

Desde el Volumen 11, Número. 21, correspondiente al año 2024, la licencia CC BY-NC 4.0 sustituye a la empleada en los números anteriores, a saber, CC BY-NC-SA 4.0

## Nanoproductos y diseño industrial: oportunidades y riesgos ambientales

## Nanoproducts and industrial design: environmental opportunities and risks

D.I Cyntia Molina Gamonal (\*)  
cmolinagamonal@gmail.com  
ORCID: 0009-0007-3872-0627  
Instituto Superior de Diseño  
Universidad de La Habana  
Cuba

MSc. Antonio José Berazain Iturralde  
antonioberazain@gmail.com  
ORCID: 0000-0002-3961-8452  
Instituto Superior de Diseño  
Universidad de La Habana  
Cuba

Autor para correspondencia (\*)

### RESUMEN

La Nanociencia y la Nanotecnología están experimentando un impetuoso desarrollo que abarca todas las esferas de la actividad humana incluyendo el diseño industrial. Existen nanoproductos con prestaciones superiores a los productos convencionales que abren nuevas posibilidades a los proyectos de diseño con una reducción del impacto ambiental. También productos basados en nanomateriales contribuyen a la conservación del entorno en temas vitales como la contaminación del aire o el agua. Sin embargo, junto a estos beneficios que ofrece la nanotecnología existen riesgos que amenazan tanto al medio ambiente como a la salud de los seres vivos incluyendo al hombre. El presente trabajo muestra esta conexión de ventajas y desventajas y algunas de las medidas para evadir los peligros potenciales.

**Palabras claves:** diseño industrial, nanomateriales, nanoproductos, medio ambiente

### ABSTRACT

*Nanoscience and Nanotechnology are experiencing rapid development that covers all spheres of human activity, including industrial design. There are nanoproducts with superior performance than conventional products that open new possibilities for design projects with a reduction in environmental impact. Products based on nanomaterials also contribute to the conservation of the environment in vital issues such as air or water pollution. However, along with these benefits offered by nanotechnology, there are risks that threaten both the environment and the health of living beings, including humans. The present work shows this connection of advantages and disadvantages and some of the measures to evade potential dangers.*

**Keywords:** industrial design, nanomaterials, nanoproducts, environment

Recibido: 10 / 04 / 2024

Aceptado: 14 / 08 / 2024

## INTRODUCCIÓN

El desarrollo de una sociedad guarda estrecha relación con su facultad de apropiarse de manera efectiva y responsable de los avances de la ciencia. La historia muestra que en el nacimiento de una nueva tecnología se avizoran primero las ventajas y solo después los riesgos (Desdín et al 2014).

La nanotecnología no ha sido la excepción, que de forma vertiginosa ha pasado de ser un asunto de laboratorio a una presencia cada vez más significativa en la vida cotidiana, desde dispositivos nanoelectrónicos en el hardware de una laptop hasta ingredientes del fármaco que puede curar una enfermedad. En ese amplio espectro en que deja su impronta se incluye, como es de esperar, al diseño industrial. Hoy se cuenta con nanoproductos con prestaciones superiores a sus homólogos convencionales que permiten dotar a los proyectos de diseño de una mayor calidad (Molina & Berazaín, 2024).

Cuando un nanoproducto destaca por el mejor cumplimiento de su función y que al mismo tiempo pueden cumplir varias funciones de igual número de productos no nano, contribuye favorablemente a la conservación del medio ambiente, en tanto aumenta el ciclo de vida del objeto diseñado y reduce el consumo de energía, materiales y empaques.

Por otro lado, existen nanoproductos dirigidos a la remediación de graves problemas ambientales como pueden ser la contaminación del aire o del agua, mostrando así una arista amigable con el entorno del desarrollo nanotecnológico (Herrera & Michelena, 2023).

Desafortunadamente, las mismas propiedades que dotan a los nanomateriales de su potencial para mejorar el nivel de vida y la conservación del medio ambiente, son factores de riesgo para el entorno y los seres vivos (Delgado 2006, Desdín 2014).

