

Implementing Improvements in Solid Waste Management during a Pandemic: A Systematic Literature Review

Quispe Chilet Ingrid ¹; Morales Acosta Litzy ²; Arroyo Condeña Erika ³; Chalco Llerena Sarichzada ⁴
1,2,3,4 Universidad Tecnológica del Perú, Perú,
U20237716@utp.edu.pe, U20205666@utp.edu.pe, C27266@utp.edu.pe, c24444@utp.edu.pe

Abstract– The COVID-19 pandemic not only severely impacted global health, but also triggered a less visible crisis in solid waste management. In the midst of fighting an invisible enemy, institutions and households began to produce unprecedented volumes of waste. This situation not only posed significant logistical challenges, but also posed serious risks to public health and environmental balance. The aim of the study was to analyze the impact of the pandemic on the generation and management of household waste, as well as to evaluate the measures implemented to protect waste collectors through personal protective equipment and to improve the management of this waste. The methodology used was a systematic review of the literature. Fifty open access documents were selected from the Scopus database, according to specific inclusion and exclusion criteria. The findings revealed a significant increase in waste production, particularly plastics, accompanied by a decrease in proper segregation, recycling and disposal processes, mainly due to the general increase in waste generated. It is concluded that efficient solid waste management, based on proper segregation and education and awareness, not only protects collection personnel by reducing their exposure to hazardous materials, but also improves treatment and recycling processes, reducing the accumulation of contaminated waste.

Key words–Management, solid waste, management, household waste, implementation.

Implementación de Mejoras en la Gestión de Residuos Sólidos durante una Pandemia: Revisión Sistemática de Literatura

Quispe Chilet Ingrid ¹; Morales Acosta Litzy ²; Arroyo Condeña Erika ³; Chalco Llerena Sarichzada ⁴
1,2,3,4 Universidad Tecnológica del Perú, Perú,
U20237716@utp.edu.pe, U20205666@utp.edu.pe, C27266@utp.edu.pe, c24444@utp.edu.pe

Resumen— La pandemia de COVID-19 no solo impactó gravemente la salud mundial, sino que también desencadenó una crisis menos visible en la gestión de residuos sólidos. En medio de la lucha contra un enemigo invisible, instituciones y hogares comenzaron a producir volúmenes inéditos de desechos. Esta situación no solo planteó retos logísticos significativos, sino que también representó graves riesgos para la salud pública y el equilibrio ambiental. El estudio tuvo como objetivo analizar el impacto de la pandemia en la generación y manejo de residuos domiciliarios, así como evaluar las medidas implementadas para proteger al personal recolector mediante equipos de protección personal y mejorar la gestión de estos residuos. La metodología utilizada fue la revisión sistemática de la literatura. Se seleccionó 50 documentos de libre acceso de la base de datos Scopus, de acuerdo con criterios específicos de inclusión y exclusión. Los hallazgos revelaron un incremento significativo en la producción de residuos, particularmente plásticos, acompañado de una disminución en los procesos adecuados de segregación, reciclaje y eliminación, principalmente debido al aumento generalizado de residuos generados. Se concluye que una eficiente gestión de los residuos sólidos, basada en una segregación adecuada y una educación y conciencia, no solo protege al personal recolector al reducir su exposición a materiales peligrosos, sino que también mejora los procesos de tratamiento y reciclaje, disminuyendo la acumulación de desechos contaminados.

Palabras clave—Gestión, residuos sólidos, manejo, residuos domiciliarios, implementación.

I. INTRODUCCIÓN

En el siglo XXI manejar los residuos sólidos (RS) es importante y un desafío ambiental económico y social. El planeta cada año genera 2.24 millones de Toneladas, lo cual el Banco Mundial estima un crecimiento del 70% para el año 2050. Cabe mencionar que esta alarmante situación afecta la salud pública, el ecosistema y el cambio climático generando gases de efecto invernadero por encima del 5%.

