

## Efectos adversos de mascarillas protectoras contra la COVID-19:

### Casos conflictivos

#### Adverse effects of COVID-19 protective masks: Conflictive cases

Ericka Y. Bracamonte-Arámburo\*✉, Guillermo Foladori\*\*

Bracamonte-Arámburo, E. Y., & Foladori, G. (2022). Efectos adversos de mascarillas protectoras contra la COVID-19: Casos conflictivos. *Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes*, 30(85), e3372. <https://doi.org/10.33064/iycuaa2022853372>

#### RESUMEN

El artículo analiza el caso de mascarillas para la protección del contagio respiratorio del SARS-CoV-2 elaboradas con nanotecnología y comercializadas en varios países del mundo a lo largo de 2020 y 2021. Algunas que incorporan grafeno, cobre y plata en escala nanométrica han sido denunciadas en ciertos países por organizaciones civiles debido a sus efectos adversos en el organismo, algunos países han optado por retirarlas del mercado. Esto que se expone es ilustrativo de la aplicación de nuevas tecnologías en productos de consumo sin regulación ni fiscalización por los órganos públicos responsables; llama la atención que algunos de estos productos pueden ser dispositivos médicos y la necesidad de un enfoque precautorio; tanto en la investigación y desarrollo de los productos comercializados, como en el papel de los órganos reguladores. Este artículo tiene como objetivo llamar la atención sobre innovaciones tecnológicas para atender la COVID-19 que puedan desatar efectos adversos.

**Palabras clave:** máscaras; COVID-19; nanotecnología; epidemia; regulación; riesgos.

#### ABSTRACT

The article analyzes the case of masks for the protection of respiratory contagion of SARS-CoV-2, made with nanotechnology and commercialized in several countries of the world over 2020-2021. Some of these masks that incorporate graphene, copper and silver on a nanometric scale have been denounced in certain countries by civil organizations due to

Recibido: 11 de octubre de 2021, Aceptado: 7 de enero de 2022

\*Departamento de Agricultura y Ganadería, Universidad de Sonora (UNISON). Carretera 100 a Bahía de Kino km. 21.5, C. P. 83340, Hermosillo, Sonora, México. Correo electrónico: ericka.bracamonte99@gmail.com  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9386-8463>

\*\*Unidad Académica en Estudios del Desarrollo (UAZ). Av. Preparatoria S/N, Col. Hidráulica, C. P. 98068, Zacatecas, Zac., México. Correo electrónico: gfoladori@gmail.com ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7441-3233>

✉Autora para correspondencia

their adverse effects on the body, and some countries have chosen to withdraw them from the market. The case presented is illustrative of the application of new technologies in consumer products without regulation or supervision by the responsible public bodies; draws attention to how some of these products can be medical devices and the need for a precautionary approach; both in research and development of commercialized products, as well as in the role of regulatory institutions. This article aims to draw attention to technological innovations to address COVID-19 that may trigger adverse effects.

**Keywords:** masks; COVID-19; nanotechnology; epidemic; regulation; risks.

## INTRODUCCIÓN

La pandemia de la COVID-19 ha significado una caída en la producción de muchos sectores económicos, pero, como contraparte, una aceleración en aquellos ligados al comercio por Internet, máquinas robot, medicamentos y dispositivos y otros (Bauer, Burkacky, Kenevan, Mahindroo, & Patel, 18 de junio de 2020; McKinsey Global Institute, 18 de febrero de 2021). La investigación y desarrollo acompañaron esos cambios en la economía y algunos sectores de las nanotecnologías han puesto nuevos productos en el mercado, como es el caso de las vacunas para el SARS-CoV-2, por primera vez utilizadas en humanos y basadas en el RNA mensajero; de las cuales varias han sido de mayor distribución a nivel mundial y otras están en proceso de investigación (Hodgson, 2020; Nanomedicine and the COVID-19 vaccines, 2020).