Esta relación de oportunidades y riesgos despierta preocupación y ocupación no solo por parte de la

comunidad científica, sino de la sociedad en general. Hay incertidumbre sobre el alcance de estas amenazas, las regulaciones legales aún son insuficientes, pero el afán de superarlas se impone. El avance en lo que se ha dado a llamar la nanotecnología verde bajo la mirada de la nanoseguridad es un ejemplo (Mendoza & Meraz 2012).

Por tanto, es pertinente en el ámbito del diseño industrial, mostrar las oportunidades que los nanoproductos ofrecen a los proyectos y a la conservación del medio ambiente, al tiempo de conocer los riesgos que pueden entrañar y las medidas para minimizarlos.

## DESARROLLO

### I Nanoproductos y diseño industrial

De acuerdo con la Royal Society, la nanotecnología trata del diseño, caracterización, producción y aplicación de estructuras, dispositivos y sistemas mediante el control de las dimensiones y la forma a escala nanométrica (The Royal Society & The Royal Academy of Engineering, 2004).

Ligado al concepto de nanotecnología está el de nanociencia, campo del saber dedicado al estudio de los fenómenos y la manipulación de los materiales a escala atómica, molecular y macro molecular donde las propiedades difieren significativamente de aquellas que exhiben a gran escala debido a la aparición de los efectos cuánticos. (Goddard 2003).

Se considera como nanomaterial a una amplia gama de materiales que difieren en composición y propiedades, pero que poseen la característica común de que al menos una dimensión externa de todas o parte de las partículas que los constituyen sea inferior a 100 nanómetros (Vollath, 2013).

Los nanomateriales se clasifican de acuerdo a sus dimensiones. Estas se denominan como OD, 1D y 2D. (Cruz 2023, Desdín et al, 2014).

Las partículas OD comprenden estructuras cristalinas que pueden considerarse puntuales, como nanopartículas de semiconductores (puntos

cuánticos), nanopartículas metálicas o la molécula  $C_{60}$  conocida como fullereno. Los materiales 1D tienen dos dimensiones en la nanoescala. Ejemplo de ellos son los nanotubos de carbono, nanofibras o nanohilos. Y en cuanto a la categoría de 2D, solo tienen una dimensión nanométrica, son nanocapas donde resalta el grafeno.

Nótese que destacan las formas alotrópicas del carbono, una familia de nanomateriales en la que se encuentran los fullerenos, los nanotubos de carbonos y el grafeno. Este último, está llamado a ser, dadas sus propiedades mecánicas, eléctricas y térmicas, el material del futuro.

La disminución del tamaño de un material hasta el nivel nanométrico (10<sup>-9</sup> m) lleva consigo una modificación muy profunda en sus propiedades que conduce a la aparición de una serie de comportamientos singulares que no se encuentran en el material macroscópico (Díaz et al 2014). Cambian sus propiedades mecánicas, eléctricas, térmicas, ópticas o magnéticas. El hecho de que aumente el área superficial con relación al volumen proporciona una mayor reactividad y capacidad de interacción.

Ya sea como nanopartículas, nanofibras, nanohilos o nanotubos, manipulados como aditivos, los nanomateriales permiten modificar las propiedades de los materiales establecidos, ya convertidos en materiales nanoestructurados, mejorando sus prestaciones en cuanto a resistencia mecánica respecto al peso; y superficies resistentes al agua o a la radiación ultravioleta (Molina & Berazaín, 2024).

Los nanoproductos son productos a los cuales se le incorporan nanomateriales durante su fabricación (Mendoza & Meraz 2012). Sus aplicaciones abarcan esferas como la informática, las telecomunicaciones, la industria médica y farmacéutica, la automotriz, la biotecnología, la mecánica, la aeroespacial, la textil, la construcción, la cosmética, el deporte, la energía y la electrónica (Barrueta & Berazaín 2016, Urquilla 2019).