En este contexto, la pandemia de COVID-19 agravó aún más la crisis de los RS. El aumento exponencial de residuos médicos, como mascarillas y guantes desechables, sobrecargó los sistemas de gestión de RS y evidenció la fragilidad de las infraestructuras existentes. Es así como, el confinamiento a causa de la pandemia provocó un incremento en la producción

de los residuos domiciliarios. Asimismo, una persona con COVID generaba 2 kilos de desechos contaminados, haciendo el cálculo en 14 días a más tratamientos, 300 mil personas contagiadas se podía generar 8 mil 400 toneladas de residuos [1].

La gestión de los residuos sólidos (GRS) [2] es un problema global que se ha agudizado durante las pandemias debido al aumento en la generación de basura y a las limitaciones en los sistemas de gestión. Esta situación ha generado riesgos significativos para la salud pública y el medio ambiente, demandando soluciones urgentes y efectivas. La falta de infraestructura adecuada, la escasez de recursos y la ausencia de protocolos sanitarios específicos para manejar los RS durante las crisis sanitarias han exacerbado esta problemática, haciendo necesaria una acción rápida y coordinada para garantizar un manejo seguro y sostenible de los desechos[1], [2].

Asimismo, Los trabajadores encargados de la recolección de RS se vieron expuestos a condiciones laborales extremadamente difíciles, ya que no existía un plan adecuado para gestionar los desechos contaminados y carecían del equipo de protección necesario. Esta situación no solo puso en peligro la salud y la seguridad de los recolectores, sino que también tuvo un impacto negativo en el medio ambiente [3].

La pandemia ha evidenciado la fragilidad de los sistemas de gestión de residuos y la necesidad de adoptar enfoques más sostenibles [4], [5]. Una gestión deficiente de los residuos no solo constituye una amenaza para la salud pública, sino que también pone en riesgo la sostenibilidad ambiental a largo plazo. Por ello, es imprescindible diseñar e implementar estrategias eficaces que fomenten la reducción, reutilización y reciclaje de los desechos, además de garantizar un tratamiento adecuado para aquellos que no pueden ser recuperados.

Esta investigación tuvo como objetivo analizar el impacto de la pandemia en la cantidad y tipología de residuos generados en los hogares, así como evaluar la eficacia de las medidas adoptadas para salvaguardar la seguridad de los trabajadores de limpieza mediante el uso de equipos de protección personal. Asimismo, se examinó la optimización en la gestión de estos

desechos, con el fin de determinar la efectividad de los protocolos implementados y proponer mejoras en la normativa vigente.

El documento se organiza en cinco secciones. La segunda sección aborda la metodología empleada en la revisión sistemática de la literatura (RSL), describiendo el uso del método PRISMA y las herramientas PICOTC para seleccionar y clasificar los documentos analizados, considerando la formulación de la pregunta de investigación y los criterios de inclusión y exclusión. La tercera sección presenta los resultados obtenidos y propone mejoras en la gestión de residuos. La cuarta sección analiza los hallazgos en relación con las fuentes seleccionadas, evaluando el impacto del Covid-19 en la GRS a nivel global. Finalmente, la quinta sección resume los principales hallazgos y brinda recomendaciones para optimizar la gestión de residuos domiciliarios durante la pandemia.

II. METODOLOGÍA

La investigación es una revisión sistemática de la literatura, para lo cual se utilizó las herramientas PICOCT (población, intervención, comparación, resultados, contexto y tiempo). Se determinarán criterios específicos en función de la pregunta principal de investigación y se identificarán las bases de datos necesarias para la búsqueda de los artículos. Siguiendo las directrices de la metodología PRISMA, se definieron límites, se eliminaron duplicados y se realizó una selección inicial basada en los títulos y resúmenes. Finalmente, se llevó a cabo un análisis a texto completo para incluir los artículos que cumplieran con los criterios establecidos en la revisión.

