

FICHA INFORMATIVA: TRABAJO CON NANOMATERIALES
ENERO 2025

RIESGOS DE LA MANIPULACIÓN DE NANO MATERIALES

Los efectos toxicológicos de los nanomateriales en el organismo dependen principalmente de los siguientes factores:

1. Factores relacionados con la exposición: vías de entrada en el organismo, duración y frecuencia de la exposición y concentración ambiental.
2. Factores relacionados con el trabajador expuesto: susceptibilidad individual, actividad física en el lugar de trabajo, lugar de depósito y ruta que siguen los nanomateriales una vez que penetran en el organismo.
3. Factores relacionados con los nanomateriales: toxicidad intrínseca del mismo.

FACTORES QUÍMICOS	
Composición química	<p>En general, cuanto más tóxico sea el material en la escala no nano, mayor será también su toxicidad a tamaño nanométrico.</p> <p>Además, la presencia de otros compuestos químicos adheridos a la superficie, tales como impurezas de síntesis, puede afectar a la toxicidad. Por ejemplo: los nanotubos de carbono de pared simple, que contienen más de un 20% en peso de hierro, inducen una inflamación pulmonar mayor que si están purificados¹³.</p>
FACTORES QUÍMICOS	
Solubilidad en fluidos biológicos	<p>Dependiendo de su composición química algunas nanopartículas pueden disolverse más rápidamente que otras en los fluidos biológicos. Al disolverse se pierde la estructura del nanomaterial y las propiedades toxicológicas específicas de estos, siguiendo entonces consideraciones toxicológicas similares a las de cualquier otro contaminante con efectos sistémicos.</p> <p>Las nanopartículas insolubles o poco solubles en los fluidos biológicos mantendrán las características toxicológicas relacionadas con su forma nano. Por este motivo, las partículas de mayor interés son las insolubles o poco solubles ya que serán las de mayor peligrosidad.</p>
FACTORES FÍSICOS	
Tamaño y área superficial específica	<p>A medida que el tamaño de la partícula disminuye, se produce un aumento considerable del área superficial por unidad de masa y del número de átomos en su superficie, lo cual conlleva a una mayor reactividad de la partícula.</p>
Forma	<p>En general se asume que la toxicidad parece ser mayor para nanomateriales de forma tubular o de fibra, seguida de los de forma irregular y, por último, de los de forma esférica¹⁴.</p>
Estructura cristalina	<p>Las distintas estructuras cristalinas de un nanomaterial pueden tener diferentes comportamientos toxicológicos.</p>
Estado de aglomeración	<p>Cuando las partículas forman aglomerados o agregados, puede variar el lugar de depósito en el tracto respiratorio así como su toxicidad, al crearse estructuras de mayor tamaño relativamente compactas con un área superficial próxima o menor que la suma de las áreas superficiales de los componentes individuales.</p>

A: Protecciones colectivas para trabajo con nanomateriales:

Algunas de las medidas que se pueden plantear cuando se diseña el proceso son:

- Limitar las cantidades de nanomaterial.
- Disminuir la liberación del nanomaterial: reduciendo los procesos abrasivos, trabajando a presiones más bajas, empleando temperaturas medias.
- Manipular los nanomateriales en forma de suspensión líquida, en gel, en forma de agregados o aglomerados, en pastillas o en disolución, en lugar de “en polvo”.
- Diseñar procesos cerrados, evitando la carga y descarga manual y el transporte del nanomaterial a lo largo del proceso.
- Minimizar la cantidad de nanomaterial particulado en uso en un momento dado.
- Aislar y automatizar los procesos utilización que puedan suponer liberación de nanomateriales.
- Utilizar vitrinas de gases con aislamiento por cortina de aire ya que el comportamiento de contención es mejor.
- Emplear sistemas de recolección por filtración con filtros de alta eficacia HEPA de clase H14 o ULPA.

