

Efectos del Covid-19 en el manejo de residuos sólidos

Covid-19 effects on solid waste management

Jordy Pariona-Palomino¹, Wendy Matos-Ormeño²

Recibido: 08/01/2022 – Aprobado: 30/03/2022 – Publicado: 30/06/2022

RESUMEN

El brote de la enfermedad por Coronavirus Covid-19, ha traído consigo efectos secundarios sin precedentes en especial en el manejo de residuos sólidos, agravándose más en países en desarrollo. El presente estudio es una revisión sistemática de la literatura. De un total de 825 publicaciones de ScienceDirect, Scopus, y Wos, se consideraron 60 artículos científicos e informes más relevantes sobre los efectos del Covid-19 en el manejo de residuos. Se evidenció un comportamiento exponencial en la generación de residuos enfocado en el uso del plástico. Las directrices emitidas por organismos internacionales y principales países afectados hacen hincapié en el uso de EPP, higiene, desinfección y rotulado de residuos, así como un sistema especial de manejo bajo estas condiciones. La literatura evidenció que los impactos del Covid-19 afectaron directamente los procesos de segregación, reciclaje y eliminación, producto de la generación y técnicas de eliminación. El tiempo de supervivencia del virus en los fómites es de pocas horas e incluso supera los siete días, siendo un problema para el manejo. Los desafíos que trae consigo la pandemia están orientados a desarrollar políticas de descentralizar el manejo, la automatización y la consideración de la desinfección química e incineración como alternativas viables de tratamiento.

Palabras claves: : Impacto de Covid-19; residuos sólidos; manejo sustentable de residuos; reciclaje; salud ambiental.

ABSTRACT

The outbreak of the Coronavirus disease Covid-19, has brought with it a series of side effects without precedented especially in the management of solid waste, getting worse in developing countries. The present study is a systematic review of the literature. Of a total of 825 publications from ScienceDirect, Scopus, and Wos, 60 scientific articles and most relevant reports on the effects of Covid-19 on waste management were considered. An exponential behavior in the generation of waste focused on the use of plastic was evidenced. The guidelines issued by international organizations and the main affected countries emphasize the use of PPE, hygiene, disinfection, and labeling of waste, as well as a special management system under these conditions. The literature showed that the impacts of Covid-19 directly affected the processes of segregation, recycling and disposal, product of generation and disposal techniques. The survival time of the virus on the fomites is a few hours and even exceeds seven days, being a problem for management. The challenges that the pandemic brings with it are aimed at developing policies to decentralize management, automation, and the consideration of chemical disinfection and incineration as viable treatment alternatives.

Keywords: Covid-19 impact; solid waste; sustainable waste management; recycling; environmental health.

1 Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica. Lima, Perú.

Autor para correspondencia: jordy.pariona@unmsm.edu.pe - ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9599-6909>

2 Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Ciencias Económicas. Lima, Perú.

E-mail: wendy.matos@unmsm.edu.pe - ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0017-492X>

I. INTRODUCCIÓN

La pandemia originada por la enfermedad de la Covid-19 representa un problema a escala global (C. Wang et al., 2020). Debido a que esta pandemia ha afectado a sectores clave de la economía generando efectos adversos en la salud de las personas (Anand et al., 2022) haciendo incluso que países y agencias internacionales implementen medidas urgentes para contrarrestar esta situación. A agosto de 2021 se reportaron en promedio 210 millones de casos confirmados y 4,3 millones de decesos por la Covid-19 (JHU, 2021; WHO, 2021). Una de las medidas como el confinamiento ha conllevado a la reducción de diversas actividades industriales (Elsaid et al., 2021) restricciones sobre el uso de transporte produciéndose así un efecto positivo para el ambiente con la disminución de los gases de efecto invernadero (Abubakar et al., 2021) y también, se ha visto mejoras en la calidad de las aguas superficiales (Yunus et al., 2020). Sin embargo, la gestión de residuos sólidos ha presentado un gran desafío por abordar convirtiéndose así, en un impacto negativo del Covid-19 (Behera, 2021; Kulkarni & Anantharama, 2020; Sharma et al., 2020). Un estudio del World Bank prevé al 2050 la generación de 3,4 mil millones de toneladas de residuos por año (Kaza et al., 2018). Aunque hoy en día a causa de la pandemia tan solo en China en la ciudad de Hubei los desechos médicos han aumentado en más de 370 % (Klemeš et al., 2020).

La pandemia ha generado una variación en la dinámica de generación de residuos, ya que, existe una tendencia al aumento masivo en la utilización de diversos residuos desechables (Al-Omran et al., 2021; Haddad et al., 2021; Khoo et al., 2021) lo que plantea mayores amenazas al ambiente. Asimismo, causa desafíos de sostenibilidad en el manejo de residuos que cada vez son más evidentes y que urge soluciones integrales para su tratamiento. Las prácticas inadecuadas durante la pandemia en relación con el manejo de residuos han hecho que se produzca la contaminación de los residuos con el virus (Oyedotun et al., 2020; Sharma et al., 2020) constituyendo ello, un mecanismo de transmisión peligroso. Bajo esa afirmación, es fundamental que se realice un manejo eficiente de los residuos, esto comprende una serie de recomendaciones (UNEP, 2020) para tener en cuenta durante todo el proceso que va desde la recolección, segregación, almacenamiento, tratamiento y disposición final y que, además, involucra a todos los actores del sistema de gestión de residuos sólidos.

La presente revisión pretende evaluar los efectos del Covid-19 sobre el manejo de los residuos sólidos. Para esto, se debe analizar el escenario actual de la generación de residuos sólidos en este contexto, así como, las directrices adquiridas por los gobiernos y agencias, sumado a ello, el análisis de los impactos generados por el virus Covid-19 en todo el proceso y su persistencia en el manejo de residuos. Además de aquellos desafíos emergentes que representa el manejo de los residuos en un contexto de pandemia.

