

EL POTENCIAL DE LA NANOTECNOLOGÍA PARA EVITAR QUE EL SARS-COV-2 INGRESE A NUESTRO ORGANISMO

Sylvia Aphanh Ly,* Betty C. Galarreta**

Nos encontramos en una carrera mundial contra la pandemia de COVID-19, una enfermedad infecciosa ocasionada por el virus respiratorio SARS-CoV-2. En este contexto, la nanotecnología representa una atractiva alternativa para combatir el virus. En este artículo se presenta una breve revisión de las distintas herramientas nanotecnológicas desarrolladas para desactivar el SARS-CoV-2 antes de que ingrese a nuestro organismo mediante su aplicación en equipos de protección personal, superficies inanimadas y sistemas de filtros. Una mejor comprensión de su funcionamiento y de las ventajas que ofrecen son claves para su posible implementación en el Perú.

Palabras clave: COVID-19, nanopartículas, nanotecnología, SARS-CoV-2.

El Perú ha sido uno de los países más afectados por la pandemia de COVID-19, pues, según datos de la escuela de medicina de la Universidad John Hopkins, hasta el 2 de junio de 2021, Perú estaba entre los 12 países con mayor tasa de letalidad.¹ Dicha infección es causada por el coronavirus asociado al síndrome respiratorio agudo severo (conocido como SARS-CoV-2 por sus siglas en inglés).² Sin embargo, esta no ha sido la única epidemia importante de este milenio. Las epidemias del síndrome respiratorio agudo severo (SARS, 2003), de la gripe porcina (H1N1, 2009), del síndrome respiratorio de Oriente Medio (MERS, 2012) y de fiebre hemorrágica del Ébola (EHF, 2014) fueron las primeras alertas de la amenaza que representaban las enfermedades virales.^{3,4}

Los científicos a nivel mundial se han enfocado en la prevención, diagnóstico y tratamiento del COVID-19. Debido

*Facultad de Ciencias e Ingeniería, Especialidad de Química, PUCP. Correo de contacto: sylvia.aphang@pucp.edu.pe

**Departamento de Ciencias – Sección Química, PUCP, Lima, Perú. Correo de contacto: bgalarreta@pucp.edu.pe
id <https://orcid.org/0000-0003-4860-3161>



We are in the midst of a global race against the COVID-19 pandemic, an infectious disease caused by the SARS-CoV-2 respiratory virus. In this context, nanotechnology represents an attractive alternative to fight the virus. This article introduces a brief review of the different nanotechnological tools developed for the inactivation of SARS-CoV-2 before it enters our organism, in personal protective equipment, inanimate surfaces and filter systems. A better comprehension of their mechanisms and the advantages they offer are key to a possible implementation in Peru.

Keywords: COVID-19, nanoparticles, nanotechnology, SARS-CoV-2.

a las dificultades de accesibilidad, tecnológicas y logísticas propias, es especialmente urgente la implementación en el Perú de estrategias innovadoras para prevenir y mitigar la propagación del virus (por ejemplo, con equipos adecuados de protección personal o mejores desinfectantes antivirales).⁵ La nanotecnología, o el uso de materiales a escala nanométrica, representa una alternativa cada vez más atractiva para tal

1. JOHN HOPKINS UNIVERSITY & MEDICINE, 2021. Mortality Analyses. (accedido 2 de junio de 2021).
2. Ruiz-Hitzky, E.; Darder, M.; Wicklein, B.; Ruiz-García, C.; Martín-Sampedro, R.; del Real, G.; Aranda, P. Nanotechnology Responses to COVID-19. *Adv. Healthc. Mater.* **2020**, *9* (19), 2000979.
3. Pemmada, R.; Zhu, X.; Dash, M.; Zhou, Y.; Ramakrishna, S.; Peng, X.; Thomas, V.; Jain, S.; Nanda, H. S. Science-Based Strategies of Antiviral Coatings with Viricidal Properties for the COVID-19 Like Pandemics. *Mater. (Basel, Switzerland)* **2020**, *13* (18).
4. Vazquez-Munoz, R.; Lopez-Ribot, J. L. Nanotechnology as an Alternative to Reduce the Spread of COVID-19. *Challenges* **2020**, *11* (2), 15.
5. Benítez, M. A.; Velasco, C.; Sequeira, A. R.; Henríquez, J.; Menezes, F. M.; Paolucci, F. Responses to COVID-19 in Five Latin American Countries. *Heal. policy Technol.* **2020**, *9* (4), 525–559.

