

<https://orcid.org/0000-0001-5372-1440>  
<https://orcid.org/0000-0002-6105-2184>

## ANALIZANDO DISTINTOS TIPOS DE MASCARILLAS USADAS EN LA PROTECCIÓN CONTRA EL VIRUS SARS-COV-2: UNA PERSPECTIVA AMBIENTAL Y BIOTECNOLÓGICA

## ANALYZING DIFFERENT TYPES OF MASKS USED IN PROTECTION AGAINST THE SARS-COV-2 VIRUS: AN ENVIRONMENTAL AND BIOTECHNOLOGICAL PERSPECTIVE

Edvin Lagunes-Carvajal y Adriana Romero-Balboa-Osorio  
Facultad de Ciencias Biológicas  
Licenciatura en Biotecnología

Benemérita Universidad Autónoma de Puebla

[edvin.lagunes-carvajal@viep.com.mx](mailto:edvin.lagunes-carvajal@viep.com.mx), [adriana.romero-balboa-osorio@viep.com.mx](mailto:adriana.romero-balboa-osorio@viep.com.mx)

### Resumen

El virus SARS-CoV-2 ha obligado a la población mundial a hacer uso de distintas prácticas de prevención para así evitar el contagio de la enfermedad COVID-19. Una de estas prácticas es el uso de mascarilla facial, sin embargo esto se ha traducido en un daño ambiental muy grande debido a que las personas no saben con exactitud qué mascarilla usar, ni cual es tiempo idóneo de utilización. Debido a ello, en el presente artículo se abordarán los distintos tipos de mascarillas, así como los distintos protocolos que el sector sanitario ha desarrollado para el uso correcto de mascarillas y el manejo correcto de los desechos. De igual forma se pondrán en evidencia las distintas alternativas que el sector biotecnológico ha propuesto para disminuir el daño ambiental y salvaguardar la salud pública.

**Palabras clave:** *mascarilla facial, virus SARS-CoV-2, medio ambiente, contaminación, innovaciones biotecnológicas.*

## Abstract

The SARS-CoV-2 virus has forced the world's population to use different prevention practices to prevent the spread of COVID-19 disease. One of these practices is the use of a face mask. However, this has resulted in enormous environmental damage because people do not know exactly which mask to wear or the ideal use time. Due to this, this article will address the different types of masks, as the different protocols that the healthcare sector has developed for the correct use of masks and the correct handling of waste. Similarly, the various alternatives that the biotechnology sector has proposed to reduce environmental damage and safeguard public health will be highlighted.

**Keywords:** *face mask, SARS-CoV-2 virus, environment, pollution, biotechnology innovations.*

## Introducción

El 31 de diciembre de 2019 (OMS, 2020) fue anunciado ante la OMS la existencia del COVID-19, causada por el nuevo coronavirus conocido como SARS-CoV-2; esto al ser informada la OMS de un grupo de casos de «neumonía vírica» que se habían declarado en Wuhan (OMS, 2020). Ante el alto potencial de convertirse en pandemia, se comenzaron a proponer una serie de medidas precautorias para frenar el contagio del SARS-CoV-2, entre ellas se destaca el distanciamiento social, los confinamientos, la promoción al lavado recurrente de manos y el uso de mascarillas de un solo uso (Fadare, 2020). Incluso, la Organización Mundial de la Salud (OMS) recomendó el uso de mascarillas como parte de un conjunto amplio de medidas de prevención y control dirigidas a limitar la propagación del SARS-CoV-2, el virus que causa la COVID-19, a pesar de esto la OMS también afirma que una mascarilla, aun cuando sea utilizada de forma correcta, no basta para proporcionar una protección adecuada o controlar la fuente de contagio, por lo que es imperante llevar a cabo las medidas sanitarias en conjunto. En el presente artículo, por medio de los resultados de una investigación documental, se pretende profundizar en las temáticas relacionadas con el impacto ambiental que el uso de distintos tipos de mascarillas utilizadas para la prevención del contagio, y la efectividad de cada una de estas, para así informar a la sociedad y plantear distintas alternativas

para reducir el daño provocado por desinformación y un mal manejo de los desechos por parte de la sociedad.