A. Organización del análisis bibliográfico:

Para analizar la implementación de mejoras en la gestión de los residuos sólidos en una pandemia se plantearon las siguientes preguntas de estudio.

RQ: ¿Qué estrategias de segregación de residuos domiciliarios pueden implementarse para reducir los riesgos de exposición a patógenos y mejorar las condiciones laborales del personal recolector durante una pandemia?

Cuyas subpreguntas son las siguientes:

RQ1: ¿Cómo afecta la exposición de residuos sólidos domiciliarios contaminados al personal recolector durante una pandemia?

RQ2: ¿Qué mejoras en la GRS por parte de los ciudadanos se puede implementar para proteger al personal recolector?

RQ3: ¿Cómo se compara la efectividad de las mejoras propuestas del manejo adecuado de los residuos domiciliarios con la situación actual?

RQ4: ¿Qué impacto tiene la optimización de los desechos domiciliarios en la GRS en la minimización en la exposición a residuos contaminados para el personal recolector?

RQ5: ¿Cómo varía la disponibilidad y el uso de EPPs en diferentes comunidades que implementan mejoras en la GRS frente a las que no lo hacen?

RQ6: ¿Cuál es el periodo mínimo necesario para evaluar la efectividad de las mejoras en la GRS en la protección del personal recolector durante una pandemia?

B. Determinación de palabras clave:

Para profundizar en la gestión de RS durante la pandemia, se llevó a cabo una búsqueda exhaustiva en bases de datos científicas especializadas. Se diseñó una estrategia de búsqueda precisa, utilizando términos clave específicos y relevantes para la investigación, los cuales fueron seleccionados cuidadosamente y organizados en la tabla I. Esta estrategia permitió identificar artículos científicos de alta calidad en la base de datos Scopus, asegurando así la pertinencia de los resultados obtenidos.

TABLA I
PALABRAS CLAVE PICOTC

P	Población	Personal recolector de residuos sólidos domiciliarios.	Solid waste collectors, Waste, Trash, Garbage	Solid waste collectors OR Waste OR Trash OR Garbage
I	Intervención	Mejora de la gestión de residuos sólidos por parte de los ciudadanos.	Solid waste segregation, Improvement	Solid waste segregation OR Improvement
C	Comparación	Cuestionario	Questionnaires	Questionnaires.
O	Resultados	El impacto que tiene en los trabajadores la exposición a residuos sólidos domiciliarios contaminados.	Contaminated solid waste,	Contaminated solid waste
C	Contexto	El personal recolector no contó con los EPPs adecuados. No se realizó capacitaciones a la población sobre GRS.	Awareness, Knowledge, Perception, Attitude, Integrity.	Awareness OR Knowledge OR Perception OR Attitude OR Integrity.
T	Tiempo	Durante una pandemia.	Pandemic, Covid 19,	Pandemic OR Covid 19.

C. Ecuación de búsqueda:

El proceso de búsqueda bibliográfica se llevó a cabo mediante la siguiente fórmula:

“Solid waste collectors” OR “Waste” OR “Trash” OR “Garbage” OR “Solid waste segregation” OR “Improvement”

OR “Questionnaires” OR “Contaminated solid waste” OR “Awareness” OR “Knowledge” OR “Perception” OR “Attitude” OR “Integrity” OR “Pandemic” OR “Covid 19”.

D. Proceso de indagación:

Se empleó la metodología PRISMA, aplicando criterios de inclusión y exclusión para la selección de trabajos comprendidos entre los años 2019 y 2024. A partir de la base de datos Scopus, se identificaron 216 documentos. Tras el proceso de exclusión, se eliminaron 16 registros por duplicidad, 81 por no estar alineados con la temática de estudio, 38 por no contar con acceso abierto y 31 por no cumplir con los criterios de elegibilidad. Como resultado, se seleccionaron 50 documentos científicos a texto completo considerados los más relevantes para el estudio (fig. 1).