Las nanotecnologías se basan en las nuevas funcionalidades que la materia en nanoescala desarrolla (National nanotechnology initiative. Leading to the next industrial revolution, 2000). Efectivamente, materiales conocidos eléctricamente no conductivos se pueden convertir en conductivos en tamaño nano; otros inertes como el oro pueden desempeñar funciones como sensores. Muchos son los materiales en que ya se ha demostrado que su funcionalidad cambia radicalmente en tamaño nano. Las nanotecnologías son parte de las llamadas tecnologías emergentes y se aplican en los más diversos sectores económicos, siendo el área médica uno de los más importantes (Wagner, Hüsing, Gaisser, & Bock, 2008). Muchos desarrollos tecnológicos pueden conllevar efectos adversos a la salud y el ambiente si no son cuidadosamente supervisados y regulados; de allí que exista el reglamento REACH en la Unión Europea, tendiente a mejorar la protección a la salud y medio ambiente de los efectos de las sustancias químicas y sus combinaciones, o sus equivalentes en los EE. UU., como la EPA en relación con el ambiente y la FDA respecto a la salud humana.

El caso de las mascarillas con nanotecnología es un ejemplo de innovaciones tecnológicas que, aun cumpliendo más eficientemente su función de proteger frente a virus aeróbicos, sus materiales en tamaño nano pueden provocar cáncer por inhalación de partículas u otras enfermedades. Es común que científicos y tecnólogos preocupados por asumir un problema concreto o por colocar en el mercado innovaciones que rinden rápidos beneficios económicos apliquen una metodología y visión reduccionista que deja de lado consecuencias e implicaciones más amplias. Las mascarillas con nanotecnologías que incorporan aplicaciones de carbono, dióxido de titanio, plata, cobre y otros minerales y óxidos en dimensiones nanométricas han resultado exitosas para degradar rápidamente el virus SARS-CoV-2 y se han comercializado para tales fines, sin considerar que los mismos

minerales pueden resultar tóxicos para el organismo humano y altamente perjudiciales para los ecosistemas que en última instancia resultan ser sus depósitos (Federici, Shaw, & Handy, 2007; Navarro et al., 2008; Titanium dioxide, 2020; Vázquez-Muñoz & Huerta-Saquero, 2018).

Dado que México y el resto de los países de América Latina no han regulado ni controlado la importación de productos de nanotecnología (Foladori, 2016; 2021), el caso de las mascarillas es ilustrativo como advertencia de la necesidad de un enfoque precautorio para muchos químicos incorporados a los objetos de consumo cotidiano.

## **DESARROLLO**

### **Un poco de historia**

Desde tiempos lejanos las mascarillas se han utilizado como protección frente a agentes químicos. Plinio el Viejo, escritor romano del siglo I, relata que eran usadas por quienes preparaban pintura con minio (óxidos de plomo) para evitar inhalar el polvo tóxico:

Persons employed in the manufactories in preparing minium protect the face with masks of loose bladder-skin, in order to avoid inhaling the dust, which is highly pernicious; the covering being at the same time sufficiently transparent to admit of being seen through [Las personas empleadas en las fábricas en la preparación de minio se protegen la cara con máscaras de piel de vejiga floja, para evitar inhalar el polvo, que es muy pernicioso; la cubierta siendo al mismo tiempo lo suficientemente transparente como para permitir que se vea a través] (Pliny the Elder, 1855, Chap. 40)

En el siglo XIII y registrado en los viajes de Marco Polo, el emperador de la dinastía Yuan requería que sus sirvientes utilizaran máscaras de seda durante las comidas (The evolution of face masks, 12 de febrero de 2020) y frente a la peste bubónica de la Edad Media los doctores europeos utilizaban una mascarilla en forma de pico de pájaro para protegerse de los miasmas (Cubre bocas: Protección con historia, 14 de mayo de 2020). Entrado el siglo XIX hubo significativos avances en el conocimiento de bacterias y virus y, concomitantemente, en la necesidad de la aplicación de máscaras protectoras. En 1848 fue registrada en EE. UU. la primera patente para máscaras de mineros. En 1861 Pasteur demostró la presencia de bacterias en el aire (The evolution of face masks, 12 de febrero de 2020) y para finales del siglo XIX el higienista alemán Karl Wilhem Flügge demostró que aún en conversaciones calmas se emiten gotitas de saliva, eventualmente transmisoras de patógenos, defendiendo el uso del cubrebocas en el área quirúrgica, lo que se hizo obligatorio desde 1926 (Cubre bocas: Protección con historia, 14 de mayo de 2020).

A comienzos del siglo XX el médico Wu Lien Teh, siendo responsable de atender la "plaga de Manchuria" en el noreste de China, inventó una mascarilla de doble capa de gasa y algodón, fácil de fabricar, eficiente y barata, con la que, junto a severas medidas de confinamiento, logró eliminar en tan sólo tres meses la epidemia que alcanzaba 100% de letalidad. Wu Lien Teh es considerado un ícono de la implantación de la mascarilla como medida preventiva de contagios respiratorios (Yan, 19 de mayo de 2021). Durante el siglo XX diversas modalidades de mascarillas fueron elaboradas para protección de trabajadores y ciudadanos.