En la actualidad se dispone de un mercado de nanoproductos con prestaciones únicas, que permiten elevar la calidad de los proyectos de diseño

industrial. En lo fundamental, aparecen como materiales estructurales (nanocompuestos) o materiales funcionales (nanorecubrimientos) (Molina & Berazaín, 2024). Se encuentran nanorecubrimientos para el acabado de productos con propiedades anticorrosivas, hidrófobas, autolimpiables, antibacterianas, antideslizantes o ignífugas. De igual forma, existen nanocompuestos con propiedades mecánicas sobresalientes (resistencia mecánica, ligereza y flexibilidad) u otras (aislante térmico y acústico) (Findik, 2021).

## II Nanoproductos y la protección del medio ambiente

La relación de los nanoproductos con la protección y conservación del medio ambiente puede verse de forma indirecta o de manera explícita.

Cuando un nanoproducto cumple varias funciones donde antes se requerían varios productos convencionales; o porque sus prestaciones le permiten cumplirlas de manera superior, hay una incidencia positiva a favor del medio ambiente en tanto se optimizan materiales, empaques, transportes, etc.

De igual modo, si la aplicación del nanoproducto implica una mayor durabilidad de determinado objeto, lo cual alarga en el tiempo su reposición por cumplir su ciclo de vida útil, hay una disminución del impacto ambiental. Veamos algunos ejemplos.

El nanocompuesto Nansulated®, no solo incrementa la capacidad de aislamiento térmico, sino que además es anticorrosivo y fungicida, concentrando funciones que antes cumplían varios productos diferentes en un mismo producto. NanoSphere® es un nanoproducto que se añade a los textiles con funciones de autolimpieza, repulsivo al agua, resistente a la abrasión y optimizando el desempeño al lavarse, con ahorro de agua y energía (Urquilla 2019).

El aditivo Nanoprene añadido a la llanta de los automóviles para hacerlas más resistentes, en donde se utilizan las mismas materias primas producidas a nivel de nanoescala para lograr un pro-

ducto con mayor durabilidad. El envase para alimentos Durethan® lo protege de la humedad, de que se seque y del oxígeno; alarga la vida útil del producto y le brinda mayor seguridad, reemplazando los envases obsoletos (Urquilla 2019).



Figura 1: Durethan®  
Fuente: [https://www.alibaba.com/product-detail/LANXESS-Durethan-B-30-S-B30SF\\_1600638860404.html](https://www.alibaba.com/product-detail/LANXESS-Durethan-B-30-S-B30SF_1600638860404.html)

**Nanocyl NC7000™.** Es un nanocompuesto a base de nanotubos de carbono para mejorar las propiedades mecánicas, térmicas y eléctricas de materiales industriales. Tienen aplicaciones en carcasas de equipos eléctricos para disipar el calor. Al mejorar las propiedades reduce el consumo de recursos y la necesidad de mantenimiento o reemplazo frecuente. De igual manera, reduce la producción de CO<sub>2</sub>.



Figura 2: Nanocyl. NC7000™  
Fuente: <https://www.nanocyl.com/product/nc7000/>

MotoShield Pro. Es un tinte de cerámica de alta calidad para los cristales de autos que es capaz de bloquear el 99% de radiación infrarroja y UV respectivamente. Esto disminuye la necesidad de usar aire acondicionado en el vehículo, lo que reduce el consumo de combustible y las emisiones de gases de efecto invernadero.



Figura 3: MotoShield Pro  
Fuente: <https://www.amazon.com/-/es/MotoShield-Pro-cer%C3%A1mica-precortado-veh%C3%ADculos/dp/B07DWHW6VB>



Figura 4: MotoShield Pro  
Fuente: <https://www.amazon.com/-/es/MotoShield-Pro-cer%C3%A1mica-precortado-veh%C3%ADculos/dp/B07DWHW6VB>

Nano-phos Phosphate Remover: Recubrimiento nanotecnológico ecológico y biodegradable para diversas aplicaciones industriales, como protección de superficies y pinturas (incluso de rayos ultravioleta). Ofrecen protección de superficies con menos consumo de materiales y menor liberación de productos químicos dañinos.