propósito. Debido a su amplia área superficial, su tamaño comparable al de un virus y a que poseen propiedades excepcionales, los nanomateriales pueden desactivar al SARS-CoV-2 a través de distintos mecanismos. Desde el inicio de la pandemia, se han presentado un gran número de trabajos y de colaboraciones interdisciplinarias para la creación de estrategias que propician la desactivación del virus basadas en la nanotecnología. No obstante, aunque los avances son sorprendentes, estos no son de conocimiento general y existe un alto nivel de desinformación e información falsa en el país, que genera confusión en la población.

En los últimos años, la nanotecnología ha despertado el interés de la comunidad científica por su amplio rango de aplicaciones y las soluciones que ofrece a problemas actuales.⁶ En esencia, la nanotecnología se basa en el diseño y aplicación de nanomateriales que tienen, al menos, una de sus tres dimensiones de menor longitud que 100 nm (un nanómetro, nm, equivale a una millonésima parte de un milímetro).⁷ Estas dimensiones son comparables a las de los virus, que miden entre 70 y 90 nm, aunque en el aire estos pueden formar partículas virales de mayor tamaño (ver **Figura 1**).⁸ Adicionalmente, los materiales a nanoescala poseen propiedades mecánicas y fisicoquímicas únicas, una amplia área superficial y, algunos de ellos, la capacidad de desactivar patógenos (por ejemplo, a través de reacciones fotoquímicas).^{8,9} También se sugiere que muchos de ellos podrían ser menos tóxicos que otros materiales no nanoestructurados.⁴

La mayoría de las investigaciones en este campo se han centrado en su actividad antibacteriana y en usos biomédicos, pero hay un creciente interés por sus aplicaciones antivirales.^{10,11} Los nanomateriales poseen un gran potencial en diferentes etapas de la infección viral, incluso para la creación de vacunas como las de BioNTech/Pfizer y Moderna, que emplean nanopartículas lipídicas para encapsular el

ARN mensajero.¹² Asimismo, la nanotecnología ha sido previamente utilizada para combatir múltiples infecciones virales, como las causadas por el VIH, el virus H1N1, y el virus del herpes simple, entre otros.¹¹

En el caso particular de la desactivación del SARS-CoV-2 antes del ingreso al organismo, la nanotecnología ofrece una gran variedad de soluciones, que pueden ser clasificadas en tres grupos (ver **Figura 2**). Por un lado, se cuenta con el desarrollo de equipos modificados de protección personal o EPP, como mascarillas, guantes, mandiles, etc. Un segundo grupo de estrategias está enfocado en el desarrollo de superficies inanimadas, como recubrimientos y desinfectantes, superficies nanoestructuradas y productos de limpieza. Finalmente, el tercer grupo está orientado al desarrollo de sistemas de filtros o membranas para el tratamiento de agua o aire.

I. Equipos de protección personal (EPP)

Las diversas rutas de contagio del COVID-19 empiezan por la emisión de pequeñas gotas de fluidos respiratorios de una persona infectada al estornudar, toser o hablar.¹³ Estas gotas contienen a los viriones (partículas virales) y su inhalación constituye la principal y más directa forma de contagio.¹⁴ Asimismo, varias investigaciones indican que también existe riesgo de transmisión por aerosoles, gotas aún más pequeñas, que pueden permanecer suspendidas en el aire durante varias horas.² En este contexto, es indispensable el uso de EPP como mascarillas, guantes, batas, etc., especialmente para el personal médico. Sin embargo, Chin y colaboradores (2020) han demostrado que el virus podría persistir hasta 6 ó 7 días sobre las mascarillas tradicionales y hasta dos días sobre el tejido de fibras naturales.¹⁵