### **La irrupción de las nanotecnologías**

La irrupción de epidemias por enfermedades contagiosas respiratorias que se incrementó sustancialmente a finales del siglo XX y principios del XXI incentivó la fabricación de variedades de mascarillas (figura 1) que intentan aumentar la eficiencia protectora

incorporando nuevas tecnologías en su fabricación, particularmente nanotecnologías. Las nanopartículas se incorporan a los tejidos de las mascarillas con diversas técnicas dependiendo del tipo de material, al igual que se sumergen telas en tintas para otorgarle colores o se intercalan figuras orgánicas con sintéticas. Pullangott y colaboradores realizan un exhaustivo análisis de las mascarillas que han sido elaboradas durante la COVID-19, incluyendo particularmente minerales y sus óxidos nanoparticulados (Pullangott, Kannan, Gayathri, Kiran, & Maliyekkal, 2021)<sup>1</sup>.



Figura 1. Imagen ilustrativa de mascarilla con nanotecnología.  
Imagen del equipo de investigación.

Los cerca de 130 mil millones de máscaras que se utilizan por día representan un enorme problema para su desecho final. Las micro y nanopartículas de los componentes de las mismas ya se encuentran en los cursos de agua, en los suelos con efectos impredecibles en los ecosistemas y seres vivos y han levantado la preocupación de la potencial nanotoxicidad de los componentes (Pullangott et al., 2021). Luego de un año de pandemia las mascarillas se han convertido en un problema ambiental mundial.

Una investigación de la Universidad de Swansea llama la atención acerca de la contaminación ambiental causada por las mascarillas. Se estima que en China se producen diariamente 200 millones de mascarillas. Considerando que numerosas nano y micropartículas mecánicamente inestables y que contienen metales pesados como plomo, plata, antimonio o cobre, además de polímeros y fibras se desprenden de las mascarillas aún sin ser agitadas, y otras con el movimiento y en contacto con el agua, como fue demostrado en las investigaciones, el problema de la disposición final de las mascarillas es hoy día un riesgo global (Nanoplastics and other harmful pollutants found..., 5 de mayo de 2021). El reporte del grupo ambientalista OceanAsia de finales del 2020 advertía que mil millones y medio de máscaras estarían en los océanos contaminándolos, muchas de las cuales requieren más de 450 años para desintegrarse (Sharma, 30 de diciembre de 2020).

---

<sup>1</sup> Los principales materiales utilizados en las mascarillas son plata y óxido, cobre y óxido, peróxidos de magnesio, óxido de zinc, óxido de tungsteno, grafeno, diversos tipos de polímeros y compuestos naturales (Pullangott et al., 2021).

Varias de esas mascarillas utilizan procesos nanotecnológicos para incorporar polímeros y diversos metales con el propósito de incrementar su capacidad antimicrobiana. Hay, por ejemplo, mascarillas lavables con protección de zeolitas de nanoplatina y cobre, lo que ha sido un nuevo reto para las agencias reguladoras, considerando que la nanoplatina es un potente bactericida con demostrados efectos tóxicos en el organismo humano y ecosistemas en determinadas aplicaciones (Kumar, Kumar, & Pathak, 2021). En Francia, la Agencia Nacional de Seguridad Alimentaria (ANSES) emitió, a finales de octubre de 2020, un comunicado sobre la evaluación de una marca de mascarillas lavables conteniendo zeolitas de plata<sup>2</sup> y cobre<sup>3</sup>. ANSES sugiere sustituirlas como medida de precaución en los servicios públicos, aunque aprueba su venta si se usan bajo las condiciones sugeridas por la empresa productora, que indican la necesidad de lavarlas antes y después de cada uso. Queda siempre la preocupación del impacto de las nanopartículas en los ecosistemas, ya que se sueltan con el lavado, cuando son expuestas a la lluvia y pueden transformarse en contacto con detergentes y otros aditivos (Ding et al., 2016; Geranio, Heuberger, & Nowack, 2009; Limpiteeprakan, Babel, Lowacharin, & Takizawa, 2016; Mitrano, Motellier, Clavaguera, & Nowack, 2015; Mitrano et al., 2014).