Figura 5: Nano-phos Phosphate Remover  
Fuente: <https://www.amazon.com/Lonza-Nano-Phos-Phosphate-Remover-Tablets/dp/B082LS44V7>

DeSalin C.: Limpiador biodegradable concentrado. Remueve residuos en superficies porosas sin alterar la apariencia de las mismas. Muy eficaz en diseño de exteriores para fachadas de edificios, losas de cemento, superficies de piedra natural, baldosas, objetos de arcilla de manchas, etcétera. Basado en ácido orgánico natural concentrado.



Figura 6: DESALIN C.  
Fuente: <https://www.dimarqconstructores.com.mx/nanophos/desalin/desalin-c/>

Molina y Berazaín (Molina & Berazaín, 2024) presentan otros ejemplos de nanorecubrimientos que resumen varias funciones de recubrimientos convencionales y de nanocompuestos con prestaciones que reducen el impacto ambiental.

De forma manifiesta, existen nanoproductos destinados a la remediación de problemas ambientales como puede ser la contaminación.

Una de las aplicaciones ambientales más importantes es el mejoramiento de la calidad del aire, como es el caso de los sistemas de adsorción, donde se usan nanomateriales adsorbentes como los nanotubos de carbón activado para capturar compuestos orgánicos volátiles por su porosidad y su relación volumen-superficie (Cruz, 2023).

La escasez del agua es un fuerte problema a nivel mundial, amén de cuestiones como el tratamiento del agua, la desalinización y depuración. Las nanopartículas tienen una gran capacidad catalítica que suman para la desinfección del agua. La potabilización del agua es factible con el uso de nanomateriales fotocatalíticos y el mejoramiento de membranas para el filtrado. En los purificadores electrónicos basados en la captación iónica mediante placas cargadas eléctricamente, los nanomateriales pueden ayudar a hacer más eficiente el proceso (Cruz, 2023, Herrera & Michelena, 2023).

Ejemplo de nanoproductos relacionados con lo anteriormente expuesto puede ser el NANO-CLEAN Professional que presenta alta eficiencia en la reducción de la contaminación del agua y a la protección de ecosistemas acuáticos. Al mejorar la eficiencia en la reutilización de agua, puede contribuir a la conservación de recursos hídricos limitados en áreas de escasez de agua.



Figura 7: NANO-CLEAN  
<https://www.nanoclean-air.com/en/nanoclean-ready-to-use/>

También el Maxspect Nano-tech, para el tratamiento de aguas residuales. Contribuye a la purificación de aguas y a la desalinización más eficiente del agua del mar.



Figura 8: Maxspect Nano-tech  
Fuente: <https://www.amazon.com/Maxspect-Nano-Tech-Bio-Spheres-BIOLOGICAL-FILTRATION/dp/B07BFHXSJ1>

Son solo algunos ejemplos de nanoproductos que ya sea de forma indirecta o directa contribuyen a una disminución del impacto ambiental y la conservación del entorno. Sin embargo, junto a estas oportunidades y ventajas, existen riesgos de su uso que es imprescindible tener en cuenta.

### III RIESGOS AMBIENTALES DE LOS NANOPRODUCTOS

Cuando aparece una nueva tecnología sobresalen los beneficios que su aplicación pudiera aportar a la sociedad. Sin embargo, a medida que aumenta el conocimiento sobre la misma, comienzan a aparecer sus aspectos negativos. Así ha sucedido históricamente y ejemplo de ello son las aplicaciones de la energía nuclear y el uso de los diversos tipos de radiaciones. Más acá en el tiempo, ha ocurrido con los organismos genéticamente modificados, la clonación y la ingeniería genética. (Cheang 2006). Y, por supuesto, con la nanotecnología.

Las propiedades particulares de los nanomateriales que los hacen tan útiles, constituyen al mismo tiempo causa de preocupación, al diferir de las que exhiben en estado microscópico y macroscópico, debido al riesgo potencial que pudiera ocultar para el medio ambiente y la salud (Desdín et al,

2014). El tamaño no solo hace que sean químicamente más reactivas, sino que también puedan tener una entrada más fácil en las células atravesando membranas y ejercer su acción en sitios no alcanzados por partículas más grandes (González, 2021).