B. Equipos de protección individual para trabajo con nanomateriales:

1. Media máscara tipo 3M™ Serie 7500 Máscara reutilizable + filtros P3. Fundamental que sean P3.

Tener en cuenta el tamaño adecuado para cada trabajador ya que hay tres tipos de medidas. 3M™ 7501 – Talla pequeña (azul claro) 3M™ 7502 – Talla mediana (azul) 3M™ 7503 – Talla grande (azul oscuro).

2. Los guantes seleccionados deben cumplir los requisitos de la norma EN 374.

Se sabe que los guantes de látex, nitrilo, o neopreno son eficaces para la manipulación de nanomateriales. Doble guante si se trabaja con nano tipo fibra por ejemplo nanotubos de carbono.

Tener en cuenta la zona de la piel expuesta entre la bata y el guante, siendo necesario un guante de empuñadura más alta o colocar cinta americana entre el guante y bata.

3. Bata de polietileno de alta densidad Tipo 6, con cambios periódicos.

Este tipo de batas son las adecuadas para trabajo con nanomateriales (de cualquier tipo). Las de algodón NO son adecuadas para trabajo con nanomateriales.

4. Uso obligatorio de gafas de seguridad.

C. Pautas de trabajo en el laboratorio

Algunas normas de trabajo como las que se detallan a continuación pueden ayudar a minimizar la exposición a nanomateriales:

- o Orden y limpieza
- o Buenas prácticas de laboratorio.
- o No guardar o consumir comida y bebidas en el puesto de trabajo, siguiendo unas estrictas medidas de higiene personal.
- o Separar las zonas de trabajo.
- o Restringir la entrada al área de trabajo sólo a personal autorizado.
- o Señalizar.
- o Garantizar la limpieza de la ropa de trabajo.
- o Quitarse la ropa de protección o batas para acceder a otras áreas de trabajo como administración, cafetería, sala de relax, etc.
- o Reducir el tiempo de exposición.
- o Emplear los EPI's establecidos.
- o Lavarse las manos después de quitarse los guantes y antes de salir del laboratorio.
- o El personal deberá evitar tocarse la cara u otras partes del cuerpo expuestas con los dedos contaminados. El uso de EPI, como máscaras, puede ayudar a evitar el potencial de transferencia de los nanomateriales. La exposición por ingestión puede ser consecuencia del contacto entre mano y boca por tanto todas las estrategias para reducir la exposición dérmica también reducirán la exposición por ingestión.
- o Recomendar el trabajo siempre en forma de suspensión líquida, en gel, en forma de agregados, aglomerados o en pastillas.
- o Limpiar regularmente las zonas de trabajo y como mínimo al final de la jornada laboral, tanto el suelo como las superficies de trabajo con medios húmedos (bayeta húmeda) o con aspiración de alta eficacia. Evitar aire comprimido cepillos, escoba...
- o Si no es posible conseguir un cerramiento completo para el área de trabajo se pueden emplear sistemas de extracción localizados, habilitando recintos o cabinas de presión negativa equipadas con ventilación de extracción localizada. Como última alternativa se sugiere utilizar durante estas manipulaciones vitrinas de gases o dispositivos de flujo laminar.

D. Información. EFECTOS SOBRE LA SALUD

Los datos científicos de los efectos sobre la salud y seguridad de los nanomateriales sobre los trabajadores son escasos. Por ello, se ha de considerar si la partícula nanométrica supone un riesgo diferente al de las partículas de la misma composición de tamaño no nano.

Conforme disminuye el tamaño de las partículas, aumenta el área superficial específica y por tanto su reactividad. Debido a este aumento, las partículas de tamaño nanométrico pueden ocasionar en el organismo efectos adversos para la salud diferentes a los ocasionados por las partículas de tamaño no nano a igual composición química, ya que pueden interactuar en el organismo de forma diferente.