Otro caso sucedió en Bélgica. En febrero de 2021 el centro de investigación del Instituto Nacional de Salud Pública de Bélgica (Sciensano) llamaba la atención acerca de que miles de mascarillas distribuidas gratuitamente por el gobierno podrían provocar riesgos pulmonares al desprender nanopartículas de plata y dióxido de titanio durante la inhalación (Avrox : Les masques distribués en début de..., 23 de febrero de 2021). El dióxido de titanio (E171,) fue prohibido en los alimentos en mayo de 2021 por la Agencia Europea de Alimentos (EFSA) (L'Autorité européenne de sécurité des aliments ne..., 6 de mayo de 2021). En Chile una empresa creó mascarillas con nanopartículas de cobre que son reciclables y reutilizables por un periodo de hasta cinco años. Las mascarillas ya se exportan a algunos países, entre ellos México (Bobadilla, 13 de abril de 2021). Por lo regular el material que se agrega a las mascarillas es evaluado en cuanto a su función anti microbiana, pero es un enfoque reduccionista que no considera los potenciales efectos del nanomaterial en el organismo humano. Algunas empresas que combinan nanocobre en las mascarillas aluden que eliminan 99.9% de los virus (Mask with copper nanoparticle technology kills 99.9% of COVID-19, 11 de marzo de 2021), pero nada dicen del efecto a la salud humana.

En el caso del cobre, por ejemplo, no existe reglamentación sobre los riesgos de la inhalación de nanopartículas de cobre. Sin embargo, algunas investigaciones realizadas en laboratorio y con animales alertan acerca de que la inhalación de cobre provoca inflamación pulmonar, fibrosis, daños celulares y otros (Gosens et al., 2016; Hejazy et al., 2018); de allí que una medida de precaución debería establecer el requisito de evaluar no solamente el efecto restringido del nanomaterial en el virus, sino en el organismo humano y en su disposición final en los ecosistemas.

El grafeno es otro material nanoparticulado con propiedades antimicrobianas que ha sido utilizado en mascarillas con resultados controvertidos. Como en otros casos históricos

---

<sup>2</sup> En múltiples pruebas se ha demostrado la propiedad antibacteriana, antifúngica y su capacidad de desactivar a todos los virus, por lo que se han realizado estudios en la Universidad de Saurashtra para ser utilizada en su forma iónica y nanométrica en las mascarillas con el fin de combatir el coronavirus (Khakhariya, 8 de enero de 2021).

<sup>3</sup> Investigaciones de la Universidad de Southampton han demostrado que sobre superficie de cobre el coronavirus 229E es destruido inmediatamente, cuando en otras superficies puede durar días (University of Southampton, 10 de noviembre de 2015).

de químicos tóxicos en el ambiente o en objetos de consumo que fueron denunciados con antelación por organizaciones sociales, antes que por las instituciones gubernamentales correspondientes o los grupos industriales (European Environmental Agency, 2002, 2013), las mascarillas con grafeno, cobre y plata en nanoescala han sido advertidas como tóxicas y ha sido solicitada su prohibición por diversos grupos ambientalistas. En 2021 varios de ellos con sede en Canadá y EE. UU. realizaron un pedido a la Agencia de Protección Ambiental (EPA) a la Administración Federal de Fármacos (FDA) y a la Comisión de Seguridad en Productos de Consumo de EE. UU. para que prohíba la importación y venta y recoja del mercado las existentes máscaras que incorporan grafeno y/o nanocobre y nanoplata (The International Center for Technology Assessment et al., 21 de abril de 2021).

Una evaluación realizada por Blevens y colaboradores en 2021 acerca de máscaras faciales que contenían plata comparó principalmente dos máscaras denominadas A y B, de las cuales solo la máscara B resultó ser efectiva, ya que contenía partículas de plata. En contraste, la máscara A contenía iones de plata, por lo que, si esta máscara tiene propiedades antimicrobianas, no son debidas a la plata (Blevens, Pastrana, Mazzotta, & Tsai, 2021).

Algunos gobiernos han comenzado a tomar medidas al respecto. Así, por ejemplo, en Bélgica fueron retiradas máscaras con dióxido de titanio en nanoescala y nanoplata. En Canadá asesores gubernamentales advirtieron sobre el riesgo de las máscaras con grafeno. En Nancy, Francia, fueron retirados productos conteniendo nanografeno. Y la Agencia Española de Medicamentos y Productos Sanitarios llamó a acabar con el uso y venta de grafeno en las máscaras quirúrgicas de fabricación por una empresa china (The International Center for Technology Assessment et al., 21 de abril de 2021).

