contaminadas y la boca, o por la ingestión de partículas procedentes del aparato respiratorio.
3. Piel: algunos estudios indican que las nanopartículas pueden penetrar la piel. Esta posibilidad está siendo investigada.

Hay varios factores que afectan la exposición de los trabajadores a las nanopartículas, como son:

- La concentración, la duración y la frecuencia de la exposición.
- La capacidad que tienen las nanopartículas de dispersarse fácilmente como polvo (por ejemplo, en forma de talco) o como gotas o aerosoles de transmisión aérea, que pueden causar una mayor exposición en los trabajadores.

Es por esto que los empleadores deben usar controles técnicos para reducir la exposición de los trabajadores a las nanopartículas. Estos controles incluyen la contención de la fuente (aislamiento del trabajador de la fuente que genera la exposición) y sistemas locales de ventilación por aspiración. Deben tenerse en cuenta, además, el uso de respiradores.

No debe olvidarse la capacitación de los trabajadores, ya que para reducir la exposición laboral, deben aprender a manipular en forma segura las nanopartículas, usar el equipo de protección personal, disponer de la ropa de trabajo adecuada, limpiar las superficies contaminadas y eliminar las nanopartículas derramadas.

En el ámbito internacional no se han establecido normas de exposición a las nanopartículas, por lo cual debe recomendarse adoptar una posición prudente en la fabricación y el uso de nanopartículas en la industria⁸.

El rápido crecimiento de la nanotecnología registrado mundialmente a partir de los años ochenta, ha llevado a los países más industrializados a invertir cifras millonarias (y crecientes cada año) en las activi-

dades públicas y privadas de investigación y desarrollo en esta temática.

El avance de la nanotecnología en Iberoamérica es de un desarrollo desigual. España y Brasil son los pioneros y actualmente los líderes de la producción científica y desarrollo tecnológico en nanotecnología. Portugal, México y Argentina constituyen un segundo bloque con rasgos semejantes entre sí. Los restantes países presentan una producción marcadamente más reducida. El desempeño de España se destaca especialmente por su fuerte presencia⁹.

El Observatorio Iberoamericano de Ciencia y Tecnología reconoce a Cuba en el lugar sexto en producción de artículos científicos, y se plantea que Cuba es un caso *sui generis* en el tercer mundo por su capacidad de formación de recursos humanos.

Cuba realmente está empezando; entre los sectores fundamentales hacia donde apuntan los esfuerzos está el farmacéutico, por todo el desarrollo alcanzado en biotecnología. Además, el área de la energía resulta otra donde la isla puede intervenir y tener un impacto económico y social importante. Su importancia queda recogida en la resolución rectoral dada a conocer en el marco de la oficialización del Colegio de Nanotecnología de la Universidad de La Habana (NanoUH)¹⁰.

Para Cuba, su desarrollo es muy estratégico, no solo por los dividendos que pudiera dar en sectores como la biotecnología o la energía, sino porque en el futuro inmediato será imprescindible saber cómo están hechas las tecnologías que compramos, los medicamentos, la ropa, incluso los alimentos, sectores donde hoy comienza a involucrarse la nanotecnología¹¹.

En fin, podemos preguntarnos: ¿en estos momentos ya está la sociedad preparada para una revolución tecnológica de semejante envergadura?

BIBLIOGRAFÍA

1. Nanotecnología desde Cuba. Portal Cuba [sitio en Internet]. [Citado 2 Dic 2009]. Disponible en: http://www.cuba.cu/noticia.php?archivo_noticia&id=1020.
2. Cremades A. Una nueva ciencia. Nanotecnología. Revista Electrónica Daphnia n° 46. España; 2008. [Citado 2 Dic 2009]. Disponible en: <http://www.istas.net/web/daphnia.asp?articulo=821>.
3. Nanotecnología. Wikipedia, La Enciclopedia Libre [sitio en Internet]. [Citado 2 Dic 2009]. Disponible en: <http://es.wikipedia.org/wiki/Nanotecnolog%C3%ADA>.
4. Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente: Elementos iniciales para el análisis sobre la nanotecnología en Cuba. Proyecto de Nanotecnología. Cuba; 2002.
5. Narocki C. Las nanotecnologías, ¿luz roja en los ambientes laborales? Revista Electrónica Daphnia n° 46. España; 2008. [Citado 2 Dic 2009]. Disponible en: <http://www.istas.net/web/daphnia.asp?articulo=826>.

6. Riechmann J. Nanomundos, multiconflictos. Revista Electrónica Daphnia n° 46. España; 2008. [Citado 2 Dic 2009]. Disponible en: <http://www.istas.net/web/daphnia.asp?articulo=822>.
 7. Roberto P. Nanotecnología y sociedad: un desafío para todos. Revista Electrónica Daphnia n° 46. España; 2008. [Citado 6 Dic 2009]. Disponible en: <http://www.istas.net/web/daphnia.asp?articulo=82>.
 8. National Institute for Occupational Safety and Health. Prácticas de seguridad para el uso de la nanotecnología en el lugar de trabajo. Publicación de DHHS n° 2008-112. Cincinnati: NIOSH; 2008.
 9. OEI. La nanotecnología en Iberoamérica. Situación actual y tendencias; 2003.
 10. Diario Granma. La Habana, 11 de febrero de 2009. Año 13 / Número 42.
 11. Nanotecnología: La inmensidad de lo pequeño. Diario Juventud Rebelde. La Habana, 20 de diciembre del 2009.
-

Recibido: 23 de enero de 2010

Aprobado: 1° de marzo de 2011