## Problemáticas de salud y medioambientales

Al comenzar la pandemia, la población en general comenzó a acaparar las mascarillas que primordialmente debían ser destinadas a los trabajadores de la salud, y de acuerdo a Wu y colaboradores (2020), las mascarillas comenzaron a escasear, por lo que fue requerido un aumento en la producción diaria para satisfacer los 20 millones de mascarillas que al día eran requeridas en China (OMS, 2020). Lo anterior conlleva a un incremento sin precedentes en la producción global de mascarillas, las cuales son producidas utilizando materiales sintéticos como polipropileno, poliuretano, poliacrilonitrilo, poliestireno, policarbonato, polietileno o poliéster (Potluri y Needham, 2005). Las implicaciones que ha tenido la utilización de mascarillas es el uso indiscriminado, teniendo un doble efecto negativo, por un lado estas mascarillas contaminan diversos nichos ecológicos, y por otra parte los microplásticos generados por su degradación pueden actuar como medio idóneo para el brote de enfermedades, ya que se sabe que las partículas de plástico propagan microorganismos como patógenos invasores (Reid *et al.*, 2019).

## Impacto en el ambiente

La gran mayoría de las mascarillas desechables producidas por polímeros sintéticos están elaboradas por tres capas; una capa interna (fibras blandas), una capa intermedia (filtro fundido por soplado) y una capa externa (fibras no tejidas resistentes al agua y usualmente de color). Según menciona Dutton (2008), el filtro fundido es la principal capa filtrante de la mascarilla, y este se produce por la fabricación convencional de micro y nanofibras, donde el polímero fundido se extruye a través de pequeñas boquillas, con gas de soplado de alta velocidad.

Con base en la estructura general que componen a la mayoría de las mascarillas descartables, es entendible que al desecharse las mascarillas y pasar por un proceso de degradación, en su camino estas se transforman en microplásticos que contaminan los ecosistemas acuáticos. Las implicaciones ambientales de las partículas plásticas es un

tema que ha sido ampliamente demostrado, y entre sus consecuencias adversas incluye la potencial amenaza para los organismos de vida marina, los cuales constituyen la mayor parte de la red de alimentación, lo que es de gran relevancia debido a que se ha encontrado que los animales ingieren microplásticos, los cuales causan un detrimento en su propia población, y al mismo tiempo genera una gran preocupación en materia de seguridad alimentaria (Fadare et al., 2020). Por otro lado, la contaminación ambiental reduce el valor estético y recreativo, que son vitales para la estabilidad social y mental humana. También se ha informado que la presencia de plásticos en el medio ambiente contribuye significativamente al cambio climático debido a la emisión de carbono y un mayor riesgo para la cadena alimentaria global (Fadare et al., 2020). Sin mencionar que las mascarillas utilizadas por las personas para protegerse de la propagación de la COVID-19, son arrojadas como sinónimo del final de su vida útil en calle, mares y en la naturaleza, una investigación realizada por el grupo conservacionista del grupo “OceanAsia” (OceanAsia, 2019) reportó que debido a que los desechos generados para la protección individual no siempre se eliminan adecuadamente, las consecuencias negativas para la vida silvestre y la lucha contra la contaminación por plástico son prácticamente inevitables. Por ejemplo, un estudio estimó que si la población mundial utilizara la misma cantidad de mascarillas y guantes que se usaron en Italia en la primavera de 2020, se estarían consumiendo unos 129.000 millones de mascarillas y 65.000 millones de guantes mensualmente en todo el mundo. Desde el 2020, el uso de plásticos de un solo uso como guantes, desechos médicos y mascarillas se ha disparado de manera asombrosa. El aumento de los residuos plásticos incrementó de manera considerable, de forma que los sistemas de reciclaje han colapsado en algunos países (Li et al., 2021). Si no se toman medidas por parte de las autoridades y la sociedad, más del 70% de este plástico terminará tirado en océanos y vertederos, y hasta un 12% será quemado causando contaminación y enfermedad en las zonas más vulnerables del planeta. (ONU, 2021). El aumento de los desechos plásticos y médicos es una realidad en todo el mundo y ha llegado a colapsar los sistemas de reciclaje existentes en algunos lugares (Li et al., 2021). En Singapur, durante un cierre de ocho semanas en el 2020, se generaron 1470 toneladas adicionales de desechos plásticos solo a partir de envases para llevar (Bengali, S., 2020). En Wuhan, China, los desechos médicos aumentaron seis veces a 240 toneladas por día durante la pandemia, sobrecargando la capacidad de incineración de la ciudad de 49 toneladas diarias (Sing, et al., 2020). Un solo hospital en

Jordania produjo diez veces más desechos médicos por día, con solo 95 pacientes de COVID-19, de lo que normalmente produce (Farzadkia, 2018). En Teherán, la capital iraní, los desechos médicos de los hospitales aumentaron entre el 17,6% y el 61,9% durante los primeros meses de la pandemia, es decir de 52 a 74 toneladas por día a 80 a 110 toneladas por día (ONU news 2021).