II. MÉTODOS

Para la presente investigación se realizó la búsqueda de información bibliográfica de artículos científicos empleando la base de datos de Web of Science, ScienceDirect y Scopus,

que provee la UNMSM y el CRAI de la Universidad del Rosario, por considerar información multidisciplinaria e impactante (Li et al., 2010) a través de la combinación de palabras clave como: *Covid-19, waste management, sustainable waste management, plastic waste, recycling, municipal solid waste, covid-19 impact, selective collection, municipal waste disposal*. Asimismo, se recopiló información de Google académico tanto en español e inglés de documentos, en materia de manejo de residuos sólidos en el contexto del Covid-19, emitidos por agencias y países. Se encontró en ScienceDirect (574), Scopus (152) y en Wos (99) publicaciones, siendo los países con mayor índice de publicación: India, China, Irán, EE. UU, Canadá, Italia y Brasil. Para el presente estudio se seleccionaron y consideraron 60 artículos científicos e informes más relevantes publicados durante los años 2020-2021. Posterior a ello, se realizó un estudio exhaustivo de texto completo de la información bibliográfica (Shakil et al., 2020) con el fin de corroborar la información más actual de la materia en estudio que permita responder los objetivos del presente manuscrito.

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Escenario de la generación de residuos sólidos en tiempos de pandemia

A causa de la pandemia, se evidenció un cambio de paradigma respecto a la forma de manejar los residuos sólidos. Puesto que se generó un incremento exponencial sobre el uso de plásticos en forma de mascarillas, guantes, equipos de protección personal (EPP), entre otros (Olatayo et al., 2021; Tripathi et al., 2020) con el propósito de minimizar el riesgo al contagio debido a la retención viral en dichos EPP. Asimismo, la utilización de bolsas plásticas de un solo uso que se brindan en casi todas las actividades comerciales (Khoo et al., 2021; Zambrano-Monserrate et al., 2020) o aquellos que se entregan en los alimentos envasados, esto para reducir la propagación del virus que se podría producir al reutilizarlos.

A través de un enfoque sistémico se puede comprender estos cambios en la generación de residuos. Las medidas de restricciones de viajes, inmovilizaciones implementadas, así como, el E-commerce y el teletrabajo (Naughton, 2020) estarían produciendo un aumento en la generación de residuos sólidos por el abastecimiento masivo de productos (Everitt et al., 2021). No obstante, diferentes sectores económicos se vieron con la obligación de detener temporalmente sus operaciones (Habtewold, 2021) generando desempleo. Esto conllevó a una reducción mínima y temporal de la generación de residuos domiciliarios a causa de una limitación en el poder adquisitivo de las personas. Caso contrario se evidenció con los residuos médicos proveniente de las atenciones masivas se incrementaron durante la pandemia (Klemeš et al., 2020; Mallick et al., 2021) que mensualmente estiman 129 y 65 mil millones de mascarillas y guantes respectivamente en todo el mundo (Prata et al., 2020). En el estudio de (Haque et al., 2021) se menciona que en la India se generaron 2160 toneladas de residuos peligrosos por día durante la pandemia. En Wuhan pasaron de una generación de 40 toneladas por día a un promedio de 240 (Tang, 2020). En

países como Irán, Pakistán y Arabia Saudita la generación de residuos médicos en toneladas por día fue de 1191,04; 1099,30 y 1083,17 respectivamente (Sangkham, 2020). Por su parte (Oyedotun et al., 2020) realizaron encuestas a hogares de dos países sobre la generación de residuos y encontraron que el 57,8 % de los hogares de Nigeria y el 50,7 % de los hogares de Guyana afirmaron que hubo un aumento del doble en la generación de residuos domiciliarios.

En consecuencia, todo ello ha producido un cambio que ha hecho que se consuma más productos y materiales plásticos, sobrepasando la capacidad y haciendo que se reduzca el tiempo de vida de los rellenos sanitarios

(Patrício Silva et al., 2021; Vanapalli et al., 2021a). Se hace necesario la implementación de políticas o medidas urgentes en materia de manejo de residuos sólidos para controlar esta situación.

3.2 Directrices emitidas por agencias y países para el manejo de residuos

Durante la pandemia se implementaron diversas medidas y recomendaciones para el manejo de los residuos de organismos internacionales como la OMS, ONU, la Comisión Europea, la OCDE (Tabla 1). Asimismo, los países que fueron más afectados por la pandemia también emitieron sus propias pautas y avisos específicos para la gestión de los residuos en esta situación crítica.

Tabla 1. Directrices para el manejo de residuos sólidos por parte de agencias y países