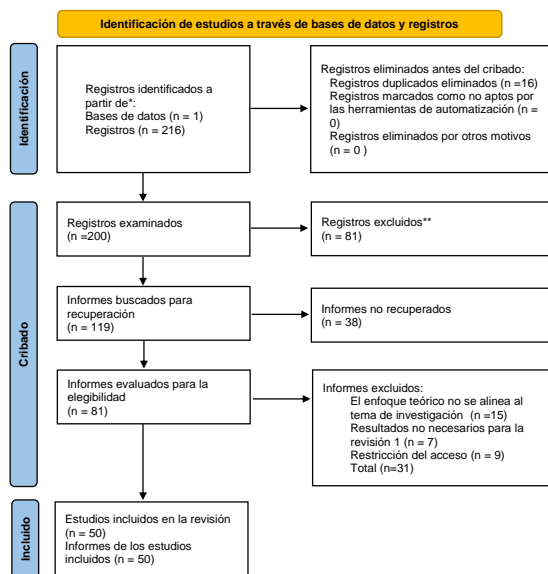


Fig. 1 Diagrama Prisma con los registros seleccionados.

III. RESULTADOS

Durante la pandemia de COVID-19, la exposición a desechos domésticos contaminados ha incrementado significativamente el riesgo de infección entre el personal recolector. Esta situación se ha intensificado por la carencia de EPPs adecuados y la manipulación de residuos contaminados que pueden contener patógenos dañinos para la salud. Los estudios revisados coinciden en la importancia de implementar cambios en la segregación de residuos para proteger al personal recolector.

A. RQ1

¿Cómo afecta la exposición de residuos sólidos domiciliarios contaminados al personal recolector durante una pandemia?

La gestión de residuos sólidos urbanos durante una pandemia, como la COVID-19, presenta desafíos y riesgos

específicos para el personal recolector. Las características inherentes a los residuos generados en este contexto, así como las condiciones particulares de operación en emergencias sanitarias, aumentan la exposición de estos trabajadores a diversos peligros. La manipulación de residuos sólidos urbanos potencialmente contaminados con agentes patógenos, como virus, representa un riesgo biológico para los trabajadores de la limpieza [2], [3], [4], [5], [6], [7], [8], [9], [10], [11], [12], [13], [14], [15], [16]. Por lo que, se han identificado 5 causas que pueden afectar al personal recolector mediante la exposición a residuos sólidos contaminados. Ver Fig. 2

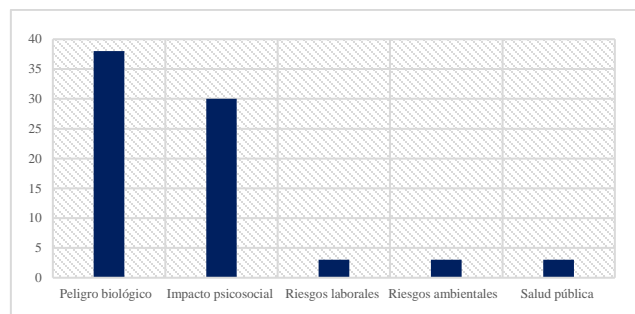


Fig. 2 Causas que pueden afectar al personal recolector mediante la exposición a residuos sólidos contaminados.

B. RQ2

¿Qué mejoras en la GRS por parte de los ciudadanos se puede implementar para proteger al personal recolector?