**Figura 1.** Gary Stokes, del grupo conservacionista OceansAsia, sostiene mascarillas quirúrgicas encontradas en las islas Soko. Obtenido vía sitio web de OceanAsia

## Tipos de mascarillas diferentes usos y su efectividad

Desde el inicio, e incluso durante el inesperado enfrentamiento en contra del virus SARS-CoV-2, distintas marcas y fábricas dedicadas a la elaboración y distribución de mascarillas faciales han incrementado de manera exponencial sus ventas y producción debido a la gran demanda que estas tienen (Kambhampty, A., 2021). La gran pregunta central del presente artículo es: ¿qué mascarilla es la más efectiva frente al SARS-CoV2?

Una interrogante tan simple debería de ser sencilla de responder, sin embargo, a lo largo de la lucha constante de la población y especialistas contra el virus, esta incógnita parece no ser respondida con claridad, dejando a muchas personas con duda acerca del tipo de mascarilla que debe usar y sobre todo si la que usa realmente cumple su propósito principal que es evitar el contagio del virus. Hasta el momento solo existen datos científicos limitados y contradictorios que avalen la eficacia del uso de mascarillas por parte de personas sanas en entornos comunitarios, con el fin de prevenir la infección con

virus respiratorios, entre ellos el SARS-CoV-2 (Chou *et al.*, 2020). Desde inicios del 2020, una gran variedad de cubrebocas ha aparecido en el mercado durante el brote actual de COVID-19, en gran parte debido a la disponibilidad limitada de mascarillas faciales adecuadas (Goh *et al.*, 2020). De forma siguiente se mencionan algunos tipos de mascarillas faciales más utilizadas y su eficacia frente a la propagación del virus.

## Tipos de mascarillas

De acuerdo con la Universidad de Maryland, existen diversos tipos de mascarillas que se adecúan a distintas necesidades, pero una constante que existe entre ellas es que todas deben ajustarse a la cara y cubrir tanto la nariz como la boca para que sean efectivas (University of Maryland, 2021).

### 1. Mascarilla antipolvo

Una mascarilla antipolvo es una mascarilla desechable moldeada hecha de una almohadilla de papel. Si bien protege contra polvos no tóxicos durante trabajos de limpieza y construcción de casas polvorientas, no brinda protección contra microorganismos (Goh *et al.*, 2020).



**Figura 2.** Mascarilla antipolvo. Obtenida del sitio web RidStore.

### 2. Mascarilla facial de una sola capa

Muchos gobiernos han presentado diferentes pautas para cubrir la boca y la nariz con mascarillas faciales de una sola capa hechas de una sola capa de tela no tejida. Los trabajadores de la industria alimentaria utilizan habitualmente máscaras de este tipo. Estas mascarillas son solo para un solo uso, nunca se lavan ni se reutilizan y no brindan protección contra los microorganismos (Goh *et al.*, 2020).





**Figura 3.** Mascarilla de una sola capa. Autoría de Darby y colaboradores (2020).

### 3. Mascarilla quirúrgica

La mascarilla quirúrgica tiene tres capas. El material de la capa más interna absorbe la humedad del aliento de los usuarios, la capa intermedia de material fundido actúa como un filtro mientras que la capa externa repele el agua y otros líquidos. Sin embargo, a pesar de la naturaleza hidrofóbica de la capa externa, las gotas de agua que contienen virus peligrosos pueden permanecer en ella (Shen y Leonas, 2005).



**Figura 4.** Mascarilla quirúrgica. Obtenido vía University of Maryland.

### 4. Mascarilla respirador

Una máscara de respiración forma un sello hermético alrededor de la nariz y la boca y protege al usuario de la exposición a partículas nocivas, gases y microorganismos, incluidas bacterias, virus y hongos. El filtro está formado por millones de microfibras de capas de polipropileno que están cargadas electrostáticamente. La carga eléctrica conserva su capacidad para filtrar microorganismos. Las mascarillas respiratorias están certificadas como N, R o P dependiendo de su capacidad para ofrecer resistencia a las partículas a base de aceite. 'N' significa 'no resistente al aceite' y estas máscaras solo se pueden usar para filtrar partículas que no contienen aceite. Las máscaras etiquetadas

con 'R' y 'P' son 'algo resistentes al aceite' y 'fuertemente a prueba de aceite', respectivamente.