Agencias y países	Directrices	Fuente
Asociación Internacional de Residuos Sólidos	La ISWA define pautas en relación con controlar el distanciamiento social, exigir el uso de EPP y generar una cultura de limpieza. Suspender la clasificación manual de los residuos. Eliminación de los residuos generados por los pacientes con Covid-19 por separado y considerar el almacenamiento de los residuos reciclables a largo plazo	(ISWA, 2020)
Administración de Seguridad y Salud Ocupacional	La OSHA recomienda para los trabajadores que realizan el recojo y limpieza de residuos capacitación, provisión de EPP adecuado y continuar con el distanciamiento social	(OSHA, 2020)
Organización de las Naciones Unidas	La ONU sugiere a los gobiernos una eficaz gestión integral de los residuos producidos durante pandemia, considerando la protección personal, la desinfección y la formación para minimizar posibles impactos	(UN, 2020)
Centros de Control y Prevención de Enfermedades (EE. UU.)	La CDC ha publicado pautas para la gestión de residuos por parte de las personas que se dediquen al recojo de residuos. Deben evitar el contacto con otras personas, es conveniente usar cubiertas de tela para la cara, emplear desinfectantes registrados y evitar que las personas enfermas salgan de casa	(CDC, 2020)
Organización Mundial de la Salud	La OMS menciona que los residuos generados por las personas con la enfermedad se deben de destinar en rellenos sanitarios	(WHO, 2020a)
Organización Mundial de la Salud	La OMS postula que los residuos de la atención médica deben guardarse en bolsas especiales y rotulados	(WHO, 2020b)
Mujeres de Empleo Informal: Globalizando y Organizando	La WIEGO sugiere la desinfección de superficies constantemente, brindar informaciones veraces de los riesgos del Covid-19 y generar estándares de higiene personal óptimos	(WIEGO, 2020)
Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos	La USEPA sugiere apostar por la prevención. Se debe recolectar y eliminar los residuos por separado, así como el reciclaje de residuos siempre que sea posible y almacenarlos a largo plazo	(USEPA, 2020)
Comisión Europea (UE)	La Comisión Europea recomienda la segregación, recolección y eliminación de los residuos generados por los pacientes enfermos. Asimismo, se debe garantizar el distanciamiento, desinfección y uso de EPP constante	(European Commission, 2020)
Asociación de Residuos Sólidos de Norteamérica	SWANA recomienda a las partes interesadas relacionadas al tema del manejo de residuos que la recolección, el tratamiento y eliminación son actividades públicas decisivas y se deben de adoptar medidas urgentes	(SWANA, 2020)
Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico	La OECD ha garantizado que en todos los países miembros se va a ejecutar con normalidad la recolección de residuos. No obstante, se ha recomendado el cierre de algunos centros de reciclaje en aquellos donde el Covid-19 va en incremento	(OECD, 2020)
Reino Unido	Reino Unido considera que la recolección de los residuos en las aceras sigue siendo prioridad. Se apuesta por una correcta eliminación de residuos provenientes de los EPP por parte de los ciudadanos, el cual consiste en colocarlos en una bolsa negra y no reciclarlos. Asimismo, ha categorizado sus residuos de acuerdo con el flujo en alta, media y baja prioridad	(CIWM, 2020)
Nueva Zelanda	Nueva Zelanda respondió habilitando una plataforma web para obtener información sobre actualizaciones de las fechas de recolección en la acera y de reciclaje. Asimismo, los vertederos municipales y las estaciones de transferencia de residuos estarán abiertos solo para el uso de servicios esenciales	(Wasteminz, 2020)
Italia	En Italia se ha categorizado los residuos en: Residuos municipales generados por hogares con pacientes Covid-19 y residuos generados por hogares sin pacientes Covid-19, en ambos casos con cuarentena obligatoria. En la primera categoría se consideran como desechos médicos y deben desecharse como tal y para el segundo se gestionan como residuos comunes	(SNPA, 2020)
China	La República Popular de China emitió una guía para la eliminación de residuos médicos. Sugieren empaquetarlos en bolsas especiales, contenedores y con advertencia	(MEE, 2020)
Filipinas	Filipinas recomienda que para el manejo de los residuos se han establecido un sistema especial el cual incluye transporte, tratamiento, almacenamiento y eliminación de desechos hospitalarios en la isla de Luzón	(EMB, 2020)

Las recomendaciones de los organismos y países en su mayoría hacen referencia a la higiene, el uso de EPP y a ciertas consideraciones en los procesos esenciales del manejo de residuos tales como la segregación, reciclaje y eliminación de residuos. En los artículos revisados se mencionan solo algunas recomendaciones de corto, mediano y largo plazo (Ganguly & Chakraborty, 2021; Hantoko et al., 2021). Aunque en su mayoría sugieren que se sigan las pautas gubernamentales de agencias y países. Un aspecto importante para considerar en estas directrices es la concientización de la población que por su parte debería gestionar de manera eficaz los residuos empezando por identificar, luego separar y disponer los residuos biocontaminados en recipientes rotulados. Asimismo, para los residuos generados durante una atención médica se debe emplear EPP adecuados, lavado de manos después de la intervención (Daverey & Dutta, 2021; Sangkham, 2020). Estas prácticas y enfoques globales están orientadas a minimizar los efectos negativos directos e indirectos de los residuos hacia la salud de las personas y al ambiente.

3.3 Impactos del Covid-19 en el manejo de los residuos sólidos

El manejo de residuos durante la pandemia ha presentado una serie de inconvenientes. En los artículos revisados se han identificado diversos impactos los cuales han afectado a los procesos que intervienen en su manejo. Empezando por la generación que se ha incrementado principalmente por el confinamiento y la posibilidad de contagio (Mofijur et al., 2021). Respecto a la segregación, se ha identificado que los residuos están biocontaminados y se requiere un tratamiento especial (Behera, 2021). Es por ello, que se debe de codificar los residuos en recipientes o bolsas por colores de acuerdo con la normativa de residuos existentes, ya que, la clasificación de estos es una estrategia muy importante (Y. Wang et al., 2021). Por otro lado, si los residuos no son segregados pueden generar problemas a las personas que los clasifican en la etapa de disposición final aún más en esta situación (Sharma et al., 2020). En relación con la recolección, por ejemplo, en São Paulo Brasil durante la pandemia se han observado situaciones negativas como menor recolección domiciliar de residuos sólidos, un incremento de la recolección de residuos reciclables, la disminución de la segregación voluntaria en contenedores de reciclaje y presencia de residuos sólidos en las calles en cantidades inferiores (Urban & Nakada, 2021). Sin embargo, algunos municipios solo realizan actividades de recolección en la acera y otros han abandonado este servicio de vital importancia (Vanapalli et al., 2021b). Esto también debido a que, las medidas de inmovilización decretadas han afectado la recolección rutinaria de los residuos (Kulkarni & Anantharama, 2020). En cuanto al reciclaje, esta actividad fue limitada para reducir el riesgo de contagio en los trabajadores involucrados en tales operaciones. En diversos países se redujo esta actividad a la mitad (Singh & Mishra, 2021) y en otras se cerraron (OECD, 2020) afectando a miles de recicladores incluso informales (Hikmet, 2020; Somani et al., 2020). Referente al transporte de residuos biocontaminados, este proceso no debe realizarse por medio de áreas concurridas ya que podría ocasionar la salida de residuos (Behera, 2021). Más bien deben ser trasladados en sistemas cerrados (Khuo et al., 2021) para evitar la contaminación con el medio

y la población. En la etapa de eliminación o tratamiento, los grandes flujos de generación de residuos durante la pandemia podrían exceder la capacidad de operación de estas instalaciones e incurrir en nuevos costes económicos. Adicionalmente, en esta etapa de eliminación o disposición final es donde se generan contratiempos, ya que, los residuos a destinar están biocontaminados en su mayoría. Por ende, la eliminación eficaz de estos residuos es fundamental como respuesta a esta pandemia (Hantoko et al., 2021; Zhao et al., 2021). En china se eliminan estos residuos en instalaciones de incineración para residuos peligrosos, como para domésticos, así como, hornos industriales y otras actividades de eliminación en situaciones de emergencia (MEE, 2020). Sin embargo, en países en desarrollo donde la tecnología no es la óptima y la capacidad de incineración es excedida por la cantidad de residuos biocontaminados se puede optar, para minimizar el impacto, por enterrar los residuos en un vertedero separado o en uno existente, luego de colocar los residuos se debe cubrir con tierra fresca o mezclado con cal, también, se debe agregar un revestimiento de alambre y una capa de cemento (Sharma et al., 2020).

3.4 Persistencia del Covid-19 en la superficie de los residuos sólidos

Para un correcto manejo de los residuos tanto del hogar, de las calles como de los centros hospitalarios es fundamental comprender el ciclo de vida del virus (Tripathi et al., 2020). La supervivencia del virus en diversas superficies, que pueden transmitir la infección o llamados fómites es variada (Figura 1) y generalmente se ve influenciada por factores como la humedad, temperatura y el tipo de cepa del virus presente en la superficie (Chin et al., 2020). Incluso se ha reportado que, en muestras de heces, respiratorias y de suero el virus persiste por 22, 18 y 16 días respectivamente (Zheng et al., 2020). La persistencia no es uniforme en la literatura revisada. En algunas superficies lisas el virus permanece un periodo de horas o días (Nghiem et al., 2020). En el estudio de (Kampf et al., 2020) se encontró que la persistencia del virus sobre el metal, vidrio o plástico fue de nueve días, mientras que en el estudio de (van Doremalen et al., 2020) persistió 3 días sobre el plástico y metal. En la etapa inicial de la pandemia del Covid-19 no se tuvo en cuenta esta posible amenaza de transmisión. Es por ello, la importancia de desinfectar las bolsas biocontaminadas y dejarlas unos días antes de entregarlas al recolector.

3.5 Desafíos emergentes en el manejo de residuos sólidos

Esta pandemia del Covid-19, a pesar de los impactos negativos que genera, representa una oportunidad para realizar cambios sustanciales en los procesos del manejo de residuos. Más aún en los países en desarrollo, donde las técnicas de manejo de residuos presentan mayor vulnerabilidad frente a eventos o crisis sanitarias como la del Covid-19 (Ganguly & Chakraborty, 2021; Vanapalli et al., 2021b). Además, cerca de un 30 % de la literatura revisada presentan desafíos emergentes, esto en referencia a la carencia de tecnología, la infraestructura que se necesita para un óptimo manejo de los residuos, la salud de los trabajadores, el reciclaje, concientización de la población, entre otros.

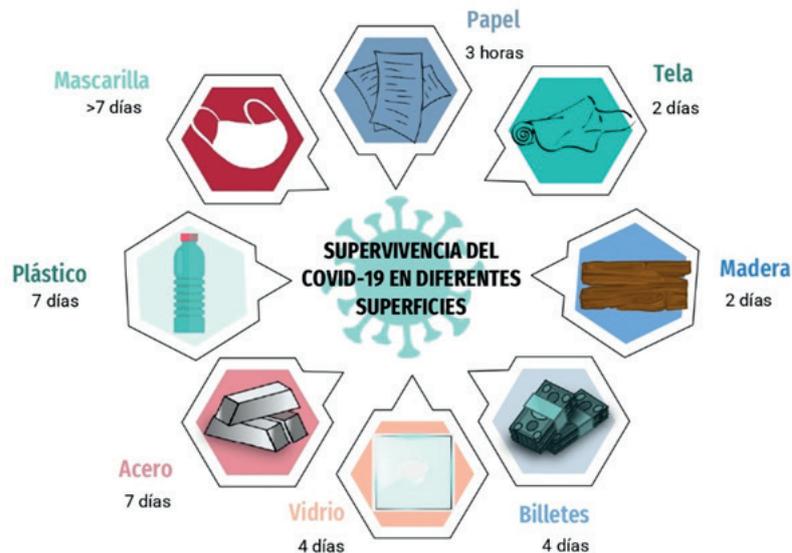


Figura 1. Persistencia del virus en diferentes fómites bajo ciertas condiciones ambientales.
Fuente: Adaptado de Chin et al. (2020).

Se ha evidenciado que un cambio sostenible podría darse si es que los países deciden implementar políticas con enfoques de descentralizar la gestión de residuos que existen en la actualidad (Sharma et al., 2021). Esto implica que las etapas como el reciclaje y el tratamiento se den próximos a la fuente de generación de residuos. En contraste, se reduce el riesgo de infección del personal, el uso del transporte, costes operativos y se optimiza el manejo. En esa misma línea se puede apostar también por la automatización y las innovaciones tecnológicas emergentes como la aplicación de la inteligencia artificial a la separación, clasificación y tratamiento de residuos (Fan et al., 2021; Junjuri & Gundawar, 2020). Así también, como la promoción y consumos de productos ecológicos en alusión a los bioplásticos o tecnologías amigables con el ambiente que nos permitan maximizar su uso, reutilizarlos y minimizar los impactos al ecosistema (Oliveira et al., 2021). Por ejemplo, se podría reutilizar las mascarillas mezcladas con concreto para aplicaciones de base de concreto en pavimentos u otras aplicaciones en el sector construcción (Kilmartin-Lynch et al., 2021; Saberian et al., 2021). También, la sensibilización y educación ambiental permitirá el cambio de los patrones de consumo y de comportamiento de las personas (Babbitt et al., 2021; Benson et al., 2021).

En cuanto a las actividades de recolección de residuos para el reciclaje se debe diseñar estrategias que permitan la formalización de las personas que se dedican a esta tarea, programas de capacitación y entrenamiento en cuanto al manejo de residuos aprovechables en estos contextos (Ebner & Iacovidou, 2021; Goswami et al., 2021; Konov, 2020; Zand & Heir, 2020). Esto es esencial ya que, la actividad del reciclaje cumple un rol importante en la gestión de residuos y la economía circular. Finalmente, para el tratamiento o eliminación de residuos biocontaminados, se pueden considerar opciones viables, que constan de instalaciones con infraestructura y equipamiento

adecuado, como la incineración, la esterilización por vapor, tratamientos con energía como microondas, desinfección química, inactivación térmica, entre otros (Sharma et al., 2020). Aunque, la incineración puede ser la más viable (Klemeš et al., 2020) siempre y cuando se controle las emisiones de gases que se desprenden de esta actividad ya que, si no se aplica controles estrictos pueden causar contaminación. Asimismo, se puede aprovechar la conversión de estos residuos en energía (Istrate et al., 2020; Valizadeh et al., 2021; Zhou et al., 2021). No obstante, luego de la segregación de los residuos se debe realizar una desinfección química y dejarlos por un periodo de tiempo corto para minimizar el riesgo de contagio en el personal de recolección de residuos.

IV. CONCLUSIONES

La pandemia a causa de la Covid-19 ha desencadenado efectos adversos significativos con respecto al manejo de los residuos sólidos. La generación de residuos tuvo un comportamiento exponencial, principalmente sobre el uso de plásticos de un solo uso, así como, las mascarillas y guantes. Las directrices emitidas por los organismos internacionales para el manejo de los residuos en este contexto hacen hincapié en el uso de EPP, higiene constante, desinfección de los residuos durante los procesos que comprenden el manejo de residuos. En esa misma línea países como Reino Unido, Nueva Zelanda, Italia, China y Filipinas optaron por establecer guías para el manejo de residuos los cuales consistían en categorizar los residuos y rotularlos, habilitar plataformas web para una mayor comunicación y un sistema especial de manejo por la pandemia. La literatura evidencia que los impactos generados por la Covid-19 con respecto al manejo de los residuos han afectado principalmente a los procesos de segregación, reciclaje y eliminación de residuos sólidos. Los cuales tienen que ver directamente con la generación, el tiempo de vida del virus

y las técnicas de eliminación de desechos biocontaminados respectivamente. La supervivencia del virus agrava más el manejo de residuos puesto que, en algunos fómites supera los siete días de persistencia. Siendo una amenaza para las estrategias de manejo de residuos, de igual modo, para el ambiente y la salud de las personas. Finalmente, los desafíos futuros que trae consigo la pandemia están orientados a la implementación de políticas de descentralizar el manejo de residuos, así como, la apuesta por la automatización en esos procesos. También, considerar la desinfección química e incineración como alternativas viables en contexto de crisis para el tratamiento y eliminación de residuos.

V. AGRADECIMIENTOS

Al Programa de Maestría en Ciencias Naturales de la Universidad del Rosario por el apoyo brindado y el soporte a través del CRAI-UR para el acceso a las bases de datos científicas durante el Programa de Movilidad Internacional 2021-II.

VI. REFERENCIAS

- Abubakar, L., Salemcity, A. J., Abass, O. K., & Olajuyin, A. M. (2021). The impacts of COVID-19 on environmental sustainability: A brief study in world context. *Bioresource Technology Reports*, 15, 100713. <https://doi.org/10.1016/J.BITEB.2021.100713>
- Al-Omran, K., Khan, E., Ali, N., & Bilal, M. (2021). Estimation of COVID-19 generated medical waste in the Kingdom of Bahrain. *Science of The Total Environment*, 801, 149642. <https://doi.org/10.1016/J.SCITOTENV.2021.149642>
- Anand, U., Li, X., Sunita, K., Lokhandwala, S., Gautam, P., Suresh, S., Sarma, H., Vellingiri, B., Dey, A., Bontempi, E., & Jiang, G. (2022). SARS-CoV-2 and other pathogens in municipal wastewater, landfill leachate, and solid waste: A review about virus surveillance, infectivity, and inactivation. *Environmental Research*, 203, 111839. <https://doi.org/10.1016/J.ENVRES.2021.111839>
- Babbitt, C. W., Babbitt, G. A., & Oehman, J. M. (2021). Behavioral impacts on residential food provisioning, use, and waste during the COVID-19 pandemic. *Sustainable Production and Consumption*, 28, 315–325. <https://doi.org/10.1016/J.SPC.2021.04.012>
- Behera, B. C. (2021). Challenges in handling COVID-19 waste and its management mechanism: A Review. In *Environmental Nanotechnology, Monitoring and Management* (Vol. 15). Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.enmm.2021.100432>
- Benson, N. U., Fred-Ahmadu, O. H., Bassey, D. E., & Atayero, A. A. (2021). COVID-19 pandemic and emerging plastic-based personal protective equipment waste pollution and management in Africa. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 9(3), 105222. <https://doi.org/10.1016/J.JECE.2021.105222>
- CDC. (2020). *What Waste Collectors and Recyclers Need to Know about COVID-19*. Centers for Disease Control and Prevention.
- 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. (2020). Stability of SARS-CoV-2 in different environmental conditions. *The Lancet Microbe*, 1(1), e10. [https://doi.org/10.1016/S2666-5247\(20\)30003-3](https://doi.org/10.1016/S2666-5247(20)30003-3)
- CIWM. (2020). *Coronavirus update: waste management sector*. Chartered Institution of Wastes Management.
- Daverey, A., & Dutta, K. (2021). COVID-19: Eco-friendly hand hygiene for human and environmental safety. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 9(2), 104754. <https://doi.org/10.1016/J.JECE.2020.104754>
- Ebner, N., & Iacovidou, E. (2021). The challenges of Covid-19 pandemic on improving plastic waste recycling rates. *Sustainable Production and Consumption*, 28, 726–735. <https://doi.org/10.1016/J.SPC.2021.07.001>
- Elsaid, K., Olabi, V., Sayed, E. T., Wilberforce, T., & Abdelkareem, M. A. (2021). Effects of COVID-19 on the environment: An overview on air, water, wastewater, and solid waste. *Journal of Environmental Management*, 292, 112694. <https://doi.org/10.1016/J.JENVMAN.2021.112694>
- EMB. (2020). *Management of Infectious Healthcare Waste During Covid-19 Pandemic*. Environmental Management Bureau.
- European Commission. (2020). *Waste management in the context of the coronavirus crisis*.
- Everitt, H., van der Werf, P., Seabrook, J. A., Wray, A., & Gilliland, J. A. (2021). The quantity and composition of household food waste during the COVID-19 pandemic: A direct measurement study in Canada. *Socio-Economic Planning Sciences*, 101110. <https://doi.org/10.1016/J.SEPS.2021.101110>
- Fan, Y. Van, Jiang, P., Hemzal, M., & Klemeš, J. J. (2021). An update of COVID-19 influence on waste management. *Science of The Total Environment*, 754, 142014. <https://doi.org/10.1016/J.SCITOTENV.2020.142014>
- Ganguly, R. K., & Chakraborty, S. K. (2021). Integrated approach in municipal solid waste management in COVID-19 pandemic: Perspectives of a developing country like India in a global scenario. *Case Studies in Chemical and Environmental Engineering*, 3, 100087. <https://doi.org/10.1016/J.CSCEE.2021.100087>
- Goswami, M., Goswami, P. J., Nautiyal, S., & Prakash, S. (2021). Challenges and actions to the environmental management of Bio-Medical Waste during COVID-19 pandemic in India. *Heliyon*, 7(3), e06313. <https://doi.org/10.1016/J.HELIVON.2021.E06313>
- Habtewold, T. M. (2021). Impacts of COVID-19 on food security, employment and education: An empirical assessment during the early phase of the pandemic. *Clinical Nutrition Open Science*, 38, 59–72. <https://doi.org/10.1016/J.NUTOS.2021.06.002>
- Haddad, M. Ben, De-la-Torre, G. E., Abelouah, M. R., Hajji, S., & Alla, A. A. (2021). Personal protective equipment (PPE) pollution associated with the COVID-19 pandemic along the coastline of Agadir, Morocco. *Science of The Total Environment*, 798, 149282. <https://doi.org/10.1016/J.SCITOTENV.2021.149282>
- Hantoko, D., Li, X., Pariatamby, A., Yoshikawa, K., Horttanainen, M., & Yan, M. (2021). Challenges and practices on waste

- management and disposal during COVID-19 pandemic. *Journal of Environmental Management*, 286, 112140. <https://doi.org/10.1016/J.JENVMAN.2021.112140>
- Haque, M. S., Uddin, S., Sayem, S. M., & Mohib, K. M. (2021). Coronavirus disease 2019 (COVID-19) induced waste scenario: A short overview. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 9(1), 104660. <https://doi.org/10.1016/J.JECE.2020.104660>
- Hikmet. (2020). *Waste Pickers: We Cannot Make Ends Meet Only with Food Aid*.
- Istrate, I. R., Iribarren, D., Gálvez-Martos, J. L., & Dufour, J. (2020). Review of life-cycle environmental consequences of waste-to-energy solutions on the municipal solid waste management system. *Resources, Conservation and Recycling*, 157, 104778. <https://doi.org/10.1016/J.RESCONREC.2020.104778>
- ISWA. (2020). *Waste Management during the COVID-19 Pandemic: ISWA's Recommendations*. International Solid Waste Association.
- JHU. (2021). *COVID-19 Dashboard by the Center for Systems Science and Engineering (CSSE) at Johns Hopkins University (JHU)*.
- Junjuri, R., & Gundawar, M. K. (2020). A low-cost LIBS detection system combined with chemometrics for rapid identification of plastic waste. *Waste Management*, 117, 48–57. <https://doi.org/10.1016/J.WASMAN.2020.07.046>
- Kampf, G., Todt, D., Pfaender, S., & Steinmann, E. (2020). Persistence of coronaviruses on inanimate surfaces and their inactivation with biocidal agents. *Journal of Hospital Infection*, 104(3), 246–251. <https://doi.org/10.1016/J.JHIN.2020.01.022>
- Kaza, S., Yao, L. C., Bhada-Tata, P., & Van Woerden, F. (2018). What a Waste 2.0: A Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050. *World Bank*. <https://doi.org/10.1596/978-1-4648-1329-0>
- Khoo, K. S., Ho, L. Y., Lim, H. R., Leong, H. Y., & Chew, K. W. (2021). Plastic waste associated with the COVID-19 pandemic: Crisis or opportunity? *Journal of Hazardous Materials*, 417, 126108. <https://doi.org/10.1016/J.JHAZMAT.2021.126108>
- Kilmartin-Lynch, S., Saberian, M., Li, J., Roychand, R., & Zhang, G. (2021). Preliminary evaluation of the feasibility of using polypropylene fibres from COVID-19 single-use face masks to improve the mechanical properties of concrete. *Journal of Cleaner Production*, 296, 126460. <https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2021.126460>
- Klemeš, J. J., Fan, Y. Van, Tan, R. R., & Jiang, P. (2020). Minimising the present and future plastic waste, energy and environmental footprints related to COVID-19. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 127, 109883. <https://doi.org/10.1016/J.RSER.2020.109883>
- Konov. (2020). *COVID-19 is forcing us to rethink our plastics problem*. World Economic Forum.
- Kulkarni, B. N., & Anantharama, V. (2020). Repercussions of COVID-19 pandemic on municipal solid waste management: Challenges and opportunities. *Science of The Total Environment*, 743, 140693. <https://doi.org/10.1016/J.SCITOTENV.2020.140693>
- Li, J., Burnham, J. F., Lemley, T., & Britton, R. M. (2010). Citation Analysis: Comparison of Web of Science®, Scopus™, SciFinder®, and Google Scholar. *Journal of Electronic Resources in Medical Libraries*, 7(3), 196–217. <https://doi.org/10.1080/15424065.2010.505518>
- Mallick, S. K., Pramanik, M., Maity, B., Das, P., & Sahana, M. (2021). Plastic waste footprint in the context of COVID-19: Reduction challenges and policy recommendations towards sustainable development goals. *Science of The Total Environment*, 796, 148951. <https://doi.org/10.1016/J.SCITOTENV.2021.148951>
- MEE. (2020). *The Ministry of Ecology and Environment issued the "Management and Technical Guidelines for Emergency Disposal of Medical Wastes from the Novel Coronavirus Infected Pneumonia Epidemic (Trial)"*. Ministry of Ecology and Environment .
- Mofijur, M., Fattah, I. M. R., Alam, M. A., Islam, A. B. M. S., Ong, H. C., Rahman, S. M. A., Najafi, G., Ahmed, S. F., Uddin, M. A., & Mahlia, T. M. I. (2021). Impact of COVID-19 on the social, economic, environmental and energy domains: Lessons learnt from a global pandemic. *Sustainable Production and Consumption*, 26, 343–359. <https://doi.org/10.1016/J.SPC.2020.10.016>
- Naughton, C. C. (2020). Will the COVID-19 pandemic change waste generation and composition?: The need for more real-time waste management data and systems thinking. *Resources, Conservation and Recycling*, 162, 105050. <https://doi.org/10.1016/J.RESCONREC.2020.105050>
- Nghiem, L. D., Morgan, B., Donner, E., & Short, M. D. (2020). The COVID-19 pandemic: Considerations for the waste and wastewater services sector. *Case Studies in Chemical and Environmental Engineering*, 1, 100006. <https://doi.org/10.1016/J.CSCEE.2020.100006>
- OECD. (2020). *Cities policy responses*. Organisation for Economic Co-Operation and Development .
- Olatayo, K. I., Mativenga, P. T., & Marnewick, A. L. (2021). COVID-19 PPE plastic material flows and waste management: Quantification and implications for South Africa. *Science of The Total Environment*, 790, 148190. <https://doi.org/10.1016/J.SCITOTENV.2021.148190>
- Oliveira, W. Q. de, Azeredo, H. M. C. de, Neri-Numa, I. A., & Pastore, G. M. (2021). Food packaging wastes amid the COVID-19 pandemic: Trends and challenges. *Trends in Food Science & Technology*, 116, 1195–1199. <https://doi.org/10.1016/J.TIFS.2021.05.027>
- OSHA. (2020). *Guidance on Preparing Workplaces for COVID-19*. Occupational Safety and Health Administration.
- Oyedotun, T. D. T., Kasim, O. F., Famewo, A., Oyedotun, T. D., Moonsammy, S., Ally, N., & Renn-Moonsammy, D.-M. (2020). Municipal waste management in the era of COVID-19: Perceptions, practices, and potentials for research in developing countries. *Research in Globalization*, 2, 100033. <https://doi.org/10.1016/J.RESGLO.2020.100033>
- Patrício Silva, A. L., Prata, J. C., Duarte, A. C., Barcelò, D., & Rocha-Santos, T. (2021). An urgent call to think globally and act locally on landfill disposable plastics under and after

- covid-19 pandemic: Pollution prevention and technological (Bio) remediation solutions. *Chemical Engineering Journal*, 426, 131201. <https://doi.org/10.1016/J.CEJ.2021.131201>
- Prata, J. C., Silva, A. L. P., Walker, T. R., Duarte, A. C., & Rocha-Santos, T. (2020). COVID-19 Pandemic Repercussions on the Use and Management of Plastics. *Environmental Science & Technology*, 54(13), 7760–7765. <https://doi.org/10.1021/ACS.EST.0C02178>
- Saberian, M., Li, J., Kilmartin-Lynch, S., & Boroujeni, M. (2021). Repurposing of COVID-19 single-use face masks for pavements base/subbase. *Science of The Total Environment*, 769, 145527. <https://doi.org/10.1016/J.SCITOTENV.2021.145527>
- Sangkham, S. (2020). Face mask and medical waste disposal during the novel COVID-19 pandemic in Asia. *Case Studies in Chemical and Environmental Engineering*, 2, 100052. <https://doi.org/10.1016/J.CSCEE.2020.100052>
- Shakil, M. H., Munim, Z. H., Tasnia, M., & Sarowar, S. (2020). COVID-19 and the environment: A critical review and research agenda. *Science of The Total Environment*, 745, 141022. <https://doi.org/10.1016/J.SCITOTENV.2020.141022>
- Sharma, H. B., Vanapalli, K. R., Cheela, V. S., Ranjan, V. P., Jaglan, A. K., Dubey, B., Goel, S., & Bhattacharya, J. (2020). Challenges, opportunities, and innovations for effective solid waste management during and post COVID-19 pandemic. *Resources, Conservation and Recycling*, 162, 105052. <https://doi.org/10.1016/J.RESCONREC.2020.105052>
- Sharma, H. B., Vanapalli, K. R., Samal, B., Cheela, V. R. S., Dubey, B. K., & Bhattacharya, J. (2021). Circular economy approach in solid waste management system to achieve UN-SDGs: Solutions for post-COVID recovery. *Science of The Total Environment*, 800, 149605. <https://doi.org/10.1016/J.SCITOTENV.2021.149605>
- Singh, V., & Mishra, V. (2021). Environmental impacts of coronavirus disease 2019 (COVID-19). *Bioresource Technology Reports*, 15, 100744. <https://doi.org/10.1016/J.BITEB.2021.100744>
- SNPA. (2020). *Emergenza CoViD-19: indicazioni SNPA sulla gestione dei rifiuti*. Sistema Nazionale Protezione Ambiente.
- Somani, M., Srivastava, A. N., Gummadivalli, S. K., & Sharma, A. (2020). Indirect implications of COVID-19 towards sustainable environment: An investigation in Indian context. *Bioresource Technology Reports*, 11, 100491. <https://doi.org/10.1016/J.BITEB.2020.100491>
- SWANA. (2020). *SWANA reminds all state and local governments that solid waste management is an essential public service*. Solid Waste Association of North America.
- Tang, W. (2020). *The medical waste related to COVID-2019 is cleaned up every day—the medical waste treatment market needs to be standardised*. 21st Century Business Herald.
- Tripathi, A., Tyagi, V. K., Vivekanand, V., Bose, P., & Suthar, S. (2020). Challenges, opportunities and progress in solid waste management during COVID-19 pandemic. *Case Studies in Chemical and Environmental Engineering*, 2, 100060. <https://doi.org/10.1016/J.CSCEE.2020.100060>
- UN. (2020). *Managing biomedical and healthcare waste during COVID-19*. United Nations.
- UNEP. (2020). *La gestión de residuos un servicio público imprescindible en la lucha por vencer al COVID-19*. United Nations Environment Programme.
- Urban, R. C., & Nakada, L. Y. K. (2021). COVID-19 pandemic: Solid waste and environmental impacts in Brazil. *Science of The Total Environment*, 755, 142471. <https://doi.org/10.1016/J.SCITOTENV.2020.142471>
- USEPA. (2020). *Recycling and Sustainable Management of Food During the Coronavirus (COVID-19) Public Health Emergency*. United States Environmental Protection Agency.
- Valizadeh, J., Aghdamigargari, M., Jamali, A., Aickelin, U., Mohammadi, S., Khorshidi, H. A., & Hafezalkotob, A. (2021). A hybrid mathematical modelling approach for energy generation from hazardous waste during the COVID-19 pandemic. *Journal of Cleaner Production*, 315, 128157. <https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2021.128157>
- van Doremalen, N., Bushmaker, T., Morris, D. H., Holbrook, M. G., Gamble, A., Williamson, B. N., Tamin, A., Harcourt, J. L., Thornburg, N. J., Gerber, S. I., Lloyd-Smith, J. O., de Wit, E., & Munster, V. J. (2020). Aerosol and Surface Stability of SARS-CoV-2 as Compared with SARS-CoV-1. *New England Journal of Medicine*, 382(16), 1564–1567. https://doi.org/10.1056/NEJMC2004973/SUPPL_FILE/NEJMC2004973_DISCLOSURES.PDF
- Vanapalli, K. R., Sharma, H. B., Ranjan, V. P., Samal, B., Bhattacharya, J., Dubey, B. K., & Goel, S. (2021a). Challenges and strategies for effective plastic waste management during and post COVID-19 pandemic. *Science of The Total Environment*, 750, 141514. <https://doi.org/10.1016/J.SCITOTENV.2020.141514>
- Vanapalli, K. R., Sharma, H. B., Ranjan, V. P., Samal, B., Bhattacharya, J., Dubey, B. K., & Goel, S. (2021b). Challenges and strategies for effective plastic waste management during and post COVID-19 pandemic. *Science of The Total Environment*, 750, 141514. <https://doi.org/10.1016/J.SCITOTENV.2020.141514>
- Wang, C., Horby, P. W., Hayden, F. G., & Gao, G. F. (2020). A novel coronavirus outbreak of global health concern. *Lancet*, 395(10223), 470–473. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(20\)30185-9](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(20)30185-9)
- Wang, Y., Shi, Y., Zhou, J., Zhao, J., Maraseni, T., & Qian, G. (2021). Implementation effect of municipal solid waste mandatory sorting policy in Shanghai. *Journal of Environmental Management*, 298, 113512. <https://doi.org/10.1016/J.JENVMAN.2021.113512>
- Wasteminz. (2020). *Essential Waste Definition in COVID-19 Crisis*. WasteMINZ.
- WHO. (2020a). *Home care for patients with suspected or confirmed COVID-19 and management of their contacts*. World Health Organization.
- WHO. (2020b). *Water, sanitation, hygiene, and waste management for SARS-CoV-2, the virus that causes COVID-19*. World Health Organization.

- WHO. (2021). *Weekly epidemiological update on COVID-19 - 17 August 2021*. World Health Organization.
- WIEGO. (2020). *Informal worker demands during COVID-19 crisis | WIEGO*. Women in Informal Employment: Globalizing and Organizing.
- Yunus, A. P., Masago, Y., & Hijioka, Y. (2020). COVID-19 and surface water quality: Improved lake water quality during the lockdown. *Science of The Total Environment*, 731, 139012. <https://doi.org/10.1016/J.SCITOTENV.2020.139012>
- Zambrano-Monserrate, M. A., Ruano, M. A., & Sanchez-Alcalde, L. (2020). Indirect effects of COVID-19 on the environment. *Science of The Total Environment*, 728, 138813. <https://doi.org/10.1016/J.SCITOTENV.2020.138813>
- Zand, A. D., & Heir, A. V. (2020). Emerging challenges in urban waste management in Tehran, Iran during the COVID-19 pandemic. *Resources, Conservation and Recycling*, 162, 105051. <https://doi.org/10.1016/J.RESCONREC.2020.105051>
- Zhao, H., Liu, H. Q., Wei, G., Wang, H., Zhu, Y., Zhang, R., & Yang, Y. (2021). Comparative life cycle assessment of emergency disposal scenarios for medical waste during the COVID-19 pandemic in China. *Waste Management*, 126, 388–399. <https://doi.org/10.1016/J.WASMAN.2021.03.034>
- Zheng, S., Fan, J., Yu, F., Feng, B., Lou, B., Zou, Q., Xie, G., Lin, S., Wang, R., Yang, X., Chen, W., Wang, Q., Zhang, D., Liu, Y., Gong, R., Ma, Z., Lu, S., Xiao, Y., Gu, Y., ... Liang, T. (2020). Viral load dynamics and disease severity in patients infected with SARS-CoV-2 in Zhejiang province, China, January-March 2020: retrospective cohort study. *BMJ*, 369. <https://doi.org/10.1136/BMJ.M1443>
- Zhou, C., Yang, G., Ma, S., Liu, Y., & Zhao, Z. (2021). The impact of the COVID-19 pandemic on waste-to-energy and waste-to-material industry in China. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 139, 110693. <https://doi.org/10.1016/J.RSER.2020.110693>