Para salvaguardar al personal recolector y optimizar la GRS, los ciudadanos pueden llevar a cabo varias acciones esenciales. En primer lugar, es vital que realicen una adecuada clasificación de los residuos en categorías como reciclables, orgánicos y peligrosos, lo que ayuda a minimizar la exposición a materiales contaminantes. Asimismo, deben asegurarse de que los desechos estén correctamente sellados en bolsas cerradas, especialmente aquellos que puedan estar contaminados, y utilizar contenedores específicos para este tipo de residuos [17]. También es fundamental promover la educación y la sensibilización sobre la relevancia de estas prácticas, así como incentivar la reducción del uso de productos desechables [18], [19], [20], [21]. Incrementar la frecuencia de recolección de residuos durante situaciones de crisis y establecer directrices claras sobre el manejo adecuado de los desechos son medidas adicionales que ayudan a disminuir los riesgos para los recolectores. Estas acciones no solo protegen la salud del personal, sino que también mejoran la eficiencia y seguridad en la gestión de residuos. A lo mencionado, se ha identificado mejoras relevantes que puedan ser aplicables para proteger al personal recolector.

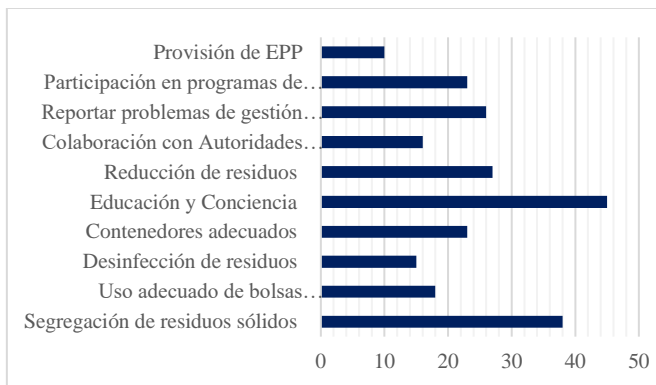


Fig. 3 Mejoras en la GRS por parte de los ciudadanos para proteger al personal recolector

C. RQ3

¿Cómo se compara la efectividad de las mejoras propuestas del manejo adecuado de los residuos domiciliarios con la situación actual?

La efectividad de las mejoras propuestas en el manejo de residuos domiciliarios contrasta notablemente con la situación actual, donde a menudo faltan prácticas adecuadas. Sin estas mejoras, la falta de separación de residuos y la acumulación de desechos contaminados aumentan el riesgo de contagio y generan mayor contaminación ambiental [22], lo que puede propiciar la propagación de enfermedades y una gestión ineficaz. En cambio, al implementar medidas como una mejor separación de RS, el uso de contenedores para desechos peligrosos y la educación ciudadana [22], [23], [24], se reduciría significativamente el riesgo de exposición a patógenos, protegiendo tanto a los trabajadores como a la comunidad. Estas acciones también contribuirían a un entorno más limpio y saludable, mejorando los procesos de reciclaje y disminuyendo la contaminación. Estas mejoras tendrían un impacto positivo en la seguridad del personal recolector [25], [26] y en la sostenibilidad del manejo de RS, en contraste con las prácticas actuales menos organizadas. Asimismo, en muchos lugares, la gestión de RS es ineficiente, con altos costos y un impacto ambiental negativo. Por lo que, las tecnologías WTE, al convertir los residuos en energía, ofrecen una alternativa más eficiente y sostenible para la gestión de residuos, reduciendo la cantidad de material que termina en vertederos [27].

D. RQ4

¿Qué impacto tiene la optimización de los desechos domiciliarios en la GRS en la minimización en la exposición a residuos contaminados para el personal recolector?

La optimización de los desechos domiciliarios tiene un impacto significativo en la GRS, al disminuir la exposición del personal recolector a residuos contaminados [28]. Implementar prácticas como la correcta separación de los residuos en categorías (reciclables, orgánicos y peligrosos) permite manejar de manera segura desechos peligrosos, como mascarillas y guantes usados durante una pandemia. Esto reduce la

posibilidad de que el personal recolector entre en contacto con materiales contaminados, disminuyendo así el riesgo de infecciones y enfermedades transmitidas por contacto [29], [30]. En la misma línea [31] propone un sistema de gestión de residuos basado en el reciclaje que incluye la implementación de instalaciones de tratamiento de residuos, como centros de tratamiento de residuos 3R (reducir, reutilizar, reciclar) y bancos de residuos.