La Unión Europea permite algunas formas de nanoplata incorporadas a desinfectantes o conservantes, pero en todos los casos exige el detalle en su etiquetado y advierte que una encuesta hecha en 2019 indicó que en 36% de los casos la etiqueta era inadecuada y, muy frecuentemente, tanto la información básica como el nombre de la sustancia activa biocida utilizada para el tratamiento del producto estaban ausentes (Nano silver used in face masks, s/f).

En Canadá, en enero de 2021, el padre de un escolar advirtió a las autoridades del país los riesgos que podrían implicar las máscaras de nanografeno distribuidas por el gobierno en las escuelas y el 26 de marzo de ese mismo año Health Canada (la autoridad sanitaria) envió un memorándum urgente ordenando la suspensión de esas máscaras; también se les solicitó a los padres y a las escuelas que guardaran las existencias en un lugar aislado. Días después, el 2 de abril, Health Canada exhortó públicamente a no utilizar máscaras faciales etiquetadas conteniendo grafeno o grafeno de biomasa, y específicamente advirtió sobre tres marcas; publicando como contraparte una lista de mascarillas que consideraba seguras (Health and environmental groups push european and world leaders..., 8 de abril de 2021; Nasanovsky, 6 de abril de 2021).

Como en muchos países se continúan usando, como es el caso de algunos europeos, varias organizaciones están recomendando a la Unión Europea que analice estos productos antes de ponerlos a disposición de la población. El antecedente de Quebec, donde millones de estudiantes y trabajadores estuvieron expuestos a estos productos es ilustrativo acerca de la necesidad de un control más estricto para que las mascarillas sean un instrumento de protección frente a la pandemia sin poner en riesgo al

usuario y privilegiando la salud antes que el beneficio mercantil del productor (Health and environmental groups push european and world leaders..., 8 de abril de 2021).

## CONCLUSIONES

Uno de los instrumentos más eficientes para evitar contagios de enfermedades respiratorias y frenar las epidemias es la mascarilla. Habiendo pasado exitosamente el examen de una epidemia a comienzos del siglo XX en el nordeste de China, las mascarillas elevaron al médico Wu Lien Teh a un lugar destacado en la historia médica, al haber ideado una modalidad barata y muy eficiente. Hoy día, con la COVID-19 rampante en el mundo, decenas de mascarillas están a la venta en el mercado, muchas de ellas en los escaparates de la moda.

El material y formato de las mascarillas, así como su tiempo de uso y contacto con agua y otros elementos son decisivos para que sean eficientes en el control de los virus y no provoquen efectos adversos en el organismo de quien las usa. Esto último está siendo cuestionado desde que aparecieron mascarillas en el mercado con procesos nanotecnológicos que incorporan metales y diversos polímeros de eficiencia frente al virus, pero de discutible seguridad para el organismo humano.

En las páginas anteriores se reseñan las principales de estas innovaciones nanotecnológicas, basadas en grafeno, cobre y varios óxidos. Algunas organizaciones no gubernamentales han llamado la atención de la necesidad de retirar mascarillas que, siendo efectivas para un propósito de salud, pueden convertirse en perjudiciales para otro. Parte de este problema, que alcanza dimensiones mundiales por la extensión y volumen en la producción de mascarillas y su impacto en los ecosistemas, se debe a que la regulación de las nuevas tecnologías, como es el caso de las nanotecnologías, está años atrasada respecto a la libre incorporación al mercado de dichos productos. Una legislación basada en el principio de precaución se vuelve cada vez más necesaria, a falta de mecanismos para supervisar la enorme cantidad de productos de las nuevas tecnologías que entran al mercado sin regulación.

Debe notarse que la demanda de mascarillas por causa de la pandemia ha creado un jugoso mercado que tecnólogos innovadores rápidamente aprovechan con expectativas de ganancias. Infelizmente en algunos casos como el relatado, el desarrollo tecnológico se ve impulsado más por el mercado que por la satisfacción de necesidades sociales, creando potenciales problemas de salud por los efectos adversos de las novedades tecnológicas.