La utilización de nanomateriales para producir productos comerciales, como los dispositivos electrónicos, provee beneficios sociales, pero también afecta negativamente el medio ambiente, la salud y la seguridad de los consumidores. La identificación de los riesgos y la evaluación de la toxicidad asociada a la manipulación y uso de las nanoestructuras son aún incipientes (Mendoza & Meraz 2012).

Los riesgos para la salud pueden estar dados por la toxicidad, tanto por inhalación como a través de la piel. Respecto al medio ambiente, los nanomateriales manufacturados pueden ser liberados accidental o incidentalmente al entorno. Entre los riesgos cuenta también la toxicidad además de la persistencia de la acumulación de nanopartículas en la cadena alimentaria (Delgado, 2006, González, 2021).

La beneficiosa utilización de nanomateriales en el campo del saneamiento ambiental, que permite la eliminación de compuestos no deseados y nocivos presentes en el suelo, el agua y el aire; crea, al mismo tiempo, incertidumbre, debido al desconocimiento de sus efectos tóxicos en los organismos vivos (Mendoza & Meraz 2012).

Los métodos químicos para la producción de nanopartículas suelen ser altamente contaminantes y peligrosos para el ambiente. Las nanopartículas fabricadas o usadas en los procesos productivos podrían ser liberadas al aire, el suelo y los cuerpos de agua, lo que afectaría gravemente el ciclo del agua, la vegetación y las especies en contacto con ellas y, por lo tanto, se pondría en riesgo la seguridad alimentaria y la salud humana.

Los nanorresiduos son aquellos materiales generados durante los procesos productivos cuyos tamaños son del orden de los nanómetros. También se consideran nanorresiduos los nanoproductos cuya vida útil ha terminado y que se desecharán.

El conocimiento sobre los nanorresiduos aún es incipiente y no existe un sistema desarrollado de regulaciones (normas y reglamentos de seguridad) referentes a su eliminación (Mendoza & Mezzaz 2012). En esto influye el dilema que supone buscar el adecuado equilibrio entre promover una tecnología que promete una serie de ventajas y proteger la salud socioambiental (Saldívar, 2024).

De modo que no es suficiente afirmar que los nanoproductos no implican peligro ambiental o humano durante su vida útil, es necesario considerar su destino al final del ciclo de vida, si es quemado, puesto en la tierra con líquidos y gases reactivos, reciclado, etcétera (Delgado, 2006)

Como respuesta a estos retos ha nacido la denominada nanoseguridad, que evalúa y estudia los riesgos potenciales de los nanomateriales y los nanoproductos, así como su utilización segura (Desdín, 2014, Gómez, 2016)

Esta preocupación por el medio ambiente y la salud pública ha dado lugar a un proceso de investigación y desarrollo conocido como nanotecnología verde (Srivastava & Bhargava 2016, Sifontes, 2014), un nuevo enfoque para la fabricación de estos productos, encontrando metodologías respetuosas del ambiente y más seguras para todos los **seres vivos. Estas metodologías “verdes” no solo son útiles debido a su reducido impacto sobre el ambiente, en comparación con algunos otros métodos de producción, sino también porque pueden ser utilizadas para producir grandes cantidades de nanopartículas libres de contaminación** (Sifontes, 2014).

Algunos de estos métodos para las síntesis de nanomateriales son verdaderamente impresionantes, como son los que han conectado la biotecnología y la nanotecnología. Se trata de la biosíntesis verde. Para ello se han empleado plantas o sus extractos, algas, hongos, levaduras y bacterias que como parte de sus procesos biológicos son capaces de sintetizar nanopartículas tanto intracelular como extracelularmente (Jiménez et al, 2024). Así, se pueden obtener nanopartículas de plata de un modo amigable con el ambiente. Se

reporta la síntesis verde para producir nanopartículas de plata con plantas de alfalfa tratadas con nitrato de plata como fuente de iones de plata, hallándose que las nanopartículas de plata se acumulan en las raíces y brotes de las plantas (Gómez, 2018).