E. RQ5

¿Cómo varía la disponibilidad y el uso de EPPs en diferentes comunidades que implementan mejoras en la GRS frente a las que no lo hacen?

La disponibilidad y uso de Equipos de Protección Personal (EPP) varían notablemente entre comunidades que han mejorado su GRS y aquellas que no lo han hecho. En las comunidades que han adoptado medidas de mejora, como la adecuada separación de residuos, el uso de contenedores específicos y la educación ciudadana, es más probable que se priorice el suministro y uso adecuado de EPP [32] para el personal recolector. Estas comunidades suelen contar con protocolos más estrictos y recursos suficientes para garantizar la seguridad del personal, lo que incluye la distribución constante de EPP de calidad, como mascarillas, guantes y trajes de protección [33]. En contraste, en las comunidades que no implementan mejoras en la GRS, puede haber una falta de conciencia o recursos para proporcionar EPP adecuados. Esto puede resultar en un uso limitado o ineficaz de estos equipos, exponiendo a los trabajadores a un mayor riesgo de contacto con residuos peligrosos y contaminados. Además, la ausencia de separación y manejo adecuado de los residuos puede incrementar la cantidad de desechos infectados que el personal debe manipular, dificultando así la protección adecuada con los EPP disponibles.

F. RQ6

¿Cuál es el periodo mínimo necesario para evaluar la efectividad de las mejoras en la GRS en la protección del personal recolector durante una pandemia?

Evaluar el impacto de las mejoras en la gestión de residuos sólidos es un proceso dinámico que requiere un seguimiento continuo. Aunque un periodo varios meses puede ofrecer una primera aproximación, es fundamental considerar la evolución de la pandemia y la adaptación de las medidas implementadas [2],[3]. Durante este tiempo, se pueden analizar indicadores clave como la tasa de contagios, la eficacia de los equipos de protección personal y el cumplimiento de los protocolos de seguridad [34], [35] y la concienciación humana [36].

G. Información complementaria

TABLA II
ANÁLISIS DEL CONTEXTO

CONTEXTO	REFERENCIAS
La concientización sobre la GRS es crucial, especialmente para salvaguardar a la población	[29], [31], [37], [38]

vulnerable. Tanto entidades públicas como privadas deben colaborar estrechamente para implementar estudios de buenas prácticas en la gestión de desechos sólidos. Estos estudios no solo optimizan la eficiencia del proceso, sino que también promueven un entorno más saludable y sostenible. La participación de todos los sectores es esencial para lograr un impacto positivo y duradero en la sociedad.	
La contaminación por COVID-19 al personal recolector de residuos sólidos es un grave problema. Es crucial implementar estrictas medidas de seguridad para proteger a estos trabajadores, ya que el impacto del contagio puede ser significativo. La propagación del virus a través de residuos domiciliarios contaminados subraya la importancia de proteger la salud de los trabajadores de saneamiento y recolectores durante una pandemia. Estos desechos contaminados no solo ensucian el medio ambiente, sino que también pueden contribuir a la propagación de la pandemia, afectando tanto a los trabajadores como a la comunidad en general.	[30], [34], [39], [40], [41], [42], [43], [44]
El tratamiento adecuado del suelo y la importancia del reciclaje son fundamentales para mantener un entorno sostenible. La participación de todos los ciudadanos y entidades es esencial para manejar eficazmente los residuos sólidos. Aplicar las 3R (reducir, reutilizar y reciclar) ayuda a minimizar el impacto ambiental y a preservar los recursos naturales. Solo a través de un esfuerzo colectivo se pueden lograr cambios significativos en el manejo de residuos y en la protección del medio ambiente.	[32], [33], [35], [36], [42], [45]
El método de desinfección adecuado y las opciones tecnológicas pueden mitigar el riesgo de propagación de infecciones y mejorar la sostenibilidad del sistema de gestión de residuos. Estas prácticas son especialmente cruciales para el manejo de residuos contaminados. Implementar tecnologías avanzadas asegura un tratamiento más efectivo y seguro, protegiendo tanto a los trabajadores como al medio ambiente.	[37], [41], [46], [47], [48], [49]
La recolección de desechos domésticos y las prácticas de higiene al manipularlos durante la pandemia son fundamentales. Estos factores son clave para evaluar la eficacia del servicio de recolección y la higiene en la GRS. Es esencial considerar el lavado de manos para garantizar una protección adecuada y reducir el riesgo de contagio. Mantener estas prácticas protege tanto a los recolectores como a toda la comunidad.	[46], [47], [50]

IV. DISCUSIÓN

La pandemia de COVID-19 ha dejado una huella imborrable en la generación y GRS a escala mundial. Las medidas de confinamiento, que incluyeron el uso obligatorio de equipos de protección personal y un drástico cambio en los hábitos de consumo, desencadenaron un incremento exponencial en la producción de basura. Estudios revelan que, durante el pico de la pandemia, los hogares generaron un promedio de 73 kg de residuos semanales [7], una cifra que, sumada a la disminución de los servicios de recolección, agravó la crisis ambiental. La proliferación de vertederos ilegales y la quema de residuos a cielo abierto se convirtieron en prácticas comunes, deteriorando la calidad del aire y del suelo. La

relación entre el nivel educativo y las prácticas de gestión de residuos, evidenciada en investigaciones [14], subraya la urgencia de implementar políticas públicas integrales que combinen educación ambiental y campañas de sensibilización.

Los resultados obtenidos en Bandung, Indonesia, son sumamente alentadores. El incremento del 1.3% al 3.8% en la generación de desechos domésticos durante la pandemia, dominado por residuos alimentarios y plásticos, fue contrarrestado en gran medida gracias a la implementación de bancos de residuos, los cuales lograron reducir la generación de residuos hasta en un 24% [8]. Este caso de estudio corrobora la efectividad de esta estrategia y demuestra el potencial de los bancos de residuos como herramientas clave para una gestión sostenible de los residuos, especialmente en países en desarrollo, donde la innovación en el manejo de residuos es imperativa [9].

El coronavirus también afectó significativamente GRS en Ecuador, a pesar de que las actitudes ambientales positivas, las normas sociales y la innovación tecnológica mostraron un impacto positivo. Sin embargo, el conocimiento ambiental, por sí solo, no fue un factor determinante, sugiriendo que las políticas públicas desempeñan un papel más crucial [10]. Este hallazgo contrasta con investigaciones previas que establecen una correlación positiva entre el conocimiento ambiental y las prácticas de gestión de residuos [17], [18].

La proliferación de EPP como nuevos contaminantes, estudios recientes han subrayado la necesidad de investigar la variabilidad temporal de estos residuos para obtener estimaciones anuales precisas [11]. Asimismo, la correlación positiva entre el número de casos de COVID-19 en recolectores de RS y las rutas de recolección evidencia la vulnerabilidad de estos trabajadores y la urgencia de implementar políticas efectivas de seguridad y salud laboral [12].

En mercados tradicionales de Malang Regency, se notó en un incremento en la GR, especialmente en puestos de vegetales, mientras que la disposición principal en Rusia sigue siendo en vertederos, aunque hay una tendencia creciente hacia el reciclaje [26]. La gestión de residuos mediante tecnologías Waste-to-Energy (WTE) ha sido identificada como una solución potencial para el cambio climático, aunque todavía enfrenta desafíos en cuanto a sus emisiones de gases de efecto invernadero [27].

En cada hogar, se observó un aumento del 44% en el consumo de envases debido a las prácticas de higiene y adquisición de alimentos [13]. En Europa, el uso de electrodomésticos durante la pandemia fue la fase que más contribuyó a los impactos ambientales, aunque los escenarios de reducción de impacto mostraron mejoras significativas [21].