Las máscaras de respiración tipo 'N' se dividen a su vez en N95, N99, N100 según la eficacia de filtración. Las mascarillas de respiración N95 y N99 filtran al menos el 95% y el 99%, respectivamente, de las partículas  $> 0,3 \mu\text{m}$ . Se prefiere el corte de  $0,3 \mu\text{m}$  porque las partículas  $\geq 0,3 \mu\text{m}$  pueden penetrar en el tejido pulmonar. Aunque los coronavirus miden  $0.06\text{--}0.14 \mu\text{m}$  de diámetro, su pequeño tamaño los convierte en el movimiento browniano aleatorio, lo que los hace más propensos a ser atrapados por el filtro del respirador. Por lo tanto, las mascarillas de respiración N95 filtran el coronavirus de forma eficaz, siempre que la mascarilla tenga un sellado adecuado. Por lo tanto, es necesaria una prueba de ajuste antes de ponerse estas máscaras (Goh, et al., 2020).



Figura 5. Mascarilla N95. Obtenido vía University of Maryland.

## 5. Cubrebocas con válvula

Las mascarillas de respiración N95 están disponibles con válvula y sin válvula. Las mascarillas respiratorias con válvula N95 no son adecuadas para pacientes que padecen COVID-19 ya que durante la exhalación permitirán que el virus se propague fácilmente y pueda, potencialmente, infectar a las personas que los rodean (Goh, et al., 2020).





**Figura 6.** Mascarilla N95 con válvula. Obtenida vía Plater (2020).

### ¿Cómo disminuir el impacto ecológico?

En cuanto a las mascarillas, cualquiera sea su tipo, es esencial que se utilicen, almacenen, limpien o desechen de manera apropiada, a fin de asegurar la máxima eficacia posible y evitar un aumento del riesgo de transmisión. La observancia de las prácticas correctas para el manejo de las mascarillas es variable, lo que pone de relieve la necesidad de transmitir mensajes apropiados (Machida, et al., 2020).

Dentro de las opciones que se proponen para disminuir la generación de residuos por las mascarillas faciales, se encuentra la utilización de mascarillas reutilizables y que al mismo tiempo confieran protección, como las mascarillas de tricapa de tela lavable, caretas plásticas, los respiradores y las mascarillas N95. Sin embargo, si bien algunos recomiendan las mascarillas de tela hechas en casa que se pueden volver a usar siempre y cuando se sigan las recomendaciones de higiene y se laven después de cada uso, para muchos la opción más simple es la mascarilla quirúrgica, que no es reutilizable. Para la desinfección óptima del equipo de mascarillas reutilizables se recomienda la utilización de luz ultravioleta, ozono, peróxido de hidrógeno ionizado, y la exposición a calor mediante microondas o alguna fuente calorífica (Aregaw, 2020). No obstante, es entendible que en la vida cotidiana no se puedan utilizar el equipo de desinfección óptimo, sin embargo siguiendo las recomendaciones de la OMS (figura 3), es posible utilizar de forma segura las mascarillas reutilizables, y de esta forma cuidar la salud sin poner en riesgo al medio ambiente (OMS, 2020). Añadido a esto, parte de la contaminación generada en este periodo pandémico ha sido gracias al uso de guantes desechables como medida de prevención, sin embargo, la Organización Mundial de la Salud (OMS) menciona que lavarse regularmente las manos ofrece mayor protección

para frenar el contagio de la COVID-19 que el uso de guantes de goma cuando se está en áreas públicas, mientras que el Centro de Control y Prevención de Enfermedades de E.U.A. (CDC, 2021) afirma que las mascarillas de tela lavables, al utilizarlas a la par de las medidas sanitarias, ofrecen la protección necesaria para los usuarios.



Figura 3. Uso correcto de las mascarillas reutilizables. Obtenido vía Organización Mundial de la Salud (2020).

### Innovaciones Biotecnológicas

Antes de entrar a tema con las alternativas propuestas por distintos grupos de investigación universidades y complejos desarrolladores de tecnología, se hará una justa mención a un sector en particular que desde el comienzo de la pandemia de COVID-19, ha comenzado el diseño y fabricación de máscaras personalizadas con el apoyo de varios materiales de tela deportiva funcionalizados y son algunas marcas asiáticas de ropa casual y deportiva como Yonex, Mizuno y Uniqlo. Los productos de mascarilla producidos por estas empresas tienen ventajas deseables, como ser lavables, fáciles de respirar, de secado rápido e incluso respetuosos con el medio ambiente. Con el fin de

intentar seguir un modelo de producción sustentable y que sea responsable con el medio ambiente, han surgido los denominados *bioplásticos*, los cuales son polímeros derivados de biomasa, que si bien son de menor vida útil que los plásticos convencionales, estos son obtenidos mediante recursos renovables y no dependen de los combustibles fósiles (Liao *et al.*, 2021).