### **Agradecimientos**

El financiamiento para la realización del presente trabajo es del Proyecto Conacyt-Ciencia de Frontera 2019 No. 304320, del cual Ericka Y. Bracamonte-Arámburo y Guillermo Foladori son ayudante de investigación y responsable técnico, respectivamente.

## REFERENCIAS

- Avrox: Les masques distribués en début de confinement par le gouvernement seraient toxiques. (23 de febrero de 2021). [Artículo en página web]. RTBF. Recuperado de [https://www.rtf.be/info/belgique/detail\\_avrox-les-masques-distribues-en-debut-de-confinement-par-le-gouvernement-seraient-toxiques?id=10704462](https://www.rtf.be/info/belgique/detail_avrox-les-masques-distribues-en-debut-de-confinement-par-le-gouvernement-seraient-toxiques?id=10704462)
- Bauer, H., Burkacky, O., Kenevan, P., Mahindroo, A., & Patel, M. (18 de junio de 2020). How the semiconductor industry can emerge stronger after the COVID-19 crisis [Artículo en página web]. McKinsey & Company. Recuperado de <https://www.mckinsey.com/industries/advanced-electronics/our-insights/how-the-semiconductor-industry-can-emerge-stronger-after-the-covid-19-crisis>
- Blevens, M. S., Pastrana, H. F., Mazzotta, H. C., & Tsai, C. S.-J. (2021). Cloth face masks containing silver: Evaluating the status. *Journal of Chemical Health & Safety*, 28(3), 171-182. doi: 10.1021/acs.chas.1c00005
- Bobadilla, P. (13 de abril de 2021). Mascarilla chilena se impone como protección personal tras contagios por Covid-19 [Artículo en página web]. América Retail. Recuperado de <https://www.america-retail.com/chile/mascarilla-chilena-se-impone-como-proteccion-personal-tras-contagios-por-covid-19/>
- Cubrebocas: Protección con historia. (14 de mayo de 2020). [Artículo en página web]. Harper's Bazaar México. Recuperado de <https://www.harperbazaar.mx/moda/cubrebocas-proteccion-con-historia/>
- Ding, D., Chen, L., Dong, S., Cai, H., Chen, J., Jiang, C., & Cai, T. (2016). Natural ageing process accelerates the release of Ag from functional textile in various exposure scenarios. *Scientific Reports*, 6(1), 37314. doi: 10.1038/srep37314
- European Environmental Agency. (2002). *Late lessons from early warnings: The precautionary principle 1896-2000* [Documento en pdf]. Copenhagen, Dinamarca: Autor. Recuperado de [https://www.eea.europa.eu/publications/environmental\\_issue\\_report\\_2001\\_22](https://www.eea.europa.eu/publications/environmental_issue_report_2001_22)
- \_\_\_\_\_ (2013). *Late lessons from early warnings: Science, precaution, innovation* [Documento en pdf]. Copenhagen, Dinamarca: Autor. Recuperado de [https://www.eea.europa.eu/publications/environmental\\_issue\\_report\\_2001\\_22](https://www.eea.europa.eu/publications/environmental_issue_report_2001_22)
- Federici, G., Shaw, B. J., & Handy, R. D. (2007). Toxicity of titanium dioxide nanoparticles to rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*): Gill injury, oxidative stress, and other physiological effects. *Aquatic Toxicology*, 84(4), 415-430. doi: 10.1016/j.aquatox.2007.07.009
- Foladori, G. (2016). Políticas públicas en nanotecnología en América Latina. *Problemas del Desarrollo*, 186(47), 59-81. doi: 10.1016/j.rpd.2016.03.002
- \_\_\_\_\_ (2021). La regulación de las nanotecnologías. En M. Casado, J. Díaz, G. Guimerà, J. Mendoza, R. Ponce, P. A. Serena, & M. Tenorio (Coords.), *Libro blanco de las nanotecnologías. Una visión ético-social ante los avances de la nanociencia y la nanotecnología*. Barcelona, España: Aranzadi.
- Geranio, L., Heuberger, M., & Nowack, B. (2009). The behavior of silver nanotextiles during washing. *Environmental Science & Technology*, 43(21), 8113-8118. doi: 10.1021/es9018332
- Gosens, I., Cassee, F. R., Zanella, M., Manodori, L., Brunelli, A., Costa, A. L., ... Stone, V. (2016). Organ burden and pulmonary toxicity of nano-sized copper (II) oxide particles after short-term inhalation exposure. *Nanotoxicology*, 10(8), 1084-1095. doi: 10.3109/17435390.2016.1172678
- Health and environmental groups push european and world leaders to protect citizens from masks containing toxic particle nanographene. (8 de abril de 2021). [Artículo en página web]. Center for International Environmental Law. Recuperado de