6. Valdiglesias, V.; Laffon, B. *The Impact of Nanotechnology in the Current Universal COVID-19 Crisis. Let's Not Forget Nanosafety!* *Nanotoxicology* **2020**, *14* (8), 1013–1016.
7. Campos, E. V. R.; Pereira, A. E. S.; de Oliveira, J. L.; Carvalho, L. B.; Guilger-Casagrande, M.; de Lima, R.; Fraceto, L. F. *How Can Nanotechnology Help to Combat COVID-19? Opportunities and Urgent Need.* *J. Nanobiotechnology* **2020**, *18*, 1–23.
8. Weiss, C.; Carriere, M.; Fusco, L.; Capua, I.; Regla-Nava, J. A.; Pasquali, M.; Scott, J. A.; Vitale, F.; Unal, M. A.; Mattevi, C.; et al. *Toward Nanotechnology-Enabled Approaches against the COVID-19 Pandemic.* *ACS Nano* **2020**, *14* (6), 6383–6406.
9. Brydson, R.M.; Hammond, C. *Generic Methodologies for Nanotechnology: Classification and Fabrication.* En *"Nanoscale Science and Technology"*; John Wiley & Sons, Ltd.: New Jersey, 2005; pp. 1–55.
10. Reina, G.; Peng, S.; Jacquemin, L.; Andrade, A. F.; Bianco, A. *Hard Nanomaterials in Time of Viral Pandemics.* *ACS Nano* **2020**, *14* (8), 9364–9388.
11. Imani, S. M.; Ladouceur, L.; Marshall, T.; Maclachlan, R.; Soleymani, L.; Didar, T. F. *Antimicrobial Nanomaterials and*

- Coatings: Current Mechanisms and Future Perspectives to Control the Spread of Viruses Including SARS-CoV-2.* *ACS Nano* **2020**, *14* (10), 1234.
12. Chung, Y. H.; Beiss, V.; Fiering, S. N.; Steinmetz, N. F. *COVID-19 Vaccine Frontrunners and Their Nanotechnology Design.* *ACS Nano* **2020**, *14* (10), 12522–12537.
13. Huang, H.; Fan, C.; Li, M.; Nie, H.-L.; Wang, F.-B.; Wang, H.; Wang, R.; Xia, J.; Zheng, X.; Zuo, X.; et al. *COVID-19: A Call for Physical Scientists and Engineers.* *ACS Nano* **2020**, *14* (4), 3747–3754.
14. Prather, K. A.; Wang, C. C.; Schooley, R. T. *Reducing Transmission of SARS-CoV-2.* *Science* **2020**, *368* (6498), 1422–1424.
15. Chin, A. W. H.; Chu, J. T. S.; Perera, M. R. A.; Hui, K. P. Y.; Yen, H.-L.; Chan, M. C. W.; Peiris, M.; Poon, L. L. M. *Stability of SARS-CoV-2 in Different Environmental Conditions.* *The Lancet Microbe* **2020**, *1* (1), e10.
16. Zhong, H.; Zhu, Z.; Lin, J.; Cheung, C. F.; Lu, V. L.; Yan, F.; Chan, C.-Y.; Li, G. *Reusable and Recyclable Graphene Masks with Outstanding Superhydrophobic and Photothermal Performances.* *ACS Nano* **2020**, *14* (5), 6213–6221.

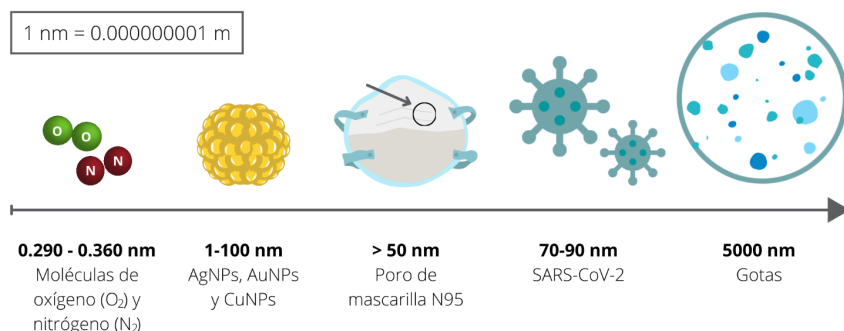


Figura 1. (arriba) Esquema de comparación del diámetro del SARS-CoV-2 y otras dimensiones en la escala nanométrica. Con datos tomados de diferentes fuentes bibliográficas ^{24,11,25,8,2}.