Si las nanopartículas presentan propiedades físico-químicas nuevas a diferencia de las mismas partículas de mayor tamaño, existe la posibilidad de que esto vaya acompañado de nuevas propiedades toxicológicas.

Por tanto, los riesgos asociados a los nanomateriales van a estar principalmente relacionados con el tamaño de partícula.

Algunas de las propiedades toxicológicas de los nanomateriales, son:

1. **Translocación:** Dada su dimensión nanométrica, los nanomateriales pueden alcanzar partes de los sistemas biológicos que no son normalmente accesibles a partículas más grandes. Esto incluye una mayor posibilidad de atravesar los límites celulares, o de pasar desde los pulmones a la corriente sanguínea y desde aquí a todos los órganos del cuerpo, o incluso a través de su deposición en la nariz, de pasar directamente al cerebro. Este proceso se conoce como translocación y, en general, los nano-objetos pueden translocarse mucho más fácilmente que otras estructuras mayores.
2. **Toxicidad:** los nano-objetos tienen un área superficial mucho mayor que la misma masa de partículas grandes. En la medida en que el área superficial es un factor de toxicidad, esto implica claramente un posible aumento de los efectos tóxicos de las partículas a escala nanométrica.
3. **Biospersistencia:** algunos nano-objetos (por ejemplo, los nanocables), muestran una elevada ratio de aspecto biopersistente, con similar morfología y durabilidad que las fibras de amianto, por lo que es probable que persistan en los pulmones si son inhalados, causando inflamación y en último término enfermedad.
4. **Solubilidad:** la reducción de tamaño en algunos nano-objetos se ha demostrado relacionada con un aumento de la solubilidad. Este efecto podría conducir a un aumento de la biodisponibilidad de materiales que se consideran insolubles o poco solubles en el tamaño de partícula grande.

Los efectos toxicológicos de los nanomateriales en el organismo dependen principalmente de:

1. **Factores relacionados con la exposición:** vías de entrada en el organismo, duración y frecuencia de la exposición y concentración ambiental.

- 2.

Las vías de entrada en el organismo, pueden ser:

- La vía inhalatoria: es la principal vía de entrada de los nanomateriales en el organismo, como lo es en general para la gran mayoría de los agentes químicos, y desde el punto de vista de salud laboral, es la más preocupante. Dependiendo de su tamaño, forma y composición química, son capaces de penetrar y depositarse en los diferentes compartimentos del aparato respiratorio.

- La vía dérmica: es una posible vía de entrada de los nanomateriales en el organismo. Los factores a considerar son la zona y las condiciones de la piel expuesta, así como las propiedades fisicoquímicas del nanomaterial.

- La vía digestiva es la vía de entrada menos probable y principalmente está asociada a la falta de medidas higiénicas durante la manipulación de nanomateriales.

3. Factores relacionados con el trabajador expuesto: susceptibilidad individual, actividad física en el lugar de trabajo, lugar de depósito y ruta que siguen los nanomateriales una vez que penetran en el organismo.

4. Factores relacionados con los nanomateriales: toxicidad intrínseca del mismo.

La información de la que se dispone sobre los efectos de los nanomateriales para la salud del ser humano es limitada. Los estudios realizados, indican que los efectos más importantes sobre la salud se han observado en los pulmones. El sistema cardiovascular también puede verse afectado. Además, los nanomateriales pueden alcanzar otros órganos y tejidos, como son, el hígado, los riñones, el corazón, el cerebro, el esqueleto y diversos tejidos blandos.

El Comité Científico de los Riesgos Sanitarios Emergentes y Recientemente Identificados (CCRSERI) determinó que existen riesgos comprobados para la salud vinculados a varios nanomateriales manufacturados. Sin embargo, no todos los nanomateriales ejercen necesariamente un efecto tóxico, y conviene adoptar un enfoque de actuación «caso por caso» al respecto.

Fuentes: Seguridad y salud en el trabajo con nanomateriales Autor: Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT).