

La problemática del consumo de plásticos durante la pandemia de la covid-19

The issue of plastic use during the Covid-19 pandemic

Paulo Flores Arévalo^{1*} 

1 Facultad de Ciencias de la Salud, Universidad Científica del Sur. Lima, Perú.



Citar como: Flores, P. (2020). «La problemática del consumo de plásticos durante la pandemia de la covid-19». *South Sustainability*, 1(2), e016. DOI: 10.21142/SS-0102-2020-016

Artículo recibido: 31/10/2020
Arbitrado por pares
Artículo aceptado: 25/1/2021



© El autor, 2020. Publicado por la Universidad Científica del Sur (Lima, Perú)

*E-mail de correspondencia:
pfloresa@cientifica.edu.pe

RESUMEN

El presente artículo tiene por objetivo revisar investigaciones sobre el uso de los productos plásticos durante el periodo de cuarentena de la covid-19 y discutir sobre el efecto de sus desechos en el medioambiente. Los desechos plásticos constituyen un problema ambiental a nivel global, pues se acumulan en los ecosistemas y en los organismos a través de las cadenas tróficas, bajo la forma de microplásticos y macroplásticos. Además, pueden permanecer durante mucho tiempo estables hasta ser degradados a formas más simples (monómeros), que finalmente son mineralizadas. En nuestro país se han realizado esfuerzos por minimizar su impacto a través de una reducción gradual de la producción de plásticos de primer uso y su consumo en la población. Sin embargo, el impacto de la pandemia de la covid-19 ha generado el efecto contrario, un incremento en el uso generalizado de productos descartables plásticos, como envases de alimentos y dispositivos médicos como mascarillas, guantes, trajes de protección, entre otros, tanto de origen hospitalario como doméstico. Por ello, se describen las estrategias para el tratamiento del material biocontaminado plástico, así como el empleo de otras alternativas para su reemplazo.

Palabras clave: covid-19, residuos plásticos, mascarillas, material biocontaminado, tratamiento de residuos

ABSTRACT

This article offers an examination of research on the use of plastic products during the Covid-19 pandemic quarantine period and discusses the effect of plastic waste on the environment. Plastic waste has become a global environmental problem, as it accumulates in organisms and ecosystems through trophic chains, in the form of microplastics and macroplastics which remain stable for long periods before they are broken down into monomers, which then become mineralized. In Peru, efforts have been made to minimize the impact of plastic waste, through reductions in the production and consumption of first-use plastics in markets and stores. However, the impact of the Covid-19 pandemic on the environment has led to an increase during the pandemic in the use of disposable plastic products (bags, food containers), and also in disposable medical devices such as masks, gloves and protective clothing, which are used in both hospital and domestic settings. This article addresses strategies for the treatment of bio-contaminated plastic material, as well as the use of alternative replacement materials.

Keywords: Covid-19, plastic waste, masks, bio-contaminated material, waste treatment



Introducción

Los desechos plásticos que provienen de las actividades domésticas e industriales son un grave problema para los diversos ecosistemas tanto acuáticos como terrestres, y pueden presentarse bajo la forma de nanoplasticos (< 1 µm) microplásticos (1 mm) y macroplásticos (Wright y Kelly, 2017; Blettler *et al.*, 2017; Frías y Nash, 2019), que logran infiltrarse en las cadenas tróficas (Waring *et al.*, 2018). Los plásticos son polímeros sintéticos derivados de hidrocarburos del petróleo (Andrady y Neal, 2009) y presentan una gran versatilidad. Se encuentran en diversos artículos empleados en la vida moderna, desde envases para alimentos hasta dispositivos electrónicos y médicos. Además, son residuos sólidos de difícil degradación, de gran persistencia en el tiempo y característicos de nuestra era geológica, el Antropoceno (Zalasiewicz *et al.*, 2016).

Se estima que en 2015 se produjeron más de 6300 millones de toneladas métricas de desechos plásticos; solamente el 9 % fue reciclado, el 12 % fue incinerado y el 79 % restante está acumulado en el ambiente (Geyer *et al.*, 2017), lo que representa un gran impacto sobre la biota terrestre y acuática. Actividades económicas productivas básicas como la pesca (Agamuthu, 2019; Bhuyan, 2020) y la agricultura (Zurier y Goddard, 2020; Matthews *et al.*, 2020) se han visto afectadas directamente, puesto que los residuos plásticos se acumulan en los peces y otras especies animales acuáticas (Jambeck *et al.*, 2015), cultivos vegetales (Khalid *et al.*, 2020) y animales terrestres que incluyen a los seres humanos. De este modo, se pone en riesgo la salud humana, debido a problemas que van desde obstrucción alimentaria hasta ser un potencial factor de riesgo de adquirir cáncer (Halden, 2010; Bradney *et al.*, 2019; Singh *et al.*, 2020).

El efecto de los plásticos ha tenido diversos impactos en las actividades humanas. En las ciudades estos desechos afectan el tratamiento del agua en plantas potabilizadoras, ya que la obstrucción de los sistemas de alcantarillado genera un riesgo de inundación (Van Emmerick *et al.*, 2018). Además, debido a su potencial daño en el ambiente y en la salud pública, es importante su detección en cada fase del tratamiento de aguas (Turan *et al.*, 2020).

Otros problemas asociados a la inadecuada disposición de envases de plásticos en viviendas en zonas endémicas es transformarse en reservorio de insectos vectores como el *Aedes aegypti*, mosquito transmisor de enfermedades como el dengue, el zika y la fiebre chikunguña en zonas urbanas. Esto constituye un grave problema de salud pública y favorece la propagación hacia otras regiones (Minsa, 2011; Getachew, 2015).

En Lima Metropolitana y el Callao se generan 886 toneladas de residuos plásticos al día, que corresponden al 46 % del total de residuos a nivel nacional. En promedio se usan alrededor de 30 kilogramos de plástico por ciudadano y se emplean unas 3000 millones de bolsas

plásticas, a casi 6000 bolsas por cada minuto (Minam, 2017). Los restos de las bolsas y otros productos plásticos se transforman en microplásticos, que se acumulan en las playas del litoral costero (Purca y Henostroza, 2017).

Desde 2016, en el Perú existe un marco legal y plan de gestión integral para el tratamiento de este tipo de residuos sólidos (Minam, 2016), en el que están implicados varios organismos gubernamentales, como el Ministerio del Ambiente (Minam), el Ministerio de Salud (Minsa), el Ministerio de Educación (Minedu), las municipalidades y los gobiernos regionales. Sin embargo, problemas como la falta de control y fiscalización, la falta de aplicación de medidas de control de residuos por parte de las municipalidades y la carencia de una educación ambiental ciudadana (Bravo, 2013) empeoran el estado actual, pese a los esfuerzos del Minam y el Minedu por implementarla en los planes curriculares escolares (Minedu, 2012).

Tratamiento de los residuos plásticos

Para controlar el impacto del plástico sobre el ambiente existen diversas medidas que se estudian desde hace varias décadas, como la estrategia de las 4R, que comprende la reducción, la reutilización, el reciclaje y la recuperación (Klemeš *et al.*, 2020).

La reducción establece una serie de estrategias para limitar el consumo de productos plásticos de un solo uso entre los ciudadanos y las empresas. Esta medida se aplica desde hace unos años como parte de una política ambiental de muchos países (ONU, 2018). En el Perú, la promulgación del Decreto Supremo 013-2018-MINAM, que aprueba la reducción del plástico de un solo uso y promueve el consumo responsable, estableció parte del marco legal para su ejecución. Posteriormente, la Ley 30884 y su reglamento amplió la regulación sobre el uso de los plásticos de primer uso y los recipientes o envases descartables (Congreso de la República, 2018; Minam, 2019). La normativa está disponible desde 2019 en nuestra legislación y su empleo se ha visto afectado por la aparición de la covid-19.

La reutilización se emplea sobre los productos plásticos con gran resistencia en el tiempo. Sin embargo, esto no aplica para todos los productos y en particular en los productos sanitarios o dispositivos médicos, que al estar expuestos a agentes biológicos contaminantes son difíciles de reutilizar.

El reciclaje nos permite obtener materias primas para la elaboración de otros productos orgánicos. Este proceso se inicia con una primera etapa de segregación de los residuos, conocida como tratamiento primario. El tratamiento secundario consiste en la fusión de desechos, que son convertidos en productos diferentes al plástico original, lo que implica procesos físicos de triturado, lavado, secado y homogeneización (Arandes *et al.*, 2004). El tercer tipo de tratamiento es el reciclaje químico, que consiste en la transformación de los plásticos en otros

productos orgánicos mediante reacciones químicas como metanólisis, hidrólisis, glicolisis y aminólisis (Arandes *et al.*, 2004; Elgegren *et al.*, 2012). El cuarto tipo de reciclado es la aplicación de la degradación térmica de los plásticos, como la pirólisis, la incineración y la gasificación, con la finalidad de generar energía. Esta última alternativa genera problemas ambientales, debido a su impacto en los ecosistemas y la salud humana (Tangri, 2005).

Por último, la etapa de recuperación busca emplear directamente el producto plástico sin que ocurra algún tratamiento previo, para que sea destinado a otra función distinta a la anterior. Esto es aplicable a ciertos plásticos más resistentes a la temperatura o al fraccionamiento. Estas actividades se orientan a reducir la huella ambiental, que corresponde al conjunto de efectos directos o indirectos producidos por alguna actividad humana sobre el ambiente, y que se transfiere a nivel de la población y las empresas (Boucher, 2018).

Uso de plásticos durante la covid-19

Al inicio de 2020, con la aparición de la primera gran pandemia del siglo XXI, la humanidad se enfrentó a un nuevo desafío a su existencia, que se sumó a otras amenazas preexistentes, como el cambio climático y la contaminación de todos los ecosistemas en el planeta.

Tabla 1. Tipos de plásticos, símbolos empleados para su identificación, usos comunes, propiedades y facilidad de reciclaje.

Símbolo	Polímero	Usos comunes	Propiedades	Posibilidad de reciclaje
	Poliétileno tereftalato	Botellas plásticas (agua, bebidas gasificadas, aceite de cocina, etc.)	Ligero, transparente y resistente	Sí, ampliamente reciclado
	Poliétileno de alta densidad	Botellas para productos de limpieza y desinfectantes	Rígido y resistente al fraccionamiento	Sí, ampliamente reciclado
	Policloruro de vinilo	Tubos de plástico, pisos de vinilo, aislamiento de cableado eléctrico	Puede ser rígido o ligero, usado en la construcción, cuidado de la salud y electrónica	Frecuentemente no reciclable debido a sus propiedades químicas
	Poliétileno de baja densidad	Bolsas plásticas, envolturas de alimentos	Ligero, de bajo costo, versátil, frágil a la acción mecánica y térmica	Fácil de romper, hace difícil su reciclaje
	Polipropileno	Tapas de botellas, muebles, utensilios de cocina, automóviles, dispositivos médicos, etc.	Dureza y resistencia, barrera efectiva contra el agua y agentes químicos	Frecuentemente no reciclable debido a sus propiedades químicas
	Poliestireno	Envases de comida para llevar, menaje de plástico, bandeja de huevos	Ligero, estructuralmente débiles, de fácil dispersión	Raramente reciclable
	Otros plásticos (acrílicos, policarbonatos, fibras polilácticas)	Botellas resistentes a la refrigeración, congelamiento, biberones, fibra de vidrio	Diverso en naturaleza y con varias propiedades	No se puede reciclar, riesgo de contaminación durante el reciclaje

Fuente: Recuperado de Ritchie, 2020. FAQs on Plastics.

En la primera etapa de la enfermedad causada por el virus SARS-CoV-2, la covid-19 (acrónimo de *coronavirus disease 2019*), los gobiernos de todos los países afectados dispusieron en su mayoría cuarentenas obligatorias, principalmente en naciones de Asia y Europa.

La enfermedad fue extendiéndose al resto del mundo, incluyendo el Perú, y se transformó en una pandemia. En nuestro país se detectó el primer caso el 6 de marzo de 2020 (Escobar *et al.*, 2020) e inició el estado de emergencia sanitaria del 16 de marzo. Durante este periodo a nivel global se produjo una reducción en un 17 % de las emisiones de gases de efecto invernadero como el CO₂, en relación con el mismo periodo de 2019 (Le Quére, 2020), como consecuencia de la restricción del transporte y las actividades industriales. Sin embargo, esto no impidió que existan otros impactos ambientales, como el aumento del consumo de productos plásticos descartables (bolsas, envases para alimentos) y dispositivos médicos desechables: mascarillas, protectores faciales, guantes y trajes de protección, que en conjunto constituyen los equipos de protección personal (EPP) usados por el personal médico y la ciudadanía durante la pandemia, y han incrementado hasta cuatro veces la generación de desechos (Saadat, 2020). Asimismo, estos productos han reducido el uso de otros tipos de plásticos en otros segmentos de la economía, como se indica en el siguiente gráfico del consumo estimado de plásticos en la Unión Europea durante la pandemia de la covid-19 (figura 1).

El uso de mascarillas se ha transformado en una condición obligatoria para muchos países en el mundo, para el personal sanitario y la población en general. Su demanda en los últimos meses ha sido considerable, pues

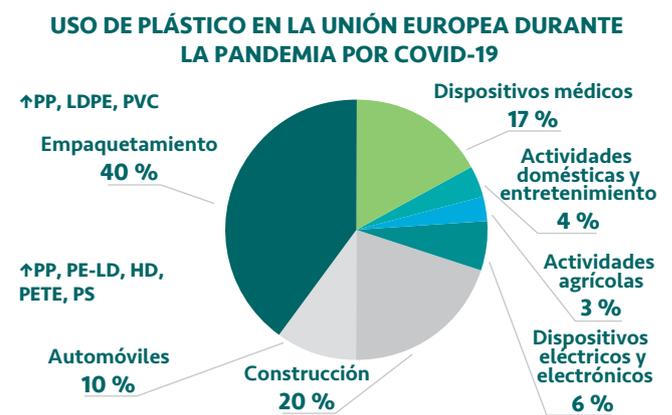


Figura 1. Demanda prevista de plásticos por segmento económico, con el esperado incremento de los dispositivos médicos y el empaquetamiento. El incremento de los plásticos para combatir la covid-19 lo conforman productos como los protectores para el rostro (PP), los trajes de protección (LDPE), los guantes de vinilo (PVC), las bolsas desechables, los tubos y las mascarillas. En cuanto a la demanda de alimentos por entrega, se ha incrementado el polietileno (PP), el polietileno de baja densidad (LDPE), el polietileno de alta densidad (HDPE), el polietilentereftalato (PETE) y el poliestireno (PS), que se emplean con materiales de embalaje (Klemeš *et al.*, 2020).



reduce la transmisión de la enfermedad (Wu *et al.*, 2020) y su empleo es recomendado por la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2020a). Se utilizaron más de 89 millones de mascarillas médicas para el coronavirus por mes, y se registró un aumento en el consumo de guantes en 76 millones y lentes protectores en 1,6 millones de unidades (OMS, 2020b).

En nuestro país, el uso de las mascarillas se hizo obligatorio a raíz del Decreto Supremo 083-2020-PCM (PCM, 2020), que fue modificado para incluir también el uso de guantes, pero esta última medida fue finalmente desestimada.

La composición de las mascarillas médicas varía según el modelo. Las mascarillas descartables de uso más generalizado constan de tres capas: una capa interna formada por fibras ligeras, una capa media formada por filtros de fibra fundidos y una capa externa resistente al agua, confeccionada con fibras no tejidas y generalmente coloreadas (Fadare y Okoffo, 2020). Estas incluyen

plásticos no biodegradables como polipropileno (PP), poliuretano (PU), poliácronitrilo (PAN) o polietileno tereftalato (PETE) (Prata *et al.*, 2020).

El aumento en la producción y el consumo de EPP elaborados a partir de fibras fundidas para la fabricación de trajes que incorporan plásticos como el PP, cuyos residuos generan la formación de microplásticos y que se acumulan en ambientes acuáticos (Fadare y Okoffo, 2020), se suma a que los desechos biocontaminados generados son potenciales transmisores de enfermedades, porque tienen la capacidad de absorción de material orgánico e inorgánico (Frere *et al.*, 2018). Resulta preocupante la falta de la disposición adecuada y el tratamiento de este tipo de residuos (figura 2). En el caso del SARS-CoV-2, la permanencia en superficies es de 72 horas después de una contaminación (Van Doremalen *et al.*, 2020), que se convierte en una ruta alternativa de transmisión de la enfermedad y cobra relevancia como riesgo de salud ocupacional para recicladores y operadores de manejo de desechos. Por ello, urge disponer de medidas efectivas para la segregación de residuos domésticos (Minam, 2020a; Defensoría del Pueblo, 2020a; PNUD, 2020; OMS, 2020c) e indicar si se trata de material biocontaminado.

De acuerdo con la Norma Técnica de Salud 144/MINSA/2018/DIGESA (Minsa, 2018), el origen de los residuos biocontaminados debe ser adecuadamente tratado como desechos peligrosos generados de la atención clínica o investigación científica, ya que presentan agentes patógenos y un potencial impacto para los seres humanos y el medioambiente.

Debido a la situación que se describe en la pandemia, la OMS recomienda incrementar la eficacia en el manejo y el tratamiento de este tipo de residuos. Según estimaciones del Minam, cada paciente de covid-19 produce aproximadamente hasta 2 kilogramos de residuos biocontaminados. Considerando las características de la enfermedad, cuya duración es en promedio de 14 días, se habrían generado más de 8400 toneladas de residuos por 300 000 personas contagiadas de covid-19 hasta fines de junio de 2020 (Minam, 2020b).

Desafíos para el tratamiento de residuos plásticos generados por la covid-19

Los desechos plásticos biocontaminados necesitan ser separados y transportados para su disposición final, bajo la responsabilidad del personal capacitado y con todos los requerimientos de bioseguridad (Minam, 2020a). Muchos de estos residuos son tratados con métodos térmicos, como la incineración y la pirólisis. Estos métodos son los que más se aplican en el tratamiento de plásticos no biodegradables, lo que genera gases de efecto invernadero y otras sustancias tóxicas como los PCB (bifenil policlorinados) dioxinas, furanos y metales pesados (Makarichi *et al.*, 2018; Rajmohan *et al.*, 2020; Loganathan y Masunaga, 2020).



Figura 2. Algunos residuos plásticos encontrados en las calles de Lima durante el periodo de estado de emergencia sanitaria (agosto de 2020). Se observan algunos EPP, como mascarillas descartables (a, b), protectores faciales (d) y otros restos conformados por plásticos de un solo uso (c, e y f). Muchos de estos artículos se pueden transformar en focos infecciosos de la covid-19, como es el caso de las EPP. Los residuos plásticos de un solo uso constituyen uno de los mayores problemas de contaminación en los ecosistemas.

En general, la estrategia para reducir el impacto del uso de plásticos durante la pandemia es similar a la empleada para disminuir los contagios por la SARS-CoV-2, y achatar o aplanar de la curva con la aplicación de programas como las 4R (Klemeš, 2020; You, 2020), que son conceptos de economía circular, impulsados por el Estado peruano (Produce, 2020). Esto varía de acuerdo con el consumo domiciliario, partiendo desde la segregación según el tipo de residuo: orgánicos (que son la mayor parte de desechos), como los restos de alimentos; biodegradables, como papel y madera; reciclables como vidrio, tela, cartón, papeles, metales y plásticos (bolsas, envases y envolturas); y los productos biocontaminados como guantes, mascarillas, algodón, dispositivos médicos y productos sanitarios (papeles y otros envases). En este último caso debe indicarse que se trata de un material biocontaminado, en un envase de un color diferenciado (rojo) para su tratamiento.

Sin embargo, para la covid-19 solo se ha estipulado la obligatoriedad del tratamiento de residuos a los establecimientos de salud que cuenten con sistemas de tratamiento correspondiente (Minsa, 2020), por lo que se hace necesario ampliar hacia otros agentes que trabajen en conjunto con los municipios, a través de las empresas operadoras de residuos sólidos gestionadas por el Minam. La disposición de manejo de residuos hospitalarios debe ser segregada y diferenciada a través del uso de una bolsa roja doble, a diferencia de los pacientes domiciliarios de la covid-19, como lo indica la Defensoría del Pueblo. Es necesario separar los residuos para su manejo, lo cual debe estar a cargo de los municipios.

Asimismo, es necesario mejorar los mecanismos de recolección, transporte y disposición final de los residuos biocontaminados por las personas diagnosticadas con la covid-19, considerando que los residuos sólidos plásticos podrían transformarse en propagadores del virus. Por ello, es importante el rotulado del material biocontaminado (Defensoría del Pueblo, 2020b).

En otros países como China, el costo del tratamiento de desechos biocontaminados es de un estimado de 281,7-422,6 USD/t. Este valor es comparativamente mayor a los residuos domésticos, cuyo valor es de 1,41 USD/t (Tang, 2020). El aumento repentino de estos desechos podría no ser significativo si la cantidad es inferior al 1 % de los residuos municipales. En Italia, sin embargo, una inadecuada disposición de las mascarillas y guantes favorece la dispersión y genera problemas ambientales (Ragazzi et al., 2020).

Una vez recolectados, los desechos plásticos son sometidos a la incineración o la pirólisis. Durante el tratamiento se generan cenizas que se llevan a lugares para su confinamiento, de modo que no impacten a los ecosistemas (enterramiento controlado), como los rellenos sanitarios y la solidificación (Wang, 2009; Ni, 2012).

Nuestro país cuenta en 2020 con cuatro compañías que realizan este servicio de incineración para residuos hospitalarios según el Minam (Castro, 2020). En el Perú, solo tres regiones presentan plantas de tratamiento (Ica, Lima y Piura), con cuatro empresas que ofrecen los servicios de incineración. Ante la Dirección General de Salud Ambiental existen 180 empresas autorizadas para brindar el servicio de tratamiento de residuos hospitalarios; la mayoría se ubica en Lima y en cinco regiones hay solo una compañía autorizada (Castro, 2020). Por ese motivo, urge ampliar la infraestructura para el tratamiento de residuos plásticos biocontaminados. De no ser posible, la OMS recomienda colocar los residuos de forma provisional en un relleno sanitario, luego emplear una lechada de cal al 10 % y, finalmente, añadir una parte por cada 10 partes de desechos hasta derivarlos a otro tratamiento definitivo (OMS, 2020).

Alternativas en el desarrollo de productos plásticos

Desarrollar materiales que puedan sustituir el plástico, como biopolímeros que tengan propiedades similares, requerirá de inversión financiera y apoyo a la investigación. Se estima que la producción de biopolímeros fue de 7,2 toneladas métricas en 2017, lo que corresponde a una cantidad inferior al 2 % de la producción total de polímeros derivados de petróleo (Carus, 2019). Estos polímeros biodegradables se obtienen a partir de organismos vivos como bacterias, hongos y plantas, en forma de metabolitos secundarios (tabla 2).

Tabla 2. Algunos plásticos biodegradables de origen orgánico y mineral.

Plásticos biodegradables	Origen
Poliesteres microbianos: Polihidroxicanoatos (PHA) como: Poli-3- hidroxibutirato (P3HB) Poli-4-hidroxibutirato(P4HB) Polihidroxicvalerato (PHV) Polihidroxihexanoato (PHH) Polihidroxioctanoato (PHO)	Microorganismos como: <i>Cupriavidus necator</i> <i>Methylobacterium rhodesianum</i> <i>Bacillus megaterium</i>
Ácido poliláctico	Maíz Cassava Caña de azúcar Azúcar de pulpa de remolacha
Almidón + ácido poliláctico Almidón + poliolefina Almidón + policaprolactona	Maíz Cassava Caña de azúcar Azúcar de pulpa de remolacha
Ácido poliglicólico Succinato polibutileno Policaprolactona Polivinil alcohol Ptereftalato de adipato de polibutileno	Derivados del petróleo

Fuente: Sivakanthan et al., 2020; Avérous y Pollet, 2014; Gunatillake y Adhikari, 2003.



Algunos microorganismos tienen la capacidad de degradar los polímeros derivados del petróleo (Bahl *et al.*, 2020) y producir asociaciones o consorcios simbióticos, como las biopelículas, que pueden degradar algunos plásticos y microplásticos para emplearlos como fuente de carbono (Yuan *et al.*, 2020) y como parte de la microbiota de otros organismos como artrópodos (Urbanek *et al.*, 2020) (tabla 3).

Los procesos de degradación de los microplásticos que ocurren en los microorganismos son similares a otros polímeros biológicos que son transformados a monómeros más simples (hidrólisis). Se ha determinado que estos organismos presentan enzimas que corresponden a la familia *AlkB* (Alcano hidroxilasas), que catalizan la degradación de polímeros como el PET y son indispensables para generar la mineralización (formación de CO₂, H₂O o CH₄) (Yuan, 2020).

Otra alternativa viable sería desarrollar otros polímeros que presenten una alta duración, reemplacen a los plásticos usados en la fabricación de EPP, y que a su vez presenten la propiedad de ser reusables y estar constituidos por materiales con capacidad antimicrobiana, como es el

Tabla 3. Diversos plásticos y microorganismos con capacidad de ser degradados por microorganismos.

Nombre de los plásticos sintéticos	Microorganismos
Poletileno	<i>Brevibacillus borelensis</i>
	<i>Rhodococcus ruber</i>
Poliuretano	<i>Penicillium simplicissimum</i>
	<i>Comamonas acidovorans</i>
	<i>Curvularia senegalensis</i>
	<i>Fusarium solani</i>
	<i>Aureobasidium pullulans</i>
	<i>Cladosporium sp.</i>
Succinato de polibutileno (PBS)	<i>Pseudomonas chlororaphis</i>
	<i>Amycolatopsis sp. HT-6</i>
	<i>Microbispora rosea</i>
	<i>Excellospora japonica</i>
	<i>Excellospora viridulutea</i>
	<i>Schlegella thermodepolymerans</i>
Policaprolactona	<i>Caenibacterium thermophilum</i>
	<i>Clostridium botulinum</i>
Policloruro de vinilo	<i>Clostridium acetobutylicum</i>
	<i>Pseudomonas putida</i>
	<i>Ochrobactrum TD</i>
	<i>Pseudomonas fluorescens B-22</i>
	<i>Aspergillus niger van Tieghem F-119</i>

Fuente: Bahl *et al.*, 2020.

caso de la adición de nanopartículas de plata, óxido de cobre, yodo u óxido de titanio, etc. (Quan, 2017; O'Dowd, 2020), buscando reducir el consumo EPP desechables.

Conclusiones y recomendaciones

Los residuos plásticos generados durante las actividades domésticas e industriales representan un grave problema ambiental, tienen una gran resistencia a los cambios en el tiempo, son de difícil degradación y se acumulan en los sistemas orgánicos. Es innegable evitar su presencia en muchos de los artefactos que empleamos, puesto que los productos plásticos pueden ser desde envases de alimentos hasta sistemas electrónicos o dispositivos de uso médico. Los efectos nocivos que generan en el ambiente son de importancia global. Los países miembros de la ONU se han comprometido a reducir progresivamente el uso de algunos de estos artefactos, en particular aquellos de un solo uso o los que no se pueden reciclar.

Sin embargo, con la aparición de la primera gran pandemia del siglo XXI, la covid-19, se ha afianzado nuestra dependencia hacia este producto, puesto que es versátil, resistente y no permite generar una barrera contra los patógenos. Así, se ha visto incrementado su consumo, sobre todo de productos como mascarillas, guantes, mamelucos, protectores faciales, etc., que están constituidos por materiales plásticos. Una inadecuada disposición de este tipo de desechos, que están directamente en contacto con los fluidos de pacientes infectados, podría representar un riesgo de transmisión entre el personal sanitario y de tratamiento de residuos sólidos, además de una gran presión ambiental.

Es urgente desarrollar metodologías para su tratamiento adecuado sin que este tipo de actividad genere mayores impactos al ambiente, así como crear otros productos más fáciles de degradar, como los plásticos biodegradables, o que presenten una menor pérdida de sus propiedades en el tiempo y que sean de múltiples usos. A la par, se puede buscar microorganismos que puedan transformar los plásticos.

Fuente de financiamiento

Este trabajo fue autofinanciado.

Contribución de autoría

PF fue el encargado de la concepción, la búsqueda de datos y la redacción del artículo.

Potenciales conflictos de interés

El autor declara no tener conflictos de interés.

Referencias bibliográficas

- Agamuthu, P. et al. (2019).** «Marine debris: A review of impacts and global initiatives». *Waste Management and Research*, 37(10), pp. 987-1002. DOI: [10.1177/0734242X19845041](https://doi.org/10.1177/0734242X19845041).
- Andrady, A. L. y Neal, M. A. (2009).** «Applications and societal benefits of plastics». *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 364(1526), pp. 1977-1984. DOI: [10.1098/rstb.2008.0304](https://doi.org/10.1098/rstb.2008.0304).
- Arandes Esteban, J., Bilbao Elorriaga, J. y López Valerio, D. (2004).** «Reciclado de residuos plásticos». *Revista Iberoamericana de Polímeros*, 5(1), p. 3.
- Bahl, S., Dolma, J., Singh, J. y Sehgal, S. (2020).** «Biodegradation of plastics: A state of the art review». Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.06.096>
- Bakaraki Turan, N., Sari Erkan, H. y Onkal Engin, G. (2020).** «Microplastics in wastewater treatment plants: Occurrence, fate and identification». *Process Safety and Environmental Protection. Institution of Chemical Engineers*, 146, pp. 77-84. DOI: [10.1016/j.psep.2020.08.039](https://doi.org/10.1016/j.psep.2020.08.039).
- Blettler, M. C. M. et al. (2017).** «Plastic pollution in freshwater ecosystems: macro-, meso-, and microplastic debris in a floodplain lake». *Environmental Monitoring and Assessment*, 189(11). DOI: [10.1007/s10661-017-6305-8](https://doi.org/10.1007/s10661-017-6305-8).
- Boucher, J., Dubois, C. Kounina, A. y Puydarrieux, P. (2019).** *Review of plastic footprint methodologies. Laying the foundation for the development of a standardized plastic footprint measurement tool.* Gland: Unión Internacional de Conservación de la Naturaleza. Disponible en: <https://doi.org/10.2305/IUCN.CH.2019.10.en>
- Bradney, L., Wijesekara, H., Palansooriya, K. N., Obadamudalige, N., Bolan, N., Yong, S. O., Rinklebe J., Ki-Hyun, K. y Kirkham, M. B. (2019).** «Particulate plastics as a vector for toxic trace-element uptake by aquatic and terrestrial organisms and human health risk». *Environment International. Elsevier*, 131(June), 104937. DOI: [10.1016/j.envint.2019.104937](https://doi.org/10.1016/j.envint.2019.104937).
- Bravo, F. (2013).** «¿Existe una conciencia ambiental en el Perú?». *PuntoEdu*. Disponible en: <http://puntoedu.pucp.edu.pe/opinion/existe-una-conciencia-ambiental-en-el-peru/>
- Carus, M. (2019).** *Bio-based Building Blocks and Polymers Global Capacities and Trends 2018-2023.* Disponible en: www.bio-based.eu/reports
- Castro, A. (2020).** «Residuos hospitalarios: potencial foco infeccioso en la lucha contra el Covid-19». *Ojo Público*. Disponible en: <https://ojo-publico.com/1765/residuos-hospitalarios-potencial-foco-infeccioso-de-la-pandemia>
- Congreso de la República. (2018).** «Ley Nro. 30884, Ley que regula el plásticos de un solo uso y los recipientes o envases descartables». *El Peruano* (36), pp. 479932-479959. Disponible en: <https://busquedas.elperuano.pe/download/url/ley-que-regula-el-plastico-de-un-solo-uso-y-los-recipientes-ley-n-30884-1724734-1>
- Defensoría del Pueblo. (2020b).** «Gestión de los residuos sólidos en el Perú. Recomendaciones para proteger los derechos a la salud y al ambiente». Serie Informes Especiales 24-2020-DP. Lima: Defensoría del Pueblo. Disponible en: <https://www.defensoria.gob.pe/wp-content/uploads/2020/07/Informe-Especial-N%C2%B0-24-2020-DP.pdf>
- Defensoría del Pueblo (2020a).** «Informe de Adjuntía Nro. 02-2020-DP/AMASPPI.MA. Gestión de los residuos sólidos durante el estado de emergencia originado por la enfermedad de COVID-19». Disponible en: <https://www.defensoria.gob.pe/wp-content/uploads/2020/04/IA-N%C2%BA-02-Gestio%CC%81n-de-Residuos-COVID19.pdf>
- Doremalen, P. et al. (2020).** «Aerosol and surface stability of SARS-CoV-2 as compared with SARS-CoV-1». *New England Journal of Medicine*, pp. 0-2. DOI: [10.1056/NEJMc2004973](https://doi.org/10.1056/NEJMc2004973).
- Elgegren, M. et al. (2012).** «Reciclaje químico de los desechos plásticos». *Boletín de la Sociedad Química del Perú*, 78(2), pp. 105-119.
- Emmerik, T. Van et al. (2018).** «A methodology to characterize riverine macroplastic emission into the ocean». *Frontiers in Marine Science*, 5, pp. 1-11. DOI: [10.3389/fmars.2018.00372](https://doi.org/10.3389/fmars.2018.00372).
- Escobar, G. et al. (2020).** «Características clínicoepidemiológicas de pacientes fallecidos por COVID-19 en un hospital nacional de Lima, Perú». *Revista de la Facultad de Medicina Humana*, 20(2), pp. 180-185. DOI: [10.25176/rfmh.v20i2.2940](https://doi.org/10.25176/rfmh.v20i2.2940).
- Fadare, O. y Okoffo, E. (2020).** «Covid-19 face masks: A potential source of microplastic fibers in the environment». *Science of the Total Environment*, 737, 140279. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.140279>
- Frère, L. et al. (2018).** «Microplastic bacterial communities in the Bay of Brest: Influence of polymer type and size». *Environmental Pollution*, 242, pp. 614-625. DOI: [10.1016/j.envpol.2018.07.023](https://doi.org/10.1016/j.envpol.2018.07.023).
- Frias, J. y Nash, R. (2019).** «Microplastics: Finding a consensus on the definition». *Marine Pollution Bulletin*, 138, pp. 145-147. DOI: [10.1016/j.marpolbul.2018.11.022](https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2018.11.022).
- Getachew, D., Habte, T., Gebre-Michael, T., Meshesha, B. y Akalu, M. (2015).** «Breeding sites of *Aedes aegypti*: Potential dengue vectors in Dire Dawa, East Ethiopia». *Interdisciplinary Perspectives on Infectious Diseases*, 1. DOI: [10.1155/2015/706276](https://doi.org/10.1155/2015/706276).
- Geyer, R., Jambeck, J. R. y Law, K. L. (2017).** «Production, use, and fate of all plastics ever made». *Science Advances*, 3(7), pp. 25-29. DOI: [10.1126/sciadv.1700782](https://doi.org/10.1126/sciadv.1700782).
- Halden, R. U. (2010).** «Plastics and health risks». *Annual Review of Public Health*, 31, pp. 179-194. DOI: [10.1146/annurev.publhealth.012809.103714](https://doi.org/10.1146/annurev.publhealth.012809.103714).
- Jambeck, J. R. et al. (2015).** «Plastic waste inputs from land into the ocean». *Science*, 347(6223), pp. 764-768. DOI: [10.1126/science.1260352](https://doi.org/10.1126/science.1260352).
- Khalid, N., Aqeel, M. y Noman, A. (2020).** «Microplastics could be a threat to plants in terrestrial systems directly or indirectly». *Environmental Pollution*, 267, 115653. DOI: [10.1016/j.envpol.2020.115653](https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.115653).
- Klemeš, J., Fan, Y., Tan, R. y Jiang P. (2020).** «Minimising the present and future plastic waste, energy and environmental footprints related to COVID-19». *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 127(April). DOI: [10.1016/j.rser.2020.109883](https://doi.org/10.1016/j.rser.2020.109883).
- Le Quééré, C. et al. (2020).** «Temporary reduction in daily global CO₂ emissions during the COVID-19 forced confinement». *Nature Climate Change*, 10(7), pp. 647-653. DOI: [10.1038/s41558-020-0797-x](https://doi.org/10.1038/s41558-020-0797-x).
- Loganathan, B. G. y Masunaga, S. (2020).** «PCBs, dioxins, and furans: human exposure and health effects». En: Gupta, Ramesh C. (Ed.), *Handbook of toxicology of chemical warfare agents*, pp. 239-247. Cambridge: Academic Press. DOI: [10.1016/b978-0-12-819090-6.00018-0](https://doi.org/10.1016/b978-0-12-819090-6.00018-0).
- Makarichi, L., Jutidamrongphan, W. y Techato, K. (2018).** «The evolution of waste-to-energy incineration: A review». *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 91, pp. 812-821. DOI: [10.1016/j.rser.2018.04.088](https://doi.org/10.1016/j.rser.2018.04.088).
- Matthews, C., Moran, F. y Jaiswal, A. K. (2020).** «A review on European Union's strategy for plastics in a circular economy and its impact on food safety». *Journal of Cleaner Production*, 125263. DOI: [10.1016/j.jclepro.2020.125263](https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.125263).



- Ministerio de Educación (Minedu). (2012).** «Política nacional de educación ambiental. Ministerio del Ambiente, República del Perú. Aprobada por Decreto Supremo 017-2012-ED». Disponible en: <http://goo.gl/ssrgd>
- Ministerio de Salud (Minsa). (2011).** «Norma técnica de salud para la implementación de la vigilancia y control del *Aedes Aegypti*, vector del dengue en el territorio nacional. Resolución Ministerial 797-2010/MINSA». Lima: Dirección General de Salud Ambiental, Ministerio de Salud.
- Ministerio de Salud (Minsa). (2020a).** «Manejo de residuos sólidos procedentes de áreas de aislamiento y hospitalización de pacientes: Recomendaciones para establecimientos de salud». Disponible en: http://www.digesa.minsa.gob.pe/Orientacion/MANEJO_RESIDUOS_SOLIDOS_PROCEDENTES_AREAS_AISLAMIENTO_HOSPITALIZACION_PACIENTES.pdf
- Ministerio de Salud (Minsa). (2020 b).** «Manejo de residuos sólidos procedentes de áreas de aislamiento y hospitalización de pacientes. Recomendaciones para establecimientos de salud. Basado en la Resolución Ministerial NTS 144-MINSA/2018/DIGESA». Disponible en: http://www.digesa.minsa.gob.pe/Orientacion/MANEJO_RESIDUOS_SOLIDOS_PROCEDENTES_AREAS_AISLAMIENTO_HOSPITALIZACION_PACIENTES.pdf
- Ministerio de Salud (Minsa). (2018).** «NT 144. Gestión integral y manejo de residuos sólidos en establecimientos de salud». Disponible en: https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/234853/Resoluci%C3%B3n_Ministerial_N_1295-2018-MINSA.PDF
- Ministerio de la Producción (Produce). (2020).** Decreto Supremo 003-2020. «Hoja de ruta hacia una economía circular en el sector industria». *El Peruano*. Disponible en: <https://busquedas.elperuano.pe/normaslegales/decreto-supremo-que-aprueba-la-hoja-de-ruta-hacia-una-econom-decreto-supremo-n-003-2020-produce-1856966-1/>
- Ministerio del Ambiente (Minam). (2020 b).** «Servicio de recolección, transporte externo, tratamiento y disposición final de residuos sólidos biocontaminados generados por las personas diagnosticadas con COVID-19, en distritos de Lima y Callao». Disponible en: <https://www.gob.pe/institucion/minam/informes-publicaciones/473427-servicio-de-recoleccion-transporte-externo-tratamiento-y-disposicion-final-de-residuos-solidos-biocontaminados-generados-por-las-personas-diagnosticadas-con-covid-19-en-distritos-de-lima-y-callao>
- Ministerio del Ambiente (Minam). (2020a).** «Protocolo sanitario para la operación ante el covid-19 del servicio de reciclaje». Disponible en: <https://sinia.minam.gob.pe/download/file/fid/66287>
- Ministerio del Ambiente (Minam). (2016).** «Plan nacional de gestión integral de residuos sólidos». Disponible en: <https://sinia.minam.gob.pe/documentos/plan-nacional-gestion-integral-residuos-solidos-2016-2024>
- Ministerio del Ambiente (Minam). (2017).** «Cifras del mundo y el Perú». Disponible en: <https://www.minam.gob.pe/menos-plastico-mas-vida/cifras-del-mundo-y-el-peru/>
- Ministerio del Ambiente (Minam). (2019).** «Decreto Supremo 006-2019-MINAM. Reglamento de la Ley 30884, Ley que regula el plástico de un solo uso y los recipientes o envases descartables». Disponible en: <https://www.gob.pe/institucion/minam/normas-legales/290809-006-2019-minam>
- Ni, M., Du, Y., Lu, S., Pheng, Z., Li, X., Yan, J. y Cen K. (2012).** «Study of ashes from a medical waste incinerator in China: Physical and chemical characteristics on fly ash, ash deposits and bottom ash». *Environmental Progress & Sustainable Energy*, 32(3). Disponible en: DOI 10.1002/ep.11649.
- O'Dowd, K. et al. (2020).** «Face masks and respirators in the fight against the COVID-19 pandemic: A review of current materials, advances and future perspectives». *Materials*, 13(15). DOI: 10.3390/ma13153363.
- Organización de las Naciones Unidas (ONU). (2019).** «Compromiso mundial para reducir los plásticos de un solo uso». *Noticias ONU*. Disponible en: <https://news.un.org/es/story/2019/03/1452961#:~:text=La%20asamblea%20medioambiental%20de%20la,pl%C3%A1sticos%20de%20aqu%C3%AD%20a%202030.&text=De%20acuerdo%20con%20las%20estimaciones,usan%20500.000%20millones%20de%20bolsas>
- Organización Mundial de la Salud (OMS). (2020a).** «Recomendaciones sobre el uso de mascarillas». *Orientaciones provisionales*, 5(1), p. 18. Disponible en: <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/331740/WHO-2019-nCoV-SurveillanceGuidance-2020.6-spa.pdf>
- Organización Mundial de la Salud (OMS). (2020b).** «La escasez de equipos de protección personal pone en peligro al personal sanitario en todo el mundo». Disponible en: <https://www.who.int/es/news-room/detail/03-03-2020-shortage-of-personal-protective-equipment-endangering-health-workers-worldwide>
- Organización Mundial de la Salud y Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia (OMS y Unicef). (2020c).** «Agua, saneamiento, higiene y gestión de desechos en relación con el virus de la COVID-19». *Orientaciones provisionales*. Disponible en: <https://apps.who.int/iris/handle/10665/3319>
- Presidencia del Consejo de Ministros (PCM). (2020).** «Decreto supremo que proroga el estado de emergencia nacional por las graves circunstancias que afectan la vida de la nación a consecuencias del COVID-19 y establece otras disposiciones». Disponible en: <https://busquedas.elperuano.pe/normaslegales/decreto-supremo-que-prorroga-el-estado-de-emergencia-naciona-decreto-supremo-n-083-2020-pcm-1866214-1/>
- Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD). (2020).** «La gestión de residuos es un servicio público esencial para superar la emergencia de COVID-19». Disponible en: <https://www.unenvironment.org/es/noticias-y-reportajes/comunicado-de-prensa/la-gestion-de-residuos-es-un-servicio-publico-esencial>
- Purca, S. y Henostroza, A. (2017).** «Presencia de microplásticos en cuatro playas arenosas de Perú». *Revista Peruana de Biología*, 24(1), pp. 101-106. DOI: 10.15381/rpb.v24i1.12724.
- Quan, F. S. et al. (2017).** «Universal and reusable virus deactivation system for respiratory protection». *Scientific Reports*, 7, pp. 1-10. DOI: 10.1038/srep39956.
- Ragazzi, M., Rada, E. C. y Schiavon, M. (2020).** «Municipal solid waste management during the SARS-COV-2 outbreak and lockdown ease: Lessons from Italy». *Science of the Total Environment*, 745, pp. 141-159. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2020.141159.
- Rajmohan, K., Ramya, C., Viswanathan, M. y Varjani, S. (2019).** «Plastic pollutants: effective waste management for pollution control and abatement». *Current Opinion in Environmental Science and Health*, 12, pp. 72-84. DOI: 10.1016/j.coesh.2019.08.006.
- Ritchie, H. (2018).** «FAQs on plastics». Disponible en: <https://ourworldindata.org/faq-on-plastics#are-plastic-alternatives-better-for-the-environment>
- Saadat, S., Rawtani, D. y Hussain, C. M. (2020).** «Environmental perspective of COVID-19». *Science of the Total Environment*, 728, 138870. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2020.138870.