## **Bioplásticos**

A finales de junio de 2020, Rodríguez y colaboradores identificaron que en Latinoamérica existen más de 20 iniciativas de innovación y desarrollo en biotecnología médica y biomedicina, para enfrentar la pandemia causada por el SARS-CoV-2.

Los bioplásticos ofrecen una opción biodegradable duradera y resistente y podrían ser una alternativa viable para la reducción de la huella de carbono durante la producción de materiales derivados de hidrocarburos como lo son las mascarillas hechas a base de polipropileno, poliésteres alifáticos (PLA y PHA) y poliésteres furánicos-alifáticos (PEF y PEF-co-PLA), los cuales son de gran interés debido a que pueden ser utilizados para la fabricación de equipo de protección personal (PPE) debido a sus propiedades termofísicas y sus tasas de degradación (Patricio *et al.*, 2021). Sin embargo, aún se necesita escalar a nivel industrial estas innovaciones y transitar hacia nuevas técnicas que permitan tener soluciones sustentables ante las problemáticas de salud y que a su vez sean asequibles al público en general.

## **Mascarillas elaboradas a partir de materiales innovadores**

El desarrollo del mercado ya ha impulsado los esfuerzos científicos y tecnológicos para explorar materiales de fibra y fabricaciones de telas que puedan respaldar las demandas continuas de nuevas propiedades y funciones: reutilizable, biodegradable, respetuoso con el medio ambiente, barato, fácil y cómodo de llevar (Karim *et al.*, 2020). A continuación se presentan algunas alternativas reutilizables y con gran efectividad que se han desarrollado a nivel biotecnológico (Liao *et al.*, 2021).

Tabla 1. Tipos de mascarillas reutilizables con innovaciones biotecnológicas			
Mascarilla	Material	Innovación biotecnológica	Formas de desinfección
Mascarilla de grafeno reutilizable con auto esterilización. <sup>a</sup>	Mascarilla no tejida con cubierta de grafeno. <sup>a</sup>	El grafeno crea una superficie hidrofóbica para evitar el ingreso de gotas de saliva. <sup>a</sup>	Esterilizable bajo la luz del sol (80 °C). <sup>a</sup>
Mascarilla biónica de nanofibras que imita la telaraña. <sup>b</sup>	Mascarilla de nanofibras de poliestireno poroso con una capa intermedia de imidazolato zeolítico (ZIF-67). <sup>b</sup>	El ZIF actúa como un buen adsorbente de gases debido a su microporosidad. Las redes de nanofibras son ideales para la captación de contaminantes en su superficie. <sup>b</sup>	Pueden ser lavadas con agua y etanol. <sup>b</sup>

Nota. <sup>a</sup>Zhong et al. (2020). <sup>b</sup>Zhu et al. (2019).

Dentro de las innovaciones biotecnológicas, también se resaltan dos tipos de mascarillas que si bien, la literatura no especifica si son reutilizables o desechables, la tecnología propuesta podría utilizarse para desarrollar mascarillas reutilizables debido a las propiedades de cada una.

En primer lugar está la mascarilla de gestión térmica a base de nanofibras, la cual está compuesta por nanofibras poliméricas de poliacrilonitrilo, poliimida y nylon. Estas nanofibras tienen alta eficiencia de eliminación de partículas y permeabilidad al aire, por lo que debido a ello estas mascarillas no son un medio propicio para la incubación de bacterias. De igual forma, se ha experimentado con mascarillas para condiciones ambientales de temperatura cálida, las cuales han elaborado en combinación fibra/polietileno nanoporoso (nanoPE) y plata, los resultados han sido muy favorables para la remoción de partículas, permeabilidad del aire y propiedades de enfriamiento, lo cual hace que este tipo de mascarillas provean de seguridad y comodidad para el usuario (Yang, et al., 2017).

En segundo lugar, se encuentran las mascarillas antimicrobianas modificadas con nanopartículas, un estudio demostró que las nanopartículas de cobre tienen actividad inhibitoria contra el crecimiento bacteriano y fúngico (Ramya Devi, et al., 2012). De igual forma se ha reportado que la adición de nanopartículas de Ag, Ti/Ni y MgF<sub>2</sub> tienen efectos antimicrobianos cuando se incorporan en membranas o mascarillas faciales (Hiragond, et al., 2018).