- <https://www.ciel.org/news/health-and-environmental-groups-push-european-and-world-leaders-to-protect-citizens-from-masks-containing-toxic-particle-nanographene/>
- Hejazy, M., Koochi, M. K., Pour, A. B. M., & Najafi, D. (2018). Toxicity of manufactured copper nanoparticles - A review. *Nanomedicine Research Journal*, 3(1), 1-9 doi: 10.22034/nmrj.2018.01.001
  - Hodgson, J. (2020). The pandemic pipeline. *Nature Biotechnology*, 38(5), 523-532. doi: 10.1038/d41587-020-00005-z
  - Khakhariya, N. (8 de enero de 2021). A silver lining in anti-Covid fight [Artículo en página web]. *Times of India*. Recuperado de <https://timesofindia.indiatimes.com/city/rajkot/a-silver-lining-in-anti-covid-fight/articleshow/80158973.cms>
  - Kumar, S., Kumar, P., & Pathak, K. C. S. (Eds.). (2021). *Silver micro-nanoparticles - Properties, synthesis, characterization, and applications*. Londres, Inglaterra: IntechOpen. doi: 10.5772/intechopen.92480
  - L'Autorité européenne de sécurité des aliments ne considère plus le dioxyde de titane comme un additif fiable. (6 de mayo de 2021). [Artículo en página web]. *Le Monde*. Recuperado de [https://www.lemonde.fr/economie/article/2021/05/06/l-autorite-europeenne-de-securite-des-aliments-ne-considere-plus-le-dioxyde-de-titane-comme-un-additif-fiable\\_6079396\\_3234.html](https://www.lemonde.fr/economie/article/2021/05/06/l-autorite-europeenne-de-securite-des-aliments-ne-considere-plus-le-dioxyde-de-titane-comme-un-additif-fiable_6079396_3234.html)
  - Limpiteeprakan, P., Babel, S., Lohwacharin, J., & Takizawa, S. (2016). Release of silver nanoparticles from fabrics during the course of sequential washing. *Environmental Science and Pollution Research*, 23(22), 22810-22818. doi: 10.1007/s11356-016-7486-3
  - Mask with copper nanoparticle technology kills 99.9% of COVID-19. (11 de marzo de 2021). [Artículo en página web]. *Med-Tech Innovation News*. Recuperado de <https://www.med-technews.com/api/content/8664b98a-827a-11eb-953a-1244d5f7c7c6/>
  - McKinsey Global Institute. (18 de febrero de 2021). The future of work after COVID-19 [Artículo en página web]. *McKinsey & Company*. Recuperado de <https://www.mckinsey.com/featured-insights/future-of-work/the-future-of-work-after-covid-19>
  - Mitrano, D. M., Motellier, S., Clavaguera, S., & Nowack, B. (2015). Review of nanomaterial aging and transformations through the life cycle of nano-enhanced products. *Environment International*, 77, 132-147. doi: 10.1016/j.envint.2015.01.013
  - Mitrano, D. M., Rimmelé, E., Wichser, A., Erni, R., Height, M., & Nowack, B. (2014). Presence of nanoparticles in wash water from conventional silver and nano-silver textiles. *ACS Nano*, 8(7), 7208-7219. doi: 10.1021/nn502228w
  - Nanomedicine and the COVID-19 vaccines. (2020). *Nature Nanotechnology*, 15(12), 963. doi: 10.1038/s41565-020-00820-0
  - Nanoplastics and other harmful pollutants found within disposable face masks. (5 de mayo de 2021). [Artículo en página web]. *Swansea University Press Office*. Recuperado de <https://www.swansea.ac.uk/press-office/news-events/news/2021/05/nanoplastics-and-other-harmful-pollutants-found-within-disposable-face-masks.php>
  - Nano silver used in face masks. (s. f.). [Página de Internet]. Recuperado de <https://nanodb.dk/en/news/nano-silver-used-in-face-masks/>
  - Nasanovsky, N. (6 de abril de 2021). Canadá advirtió sobre un tipo de mascarillas, las de grafeno, por posibles riesgos a la salud [Artículo en página web]. *AFP Factual*. Recuperado de <https://factual.afp.com/canada-advirtio-sobre-un-tipo-de-mascarillas-las-de-grafeno-por-posibles-riesgos-la-salud>
  - National nanotechnology initiative. Leading to the next industrial revolution. (2000). *Microscale Thermophysical Engineering*, 4(3), 205-212. doi: 10.1080/10893950050148160