Figura 2. (abajo) Aplicaciones representativas de la nanotecnología para desactivar el SARS-CoV-2 antes de que ingrese al organismo. Adaptado de [Vazquez-Munoz, R.; Lopez-Ribot, J. L. Nanotechnology as an Alternative to Reduce the Spread of COVID-19. Adaptado de Challenges 2020, 11 \(2\), 15. Link licencia: <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>](#)



De acuerdo con Weiss y colaboradores (2020),⁸ el uso de nanomateriales en EPP podría mejorar la captura y retención de las partículas virales, impedir que el aire húmedo exhalado altere la efectividad de las mascarillas, desactivar las partículas virales rápidamente para que no representen una fuente de infección, y proveer un sistema de filtro eficiente y reutilizable. Las nanofibras producidas a partir de una técnica conocida como electrohilado forman una densa red de apariencia similar a una telaraña capaz de capturar hasta las partículas virales más pequeñas. Además, pueden recubrirse con diversos tipos de nanopartículas (NPs) para desactivar los patógenos que hayan sido capturados en mascarillas, mandiles de protección médica y otros EPP.⁸

En ese sentido, se ha investigado exhaustivamente el uso de nanopartículas metálicas, como las nanopartículas de plata (AgNPs). Aunque el mecanismo varía dependiendo del virus, la amplia área superficial de las AgNPs facilita la desactivación del virus por interacción directa con ellas, así como por la liberación de iones Ag⁺. Estas últimas son especies de plata cargadas positivamente por la pérdida de un electrón y que pueden causar daño a la envoltura proteica del virus.^{10,11}

Asimismo, las fibras recubiertas con NPs de cobre (CuNPs) y de dióxido de titanio (TiO₂) han ganado mayor interés por su capacidad de generar las denominadas especies reactivas de oxígeno (ROS), moléculas extraordinariamente reactivas. Las CuNPs, de manera análoga a las AgNPs, liberan iones Cu⁺, que a su vez producen ROS.¹⁰ Por su parte, el TiO₂ posee propiedades fotoquímicas, por lo que la generación de ROS ocurre cuando este absorbe luz ultravioleta o visible.¹¹ Las ROS destruyen las proteínas que rodean al virus, pues alteran su naturaleza a través de la oxidación. A este proceso se le denomina inhibición fotodinámica (PDI) del virus.² Una ventaja del TiO₂ con respecto a los otros materiales discutidos es que presenta una baja toxicidad.⁹ Otra variante de nanomateriales son las NPs de óxido de cobre (CuONPs), como las utilizadas en las mascarillas de la empresa chilena Copper 3D.¹⁷

Una estrategia diferente ha sido la propuesta de Zhong y colaboradores (2020),¹⁶ quienes desarrollaron un método para agregar capas de grafeno a las mascarillas quirúrgicas, un material que consiste en una sola capa de átomos de carbono.¹⁶ Se comprobó que este otorga superhidrofobicidad, es decir, repele las gotas de agua que contienen al virus. Además, presentan propiedades fototérmicas, pues, al ser irradiadas con luz solar pueden alcanzar temperaturas de hasta 80°C, lo que ayuda a esterilizarlas para su reutilización.¹⁶

Otros materiales utilizados en mascarillas incluyen nanofibras de celulosa, desarrolladas por investigadores de Queensland University of Technology (Australia), nanofibras de carbono producidas a partir de coco de la empresa Metamasks (Nueva Zelanda) y nanodiamantes, actualmente bajo investigación por Master Dynamic Limited (China), entre varios otros.¹⁷ Compañías como Profit Royal Pharmaceutical Limited (China), Nanovia (República Checa) y Nano Tar Pak (Irán) también venden mascarillas producidas con nanofibras de distintos tipos.¹⁷

17. [STATNANO. Technology Against Covid-19: Nano Insights into Prevention, Diagnosis, and Treatment. \(2 de junio de 2021\).](#)

2. Superficies inanimadas

Otra potencial ruta de infección indirecta para el COVID-19 es a través de fómites, cuando las gotas con carga viral contaminan una superficie, lo que representa una fuente de contaminación significativa en superficies de alto contacto (manijas, barandas, celulares, paredes, etc).¹³ Aunque hasta la fecha no se ha probado el contagio por esta vía, algunos estudios han demostrado que estos virus permanecen activos por distintos periodos de tiempo dependiendo del tipo de superficie inanimada. Se detectó presencia del virus activo hasta 3 horas después en papel (para impresión y tisú), 2 días en madera, 4 días en vidrio y 7 días en acero y plástico, aunque cabe resaltar que los tiempos de persistencia pueden variar de acuerdo con la metodología y las condiciones de cada estudio (ver **Tabla 1**).^{2,15} La nanotecnología permite diseñar nuevas superficies, modificarlas, o agregarles un recubrimiento que actúe como desinfectante, de modo que presenten marcadas propiedades antivirales.