## **Conclusión: del presente al futuro**

En la actualidad, lamentablemente la pandemia ocasionada por el coronavirus no ha llegado a su fin, por lo que es necesario seguir tomando las medidas precautorias para prevenir adquirir la infección. Debido a ello es recomendable seguir las indicaciones de las autoridades sanitarias, y en función de la utilización de las mascarillas recordar que si se utilizarán mascarillas caseras o reutilizables, es conveniente utilizar un sistema de tres capas, donde la capa más interna sea de un material hidrófilo, la capa más externa hecha de material hidrófobo y la capa intermedia sea hidrofóbica para retener mejor las gotas (OMS, 2020). También es necesario recalcar la necesidad de lavarse las manos antes y después de ponerse la mascarilla, así como en cada ocasión que la toque; también es importante comprobar que esta le cubra nariz, boca y mentón, de igual forma es necesario lavarla todos los días con jabón o detergente, y de preferencia con agua caliente (60 °C), si no es posible lavar en agua caliente, posterior al lavado se recomienda hervir la mascarilla durante 1 minuto (OMS, 2020). Al elegir no disponer de una mascarilla de un solo uso si bien se elige no contaminar de forma masiva al medio ambiente, también se elige la responsabilidad de mantener la higiene y los requerimientos recomendados para no adquirir la enfermedad, y de igual forma no contagiar a las personas. Utilizar mascarilla puede salvar tu vida, y si lo haces de forma adecuada y con medidas integrales de prevención puede salvar vidas sin comprometer al planeta.

## **Declaración de intereses**

Los autores declaran que no tienen intereses económicos o relaciones personales que puedan haber influido en la elaboración del presente artículo.

## **Agradecimientos**

Agradecemos al Dr. González Vergara por el apoyo brindado para la elaboración del presente trabajo, así como a la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla que nos ha permitido desarrollarnos y crecer académicamente.



## Referencias

Aragaw T. A. (2020). *Surgical face masks as a potential source for microplastic pollution in the COVID-19 scenario*. *Marine pollution bulletin*, 159, 111517. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2020.111517>

Bengali, S. (2020, 13 junio). COVID-19 pandemic creates tidal wave of plastic waste. *Los Angeles Times*. Recuperado 21 de octubre de 2021, de <https://www.latimes.com/world-nation/story/2020-06-13/coronavirus-pandemic-plastic-waste-recycling>

Centro para el Control y la Prevención de Enfermedades (CDC). (2021, 13 agosto). El COVID-19 y su salud. Centers for Disease Control and Prevention. <https://espanol.cdc.gov/coronavirus/2019-ncov/prevent-getting-sick/about-face-coverings.html>

Chou R, Dana T, Jungbauer R, Weeks C, McDonagh MS. *Masks for Prevention of Respiratory Virus Infections, Including SARS-CoV-2, in Health Care and Community Settings: A Living Rapid Review*. *Ann Intern Med*. 2020;173(7):542-555. doi:10.7326/M20- 3213.

Darby, S., Chulliyallipalil, K., Przyjalowski, M., McGowan, P., Jeffers, S., Giltinan, A., & Lewis, L. (2020, 22 diciembre). Photographs of the test materials. [Fotografía]. <https://www.futuremedicine.com/doi/full/10.2217/fmb-2020-0292>

Dutton K.C. *Overview and analysis of the meltblown process and parameters*. *J. Tex. App. Tech. Manag.* 2008;6:2008.

Dust mask. (s. f.). [Fotografía]. <https://www.risdstore.com/art-alternatives-disposable-dust-masks-5-pack.html>

Fadare, O. O., & Okoffo, E. D. (2020). *Covid-19 face masks: A potential source of microplastic fibers in the environment*. *The Science of the total environment*, 737, 140279. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.140279>

Farzadkia, M., Akbari, H., Gholami, H., & Darabi, A. (2018). Management of Hospital Waste: A Case Study in Tehran, Iran. *Health Scope*, 7(2). <https://doi.org/10.5812/jhealthscope.61412>

Goh, Y., Tan, B., Bhartendu, C., Ong, J., & Sharma, V. K. (2020). The face mask: How a real protection becomes a psychological symbol during Covid-19?. *Brain, behavior, and immunity*, 88, 1–5. <https://doi.org/10.1016/j.bbi.2020.05.060>