- Navarro, E., Piccapietra, F., Wagner, B., Marconi, F., Kaegi, R., Odzak, N., ... Behra, R. (2008). Toxicity of silver nanoparticles to *Chlamydomonas reinhardtii*. *Environmental Science & Technology*, 42(23), 8959-8964. doi: 10.1021/es801785m
- Pliny the Elder. (1855). Book XXXIII. The natural history of metals. En J. Bostock, & H. T. Riley (Eds.), *The Natural History*. Londres, Inglaterra: Taylor & Francis. Recuperado de <http://www.perseus.tufts.edu/hopper/text?doc=Perseus%3Aabo%3Aphi%2C0978%2C001%3A33>
- Pullangott, G., Kannan, U., Gayathri, S., Kiran, D. V., & Maliyekkal, S. M. (2021). A comprehensive review on antimicrobial face masks: An emerging weapon in fighting pandemics. *RSC Advances*, 11(12), 6544-6576. doi: 10.1039/D0RA10009A
- Sharma, M. (30 de diciembre de 2020). COVID-19 hazard: 1.56 bn masks polluted oceans in 2020, claims study [Artículo en página web]. *Business Today*. Recuperado de <https://www.businesstoday.in/coronavirus/covid-19-hazard-156-bn-masks-pollute-oceans-in-2020-claims-study/story/426450.html>
- The evolution of face masks. (12 de febrero de 2020). [Artículo en página web]. *Global Times*. Recuperado de <https://www.globaltimes.cn/content/1179358.shtml>
- The International Center for Technology Assessment, Center for Food Safety, Institute on Agriculture and Trade Policy, ETC Group, Health Care Without Harm US, & Friends of the Earth. (21 de abril de 2021). US and Canadian groups call for ban on face masks containing toxic nanomaterials. *Institute for Agriculture & Trade Policy*. Recuperado de <https://www.iatp.org/documents/us-and-canadian-groups-call-ban-face-masks-containing-toxic-nanomaterials>
- Titanium dioxide (E171). (2020). [Artículo en página web]. *Safe Food Advocacy Europe*. Recuperado de <https://www.safefoodadvocacy.eu/titanium-dioxide-e171/>
- University of Southampton. (10 de noviembre de 2015). Using copper to prevent the spread of respiratory viruses [Artículo en página web]. *ScienceDaily*. Recuperado de <https://www.sciencedaily.com/releases/2015/11/151110102147.htm>
- Vázquez-Muñoz, R., & Huerta-Saquero, A. (2018). Toxicidad de los nanomateriales de interés biomédico en los sistemas biológicos. *Mundo Nano*, 11(20), 65-75. doi: 10.22201/ceiich.24485691e.2018.20.62715
- Wagner, V., Hüsing, B., Gaisser, S. (Autores), & Bock, A. K. (Editora) (2008). *Nanomedicine: Drivers for development and possible impacts*. Sevilla, España: European Commission-Joint Research Centre-Institute for Prospective Technological Studies. Recuperado de <https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/handle/JRC46744>
- Yan, W. (19 de mayo de 2021). What can and can't be learned from a doctor in China who pioneered masks [Artículo en página web]. *The New York Times*. Recuperado de <https://www.nytimes.com/2021/05/19/health/wu-lien-teh-china-masks.html>



Esta obra está bajo una licencia internacional [Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/).

Usted es libre de Compartir — copiar y redistribuir el material en cualquier medio o formato

Adaptar — remezclar, transformar y construir a partir del material

La licenciante no puede revocar estas libertades en tanto usted siga los términos de la licencia

Atribución — Usted debe dar crédito de manera adecuada, brindar un enlace a la licencia, e indicar si se han realizado cambios. Puede hacerlo en cualquier forma razonable, pero no de forma tal que sugiera que usted o su uso tienen el apoyo de la licenciante.

NoComercial — Usted no puede hacer uso del material con propósitos comerciales.

CompartirIgual — Si remezcla, transforma o crea a partir del material, debe distribuir su contribución bajo la misma licencia del original.