Las superficies nanoestructuradas pueden disminuir la fijación de patógenos y, debido a su topografía a nanoescala, podrían destruir sus capas externas a través de la interacción física.⁴ Por ejemplo, se ha demostrado que superficies nanoestructuradas de aluminio reducen el potencial de propagación por ángulo de contacto de algunos virus como RSV (virus respiratorio sincicial) y RV (rinovirus), por lo que se ha propuesto que también podrían ser efectivas contra el SARS-CoV-2.² Implementar estas alternativas en instalaciones médicas en superficies de alto contacto podría ser beneficioso incluso para futuras epidemias y como medida sanitaria pública.

Una opción más rápida y accesible es aplicar recubrimientos y desinfectantes de larga duración, que confieren a las superficies la capacidad de auto-desinfección, incluso por varios años. La mayor ventaja sobre los desinfectantes tradicionales es que se aplican una única vez, lo que evita el deterioro que podría causar el uso repetido de

lejía u otros productos.³ Recientemente, una solución de iones de plata Ag^+ y nanopartículas de TiO_2 , creada por la empresa italiana Nanotech Surface, se utilizó para la desinfección de calles en Milán, debido a las propiedades ya descritas.³ Otras NPs metálicas utilizadas en recubrimientos antivirales son las CuNPs y sus variantes, las AgNPs, las NPs oro (AuNPs) y micro-nanoestructuras de óxido de cinc (ZnO-MNSs).^{3,11} Como se mencionó, estas pueden desactivar el virus por interacción física directa, reacciones fotocatalíticas o por generación de ROS. Algunas empresas que producen desinfectantes de este tipo son NANO4LIFE EUROPE L.P. (Grecia), FN Nano Inc. (EE.UU.) y SHEPROS (Malasia).¹⁷

También existen recubrimientos a base de polímeros (específicamente, polielectrolitos que se disocian en polímeros cargados al disolverse en agua), como el Quat-12-PU, compuesto por nanopartículas de poliuretano. Este posee actividad antiviral pues interfiere con la envoltura lipídica del virus que es la barrera que protege su material genético (ARN).¹¹

Por otra parte, empresas como Cor Silver Skin Care (EE.UU.), Nanogist Co., Ltd. (Corea del Sur), Nanopac (Malasia), Flora LLC (Rusia), Lion Corporation (Japón), Silver MSM (Reino Unido), Pinewood (Suecia), Aneethun Professional (Brasil) entre muchas otras han creado nuevas formulaciones de detergentes, jabones, lavavajillas y otros productos de limpieza con NPs metálicas, específicamente AgNPs.¹⁷ Además, la empresa Nanoveu (Singapur y Australia) vende protectores de celular antimicrobianos a base de NPs de óxido de cobre (CuONPs) para producir ROS y los fabricantes indican que puede ser usado contra el SARS-CoV-2.¹⁷

3. Sistemas de filtros

El virus respiratorio SARS-CoV-2 puede ser transmitido por los sistemas de ventilación, lo que representa una constante amenaza en hospitales, vehículos, oficinas, etc.² Una alternativa nanotecnológica son los filtros de aire

Tabla 1. Estabilidad del SARS-CoV-2 en distintas superficies inoculadas con una carga viral de $10^{7.8}$ TCID₅₀/mL.*

Superficie	Temperatura (°C)	Humedad relativa (%)	Estabilidad
Papel tisú	22	65	3 horas
Papel para imprimir	22	65	3 horas
Madera tratada	22	65	2 días
Vidrio	22	65	4 días
Acero inoxidable	22	65	7 días
Plástico	22	65	7 días

*Datos de Chin, A. W. H.; Chu, J. T. S.; Perera, M. R. A.; Hui, K. P. Y.; Yen, H. L.; Chan, M. C. W.; Peiris, M.; Poon, L. L. M. *Stability of SARS-CoV-2 in Different Environmental Conditions*. Adaptado de *The Lancet Microbe* 2020, 1 (1), e10.