Hiragond, C. B., Kshirsagar, A. S., Dhapte, V. V., Khanna, T., Joshi, P., & More, P. V. (2018). *Enhanced anti-microbial response of commercial face mask using colloidal silver nanoparticles*. *Vacuum*. doi:10.1016/j.vacuum.2018.08.007

Kambhampaty, A. P. (2021, 26 septiembre). Mask Sales Rise as Delta Variant Cases Increase. *The New York Times*. Recuperado 21 de octubre de 2021, de <https://www.nytimes.com/2021/08/05/style/masks-sales-delta-variant-covid.html>

Karim, N., Afroj, S., Lloyd, K., Oaten, L. C., Andreeva, D. V., Carr, C., Farmery, A. D., Kim, I. D., & Novoselov, K. S. (2020). Sustainable Personal Protective Clothing for Healthcare Applications: A Review. *ACS Nano*, 14(10), 12313–12340. <https://doi.org/10.1021/acsnano.0c05537>

Machida M, Nakamura I, Saito R, Nakaya T, Hanibuchi T, Takamiya T, et al. *Incorrect Use of Face Masks during the Current COVID-19 Pandemic among the General Public in Japan*. *Int J Environ Res Public Health*. 2020

Li, C., Wang, L., Zhao, J., Deng, L., Yu, S., Shi, Z., & Wang, Z. (2021). The collapse of global plastic waste trade: Structural change, cascading failure process and potential solutions. *Journal of Cleaner Production*, 314, 127935. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.127935>

Liao, M., Liu, H., Wang, X., Hu, X., Huang, Y., Liu, X., Brenan, K., Mecha, J., Nirmalan, M., & Lu, J. R. (2021). *A technical review of face mask wearing in preventing respiratory COVID-19 transmission*. *Current Opinion in Colloid & Interface Science*, 52, 101417. <https://doi.org/10.1016/j.cocis.2021.101417>

Organización Mundial de la Salud. Enfermedad por el coronavirus (COVID-19): Vacunas [Internet]. Organización Mundial de la Salud [Citado 13/04/2021]. Disponible en: [https://www.who.int/es/news-room/q-a-detail/coronavirus-disease-\(covid-19\)-vaccines?adgroupsurvey={adgroupsurvey}&gclid=Cj0KCCQiA2afBRDzARIsAIVQUOdX7oISslyLr3nCbYMerSh\\_v2KYX8\\_gqISko8xxuXh\\_WTWfNaTFzPla\\_s3BEALw\\_wcB](https://www.who.int/es/news-room/q-a-detail/coronavirus-disease-(covid-19)-vaccines?adgroupsurvey={adgroupsurvey}&gclid=Cj0KCCQiA2afBRDzARIsAIVQUOdX7oISslyLr3nCbYMerSh_v2KYX8_gqISko8xxuXh_WTWfNaTFzPla_s3BEALw_wcB)

Organización Mundial de la Salud. (2020, 1 diciembre). Preguntas y respuestas sobre la COVID-19 y las mascarillas. <https://www.who.int/es/emergencias/diseases/novel-coronavirus-2019/question-and-answers-hub/q-a-detail/coronavirus-disease-covid-19-masks>

Organización Mundial de la Salud. (s. f.). Cómo utilizar una mascarilla higiénica de tal de forma segura [Infografía]. [Citado 13/04/2021]. Disponible en: [https://www.who.int/images/default-source/health-topics/coronavirus/who-clothing-masks-dos-infographic-es.jpg?sfvrsn=679fb6f1\\_28](https://www.who.int/images/default-source/health-topics/coronavirus/who-clothing-masks-dos-infographic-es.jpg?sfvrsn=679fb6f1_28)

OceanAsia. (2020, 7 diciembre). COVID-19 Facemasks & Marine Plastic Pollution. OceanAsia. Recuperado 21 de octubre de 2021, de <https://oceansasia.org/es/covid-19-facemasks/>

OceanAsia. (2020a, diciembre). The impact of COVID-19 on marine plastic pollution [Fotografía]. <https://oceansasia.org/es/covid-19-facemasks/>

Patrício Silva, A. L., Prata, J. C., Walker, T. R., Duarte, A. C., Ouyang, W., Barcelò, D., & Rocha-Santos, T. (2021). *Increased plastic pollution due to COVID-19 pandemic: Challenges and recommendations*. *Chemical engineering journal* (Lausanne, Switzerland: 1996), 405, 126683. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2020.126683>

Plater, R. (2020, 16 mayo). A certain type of n95 mask may do more harm than good [Fotografía]. <https://www.healthline.com/health-news/certain-type-n95-mask-harm-covid19-spread>

Potluri, Prasad & Needham, P. (2005). *Technical textiles for protection*. 10.1533/9781845690977.1.151.