- Silva, A., Prata, J., Walker, T., Campos, D., Duarte, A., Soares, A., Barceló, D. y Rocha-Santos, T. (2020).** «Rethinking and optimising plastic waste management under COVID-19 pandemic: Policy solutions based on redesign and reduction of single-use plastics and personal protective equipment». *Science of the Total Environment*, 742, 140565. DOI: [10.1016/j.scitotenv.2020.140565](https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.140565).
- Simul Bhuyan, M. et al. (2020).** «Plastics in marine ecosystem: A review of their sources and pollution conduits». *Regional Studies in Marine Science*. DOI: [10.1016/j.rsma.2020.101539](https://doi.org/10.1016/j.rsma.2020.101539).
- Singh, N., Duan, H. y Tang, Y. (2020).** «Toxicity evaluation of E-waste plastics and potential repercussions for human health». *Environment International*, 137, 105559. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.envint.2020.105559>
- Tang, W. (2020).** «The medical waste related to COVID-2019 is cleaned up every day—the medical waste treatment market needs to be standardized». *21st Century Business. Herald*. Disponible en: www.21jingji.com/2020/3-12/xNMDEzODffMTU0MjlxNQ.html
- Tangri, N. (2005).** «Incineración de residuos: una tecnología muriendo». Ciudad Quezón: Alianza Global para Alternativas a la Incineración y Alianza Global Anti-Incineración. Disponible en: [http://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con4_uibd.nsf/BEED4EBCBF98D22E05257D690071A2E9/\\$FILE/IncineracionResiduosTecnologíaMuriendo.pdf](http://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con4_uibd.nsf/BEED4EBCBF98D22E05257D690071A2E9/$FILE/IncineracionResiduosTecnologíaMuriendo.pdf)
- Urbanek, A. K. et al. (2020).** «A comprehensive assessment of microbiome diversity in *Tenebrio molitor* fed with polystyrene waste». *Environmental Pollution*, 262. DOI: [10.1016/j.envpol.2020.114281](https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.114281).
- Wang, K. S., Lin, K. L. y Lee, C. H. (2009).** «Melting of municipal solid waste incinerator fly ash by waste-derived thermite reaction». *Journal of Hazardous Materials*, 162(1), pp. 338-343. DOI: [10.1016/j.jhazmat.2008.05.052](https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2008.05.052).
- Waring, R. H., Harris, R. M. y Mitchell, S. C. (2018).** «Plastic contamination of the food chain: A threat to human health?». *Maturitas*, 115. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.maturitas.2018.06.010>
- Wright, S. L. y Frank, J. K. (2017).** «Plastics and human health: a micro issue?». *Environmental Science and Technology*, 51(12), pp. 6634-6647. Disponible en: <https://doi.org/10.1021/acs.est.7b00423>
- Wu, H., Huang, J., Zhang, C., He, Z. y Ming, W. (2020).** «Facemask shortage and the novel coronavirus disease (COVID-19) outbreak: Reflections on public health measures». *EClinicalMedicine*, 21. DOI: [10.1016/j.eclinm.2020.100329](https://doi.org/10.1016/j.eclinm.2020.100329).
- You, S., Sonne, C. y Ok, Y. S. (2020).** «COVID-19: Resource recovery from plastic waste against plastic pollution». *Cogent Environmental Science*, 6(1). DOI: [10.1080/23311843.2020.1801220](https://doi.org/10.1080/23311843.2020.1801220).
- Yuan, J., Ma, J., Sun Y., Zhao, Y. y Yu F. (2020).** «Microbial degradation and other environmental aspects of microplastics/plastics». *Science of the Total Environment*, 715, 136968. DOI: [10.1016/j.scitotenv.2020.136968](https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.136968).
- Zalasiewicz, J. et al. (2016).** «The geological cycle of plastics and their use as a stratigraphic indicator of the Anthropocene». *Anthropocene*, 13, pp. 4-17. DOI: [10.1016/j.ancene.2016.01.002](https://doi.org/10.1016/j.ancene.2016.01.002).
- Zurier, H. S. y Goddard, J. M. (2021).** «Biodegradation of microplastics in food and agriculture». *Current Opinion in Food Science*, 37, pp. 37-44. DOI: [10.1016/j.cofs.2020.09.001](https://doi.org/10.1016/j.cofs.2020.09.001).