Junto a estos esfuerzos, los defensores del medio ambiente alertan sobre aplicar el llamado principio de precaución respecto a las nano innovaciones. Se trata de un postulado ético y legal para la toma de decisiones de políticas públicas al cual se recurre cuando actividades, tecnologías, o productos de origen humano pueden conducir a un daño no aceptable o irreversible que puede ser científicamente plausible, pero a la vez incierto, sobre sus consecuencias. Un elemento clave es su condición de previsión, de actuar con anticipación a fin de proteger a los seres humanos y al medio ambiente de un posible daño (Saldívar 2024).

Para Saldívar (Saldívar, 2024) existen al menos tres razones para aplicar el principio de precaución: la nanociencia se está desarrollando muy rápidamente; existe un alto nivel de incertidumbre sobre sus efectos, y, en tercer lugar, porque las consecuencias de las nanotecnologías podrían ser masivas y complejas.

Todo lo anterior implica que el uso de nanoproductos en proyectos de diseño industrial pasa por un proceso inevitable de precaución, regulaciones legales, métodos de síntesis de nanomateriales más amigables al medio ambiente y nanoseguridad, de manera que las oportunidades que ofrecen continúen desarrollándose al tiempo que se minimizan los riesgos.

## CONCLUSIONES

Los nanoproductos que el diseño industrial puede aplicar en sus proyectos le permiten mejorar la calidad del objeto diseñado a la vez que mantener una posición amigable con el medio ambiente. Además, los nanoproductos dirigidos expresamente a la conservación del entorno reafirman esta oportunidad.

Sin embargo, esa es una cara de la moneda. La síntesis de nanomateriales puede ser peligrosa para

la salud humana y el propio medio ambiente, así como los nanorresiduos, de los que forman parte aquellos nanoproducidos que cumplieron su ciclo de vida. El no total conocimiento del alcance de los riesgos, la falta de regulaciones legales y la idea de no renunciar a los beneficios de la nanotecnología crean un escenario complejo.

La propia voluntad de aprovechar las ventajas de la nanotecnología ha propiciado nuevas líneas de investigación, que han dado lugar a soluciones como la nanotecnología verde y la nanoseguridad, dirigidas a minimizar las desventajas y a continuar el desarrollo nanotecnológico.

### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Barrueta N. & Berazaín A. (2016). Una revolución en el diseño y la ingeniería: nanomateriales. *A3manos. Revista de la Universidad Cubana de Diseño*, 05, pp.74 –90.

Cheang J. C. (2006). *Nanotecnología: ¿hacia dónde nos lleva?* Ponencia presentada en el I congreso iberoamericano de Ciencia, tecnología, sociedad e Innovación, Palacio de la Minería, México.

Cruz M. S. (2023). *Nanotecnologías que contribuyen en la mitigación de la contaminación atmosférica*. Consejo de Ciencia y Tecnología de Puebla (CONCYTEP), México.

NANOCLEAN Professional Disinfection Tool Gun For Cleaning Car AC Remove Smell. Disponible en: <https://www.nanoclean-air.com/en/nanoclean-ready-to-use/>

Delgado G. C. (2006). Riesgos ambientales de la nanotecnología: nanopartículas y nanoestructuras. *Revista de Ciencias Ambientales (Tropical Journal of Environmental Sciences)*, 31 (1), pp.34-39.

DeSalin. Limpiador especial para residuos de cemento y sales. Disponible en: <https://www.dimarqconstructores.com.mx/nanophos/desalin/desalin-c/>.

Desdín L. F., Alonso a., Álvarez A., Díaz A., Ferro R., Soguero D., García L. & Darías J. G. (2014). *Nanoseguridad*. La Habana, Editorial Científico-Técnica.

Díaz J. C., González M. A., Villarreal M., Lobo H., Rosario J., Gutiérrez G., Briceño J. & Díaz S. (2014). La revolución de lo nano. *Rev. Electr. Quimer@*, 2(1) pp. 5-13.

Findik F. (2021). Nanomaterials and their applications. *Periodicals of Engineering and Natural Sciences (9) 3*, pp. 62 – 75.