Ramyadevi, J., Jeyasubramanian, K., Marikani, A., Rajakumar, G. and Rahuman, A.A. (2012) *Synthesis and Antimicrobial Activity of Copper Nanoparticles*. *Materials Letters*, 71, 114-116. <http://dx.doi.org/10.1007/s11671-009-9264-3>

Reid A.J., Carlson A.K., Creed I.F., Eliason E.J., Gell P.A., Johnson P.T.J., Kidd K.A., MacCormack T.J., Olden J.D., Ormerod S.J., Smol J.P., Taylor W.W., Tockner K., Vermaire J.C., Dudgeon D., Cooke S.J. *Emerging threats and persistent conservation challenges for freshwater biodiversity*. *Biol. Rev.* 2019; 94:849–873.

Dust mask. (s. f.). [Fotografía]. <https://www.risdstore.com/art-alternatives-disposable-dust-masks-5-pack.html>

Rodríguez, A., Aramendis, R., Deana, A., García, R., & Pittaluga, L. (2020). *El aporte de la biotecnología médica frente a la pandemia de COVID-19 y lecciones para su desarrollo mediante las estrategias nacionales de bioeconomía: estudios de caso de Colombia, Costa Rica y el Uruguay*. Documentos de Proyectos (LC/TS.2020/165), Santiago, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).

Shen, H., & Leonas, K. K. (2005). *Study of Repellent Finish of Filtration Ability of Surgical Face Masks*. *International Nonwovens Journal*, os-14(4), 1558925005os-155892500514. <https://doi.org/10.1177/1558925005os-1400403>



Singh, N., Tang, Y., Zhang, Z., & Zheng, C. (2020). COVID-19 waste management: Effective and successful measures in Wuhan, China. *Resources, conservation, and recycling*, 163, 105071. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2020.105071> World Health Organization (WHO). *Shortage of personal protective equipment endangering health workers worldwide*. (2020). <https://www.who.int/news-room/detail/03-03-2020-shortage-of-personal-protective-equipment-endangering-health-workers-worldwide> March 3.

University of Maryland. (2021, 17 mayo). Choosing the Right Coronavirus Mask Type. Medical System. Recuperado 21 de octubre de 2021, de [https://www.umms.org/coronavirus/what-to-know/masks/mask-types?\\_\\_cf\\_chl\\_jschl\\_tk\\_\\_=pmd\\_7vxj\\_ZqOzONozhxvCv.Co0.lbytEINqM0hYdAI9iCPS8-1634842668-0-gqNtZGzNpCjcnBszQi9](https://www.umms.org/coronavirus/what-to-know/masks/mask-types?__cf_chl_jschl_tk__=pmd_7vxj_ZqOzONozhxvCv.Co0.lbytEINqM0hYdAI9iCPS8-1634842668-0-gqNtZGzNpCjcnBszQi9)

Wu H., Huang J., Zhang C.J.P., He Z., Ming W. (2020). *EClinicalMedicine Facemask Shortage and the Novel Coronavirus Disease (COVID-19) Outbreak: Re FI Ections on Public Health Measures*; p. 21.  
Yang, A., Cai, L., Zhang, R., Wang, J., Hsu, P.-C., Wang, H., Cui, Y. (2017). *Thermal Management in Nanofiber-Based Face Mask*. *Nano Letters*, 17(6), 3506–3510. doi:10.1021/acs.nanolett.7b00579

Zhong, H., Zhu, Z., Lin, J., Cheung, C. F., Lu, V. L., Yan, F., Chan, C. Y., & Li, G. (2020). Reusable and Recyclable Graphene Masks with Outstanding Superhydrophobic and Photothermal Performances. *ACS nano*, 14(5), 6213–6221. <https://doi.org/10.1021/acsnano.0c02250>

Zhong, H., Zhu, Z., You, P., Lin, J., Cheung, C. F., Lu, V. L., Li, G. (2020). *Plasmonic and Superhydrophobic Self-Decontaminating N95 Respirators*. *ACS Nano*. doi:10.1021/acsnano.0c03504

Zhu Q., Tang X., Feng S., Zhong Z., Yao J., Yao Z. (2019). ZIF-8@SiO<sub>2</sub> composite nanofiber membrane with bioinspired spider web-like structure for efficient air pollution control. *J Member Sci*. 2019; 581: 252-261