compuestos por fibras ultradelgadas de vidrio, a las que se le pueden añadir carbón activado para la adsorción y retención de patógenos, y NPs metálicas para su posterior destrucción. Estas muestran una eficiencia de hasta 99,99999% para partículas de 100 nm.² Por ejemplo, la compañía Turn-Key Environmental Consultants (EE.UU.) vende purificadores de aire que cuentan con un sistema de purificación basado en nanofibras.¹⁷ El fullereno C60, una nanoestructura a base de carbono, también ha sido investigado para la desinfección de aire por su alta generación de ROS y ha mostrado prometedores resultados en la desactivación de bacterias y virus.¹¹

Asimismo, se viene explorando el uso de filtros o membranas con nanomateriales como parte del tratamiento purificación de agua. Algunos filtros modificados con NPs de metales (Ag, Cu, CuO, Zn, etc.), nanotubos de carbono, grafeno, o compuestos fotoactivos (TiO₂, ZnO, etc.) han sido desarrollados para reducir la proliferación de bacterias y virus en efluentes hospitalarios y en agua potable.² De igual manera, se han desarrollado membranas a base de polielectrolitos con CuNPs o AgNPs para desactivar partículas virales en muestras de agua potable contaminada.¹¹ Otro material utilizado para este propósito es el carbón activado, que tiene una alta capacidad de retener al virus en sus nanoporos por un proceso de adsorción.²

PANORAMA ACTUAL

Los ejemplos mostrados en este artículo permiten apreciar varias de las ventajas de la nanotecnología en la lucha contra la pandemia de COVID-19 y como viene siendo desarrollado y aplicado en diferentes países. Además de promover la captura y desactivación prácticamente instantánea del virus, requiere de una mínima cantidad de material, no necesita ser reaplicado de manera continua,¹¹ y se pueden producir a bajo costo, un factor determinante para la aplicación de estos a gran escala.⁴

Sin embargo, un aspecto menos discutido, pero de igual importancia, está asociado a los potenciales efectos de la nanotecnología en el medio ambiente y en la salud humana. Si bien su amplia área superficial es de gran interés en diferentes aplicaciones, también los hace más reactivos. Lamentablemente, aún no se cuentan con regulaciones ni protocolos establecidos de evaluación de riesgos toxicológicos y de seguridad ambiental.⁶ Muchas de las pruebas hasta ahora realizadas se han enfocado en estudios *in vitro* o *in vivo*, o en modelos computacionales que evalúan los potenciales efectos adversos de los desechos generados. Así, por ejemplo, telas y cosméticos con nanomateriales de TiO₂ han sido evaluados para determinar los potenciales efectos en mamíferos; se han realizado pruebas de nanopartículas en diferentes cultivos celulares; y se han modelado los efectos

de diversas nanopartículas metálicas cuando son desechadas y terminan en un sistema de reciclaje, incineradas o en un depósito de relleno.^{11,18} Definitivamente este es un campo en la nanotecnología que aún requiere ser abordado a fin de generar pruebas específicas y no limitarse al uso de los protocolos estándar que solo contemplan la evaluación de materiales de mayores dimensiones.

Cabe resaltar que el descubrimiento de los nanomateriales no solo ha dado lugar al desarrollo de aplicaciones contra el COVID-19. La nanotecnología se ha utilizado en los últimos años para diversas aplicaciones, tales como otorgar propiedades impermeables o protección UV para la ropa, o para el desarrollo de nanosensores que puedan detectar la presencia de toxinas en diversos alimentos, solo por nombrar algunas.^{19,20}

Se ha mencionado tecnología utilizada en diversos países del mundo para combatir el COVID-19. En el caso puntual del Perú, existen algunas iniciativas dentro de esta misma línea, por ejemplo, un grupo de investigación de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos empezará a producir mascarillas N95 utilizando nanofibras elaboradas a partir de la técnica de electrohilado, mientras que científicos de la Universidad Nacional de Ingeniería incorporarán NPs de óxido de cobre y cinc a telas de algodón para su uso en indumentaria médica.^{21,22} Otras investigaciones en el Perú podrían verse complementadas por el uso de la nanotecnología, como el esterilizador portátil de luz UV para mascarillas, que está siendo desarrollado por un equipo de la Universidad de Ingeniería y Tecnología, y que podría servir como activador de las propiedades fotoquímicas de algunas NPs.²³ De igual manera, la investigación para desarrollar pinturas con tanatos de cobre para inhibir la permanencia del SARS-CoV-2 en superficies, desarrollada por un equipo de la