Goddard W. A., Brenner D. W., Lyshevski S. E. & lafrate G. I. (2003). *Handbook of NanoScience, Engineering and Technology*. Boca Ratón, EEUU, CRC.

Gómez M. (2018). Nanomateriales, nanopartículas y síntesis verde. *Repertorio de Medicina y Cirugía*, 27, 2, pp.75-80.

Gómez V. (2016). *Nanotecnología + Prevención = Nanoseguridad*. Disponible en: : [https://www.researchgate.net/publication/294580050\\_NANO-TECNOLOGIA-PREVENCIÓN-NANOSEGURIDAD](https://www.researchgate.net/publication/294580050_NANO-TECNOLOGIA-PREVENCIÓN-NANOSEGURIDAD)

González G. H. (2021). *Riesgos materiales nanoestructurados*. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/351915590\\_Riesgos\\_materiales\\_nanoestructurados](https://www.researchgate.net/publication/351915590_Riesgos_materiales_nanoestructurados)

Herrera Y. & Michelena G. (2023). Nanotecnología aplicada al tratamiento de aguas residuales. *Icídca sobre los derivados de la caña de azúcar*, 57, 1, pp.65-68.

Jiménez R., Ramírez A. D., Orozco J. A. & González M. (2024). Biosíntesis de nanopartículas de plata con actividad antimicrobiana por *Pseudomonas aeruginosa* ambiental. *Mundo Nano Revista Interdisciplinaria en Nanociencias y Nanotecnología* 17,32, 1e-13e.

Maxspect Nano-tech Bio Ceramic Ball Media. Disponible en: <https://www.amazon.com/Maxspect-Nano-Tech-Bio-Spheres-BIOLOGICAL-FILTRATION/dp/B07BFHXSJ1>

Mendoza C. F. & Meraz L. (2012). Hacia la nanociencia verde: nanomateriales, nanoproductos y nanorresiduos. *Materiales Avanzados*, 19, pp.39 – 41.

Molina C. & Berazaín A. (2024). Potencialidades de los nanoproductos en proyectos de diseño industrial. *A3manos. Revista de la Universidad Cubana de Diseño*, 21, pp.1 –7.

MotoShield Pro. Disponible en: <https://www.amazon.com/-/es/MotoShield-Procer%C3%A1mica-precortado-veh%C3%ADculos/dp/B07DWHW6VB>

NANOCLEAN Professional Disinfection Tool Gun ForCleaning Car AC RemoveSmell. Disponible en: <https://www.nanoclean-air.com/en/nanoclean-ready-to-use/>.

**Nanocyl. NC7000™**. Disponible en: <https://www.nanocyl.com/product/nc7000/>

Nano-phos Phosphate Remover. Disponible en: <https://www.amazon.com/Lonza-Nano-Phos-Phosphate-Remover-Tablets/dp/B082LS44V7>.

Saldívar L. (2024). El principio de precaución ante los posibles riesgos de la nanotecnología y sus derivados. *Mundo Nano Revista Interdisciplinaria en Nanociencias y Nanotecnología*17,33, 1e-32e.

Srivastava S. & Bhargava A. (2016). Green Nanotechnology. *Journal of Nanotechnology and Materials Science*, 3, 1, pp.17-23.

Sifontes A. (2014). Biosíntesis de nanomateriales: hacia el avance de la nanotecnología verde. *Mundo Nano Revista Interdisciplinaria en Nanociencias y Nanotecnología*, 7 (13), pp.56-68.

The Royal Society & The Royal Academy of Engineering (2004). *Nanoscience and nanotechnologies: opportunities and uncertainties*. London: The Royal Society.

Urquilla A. (2019). Impacto de la nanotecnología como revolución industrial a nivel mundial. *Realidad y Reflexión*, 19(49), pp. 66 – 78.

Vollath D., (2013). *Nanomaterials. An Introduction to Synthesis, Properties, and Applications (Second Edition)*. Weinheim: Wiley-VCH.

### CONTRIBUCIÓN DE LOS AUTORES:

Cyntia Molina Gamonal: Conceptualización, Investigación, Escritura

Antonio José Berazaín Iturralde: Metodología, Supervisión, Escritura