18. Mazari, S. A.; Ali, E.; Abro, R.; Khan, F. S. A.; Ahmed, I.; Ahmed, M.; Nizamuddin, S.; Siddiqui, T.H.; Hossain, N.; Mubarak, N.M.; Shah, A. Nanomaterials: applications, waste-handling, environmental toxicities, and future challenges-A review. *Journal of Environmental Chemical Engineering* **2021**, *9*(2), 105028.
19. RESEARCHANDMARKETS.COM, 2020. Issues Report on Nanotechnology Clothing Global Market Report 2020-30: COVID-19 Growth and Change. Health & Beauty Close - Up. (11 de enero de 2021).
20. Hernández, Y.; Lagos, L. K.; Galarreta, B. C. Development of a Label-Free-SERS Gold Nanoaptasensor for the Accessible Determination of Ochratoxin A. *Sens. Bio-Sensing Res.* **2020**, *28*, 100331.
21. RPP, 2020. Proyecto para elaborar mascarillas N95 con nanotecnología obtuvo premio de Concytec contra la COVID-19. (2 de junio de 2021).
22. ANDINA, 2020. Científicos de la UNI validarán producción de telas que eviten contagio de covid-19. (2 de junio de 2021).
23. UTEC, 2020. COVID-19: "Es motivador ver cómo nuestros alumnos se involucran y buscan espacios para aportar soluciones para el país". (2 de junio de 2021).

PUCP, podría ser potenciada con el uso de nanomateriales.²⁴

Científicos, médicos, ingenieros e investigadores de todas las ramas de la ciencia se encuentran en una constante búsqueda de nuevas soluciones para reducir los efectos de la pandemia. La nanotecnología ofrece variadas posibilidades para mitigar la propagación del SARS-CoV-2 y maximizar la prevención del COVID-19. En este artículo, se han intentado nombrar los avances más importantes hasta la fecha. Las estrategias descritas deben ser consideradas como una opción viable y efectiva para ser aplicada en nuestro país, en el que las regiones más remotas no disponen de adecuada infraestructura ni acceso a servicios básicos de salud.

El uso de la nanotecnología para combatir el virus es de extrema relevancia no solo en las circunstancias actuales, sino también para enfrentarnos a futuras infecciones y epidemias. Es primordial que se continúe fomentando la investigación en torno a estos temas en el país, así como la divulgación científica y aprendizaje de la ciencia desde una edad temprana. De este modo, consideramos que, a medida que aumente el conocimiento del público general sobre estas y otras tecnologías innovadoras, habrá una mejor percepción sobre el trabajo que realiza la comunidad científica, un menor

grado de desinformación y potencialmente se podrán generar más oportunidades de desarrollo en la sociedad.

Agradecimientos: Las autoras agradecen a Estudios Generales Ciencias y al Vicerrectorado de Investigación de la PUCP por el apoyo económico que Sylvia A. Aphang ha recibido como parte de la Convocatoria de Proyectos de Iniciación a la Investigación 2020.

Texto recibido: 16 de marzo de 2021

Aceptado en forma final: 02 de junio de 2021

CÓMO CITAR ESTE ARTÍCULO

Aphang Ly, S. y Galarreta, B.C. El potencial de la nanotecnología para evitar que el SARS-Cov-2 ingrese a nuestro organismo. *Revista de Química*, **2021**, 35(1), 31-36. <http://revistas.pucp.edu.pe/index.php/quimica/article/view/23470>

24. DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA, 2020. Equipo de la PUCP trabaja para desarrollar una pintura anti COVID-19 para el transporte público. (2 de junio de 2021).
25. Sing, K. S. W.; Williams, R. T. The Use of Molecular Probes for the Characterization of Nanoporous Adsorbents. *Part. & Part. Syst. Charact.* **2004**, 21 (2), 71–79.
26. Zangmeister, C. D.; Radney, J. G.; Vicenzi, E. P.; Weaver, J. L. Filtration Efficiencies of Nanoscale Aerosol by Cloth Mask Materials Used to Slow the Spread of SARS-CoV-2. *ACS Nano* **2020**, 14 (7), 9188–9200.