La gestión de residuos médicos también fue un desafío importante durante la pandemia. En Australia, el aumento masivo en la generación de residuos médicos y los riesgos ambientales y de salud pública asociados destacaron la necesidad de prácticas adecuadas para su manejo [19]. En Filipinas, se identificaron lagunas en las políticas preexistentes y se sugirieron áreas para el desarrollo de políticas más

efectivas [20]. Asimismo, la colaboración entre instituciones y la administración provincial se destacó como esencial para la GR de COVID-19 [22].

La transmisión del COVID-19 a través de superficies contaminadas subrayó la importancia de una gestión adecuada de los residuos potencialmente infecciosos, promoviendo directrices que priorizan su incineración y esterilización [23]. En los países en desarrollo, la disposición inadecuada e ilegal de residuos relacionados con la pandemia ha exacerbado la contaminación por plásticos, con una estimación de 3.5 millones de toneladas de mascarillas desechadas, lo que ha incrementado en un 3.5% los residuos sólidos municipales [24]. Estudios han identificado que la co-incineración de estos desechos junto con los residuos sólidos municipales representa la opción con menor impacto ambiental, en comparación con su co-incineración con residuos peligrosos, la cual implica un alto consumo energético [25].

En las comunidades urbanas de Yakarta, la participación comunitaria y su impacto social han sido factores clave en la acción colectiva para la gestión de residuos [16]. Estos hallazgos destacan la importancia de una colaboración efectiva entre instituciones para abordar el creciente volumen de desechos y mitigar sus efectos negativos en el medio ambiente y la salud pública [28].

La pandemia evidenció de manera crítica la necesidad imperiosa de mejorar las condiciones laborales y asegurar la provisión efectiva de equipos de protección personal (EPP) para los trabajadores dedicados a la recolección de residuos. Este desafío se tornó aún más apremiante debido al aumento en la generación de desechos y a las deficiencias estructurales en las prácticas de seguridad, particularmente en las zonas urbanas de Osogbo, donde se identificaron vulnerabilidades que comprometen tanto la salud de los trabajadores como la eficiencia del sistema de gestión de residuos [15]. En este sentido, la gestión de residuos sólidos no solo representa un desafío ambiental, sino también un asunto prioritario de salud pública. Es momento de pasar de la teoría a la acción: los gobiernos deben implementar políticas públicas ambiciosas y eficaces, mientras que la innovación y la colaboración entre los distintos actores involucrados son fundamentales para avanzar hacia soluciones sostenibles. Asimismo, cada individuo tiene un papel crucial en la construcción de un futuro más sostenible.

V. CONCLUSIONES

Esta investigación ha evidenciado el profundo impacto de la pandemia de COVID-19 en la generación de residuos sólidos domiciliarios, revelando un alarmante incremento en la cantidad de desechos y serias deficiencias en su segregación. La insuficiencia de equipos de protección personal adecuados y la manipulación inadecuada de residuos contaminados han expuesto a los recolectores a un riesgo de peligro biológico alto seguido del impacto psicosocial, poniendo en jaque tanto su salud como la de la comunidad en general.

Las estrategias más urgentes para revertir esta problemática incluyen la educación masiva y la concienciación de la población sobre la correcta separación de residuos, la implementación de programas de capacitación especializados y la adopción de sistemas de clasificación efectivos, como el uso de contenedores diferenciados y bolsas de colores para residuos contaminados. Asimismo, se subraya la necesidad de aumentar la frecuencia de recolección y establecer incentivos atractivos que motiven a las familias a adoptar prácticas responsables de segregación.

Una gestión eficaz de los residuos no solo es crucial para la seguridad del personal recolector, al minimizar su exposición a materiales peligrosos, sino que también optimiza el reciclaje y tratamiento de desechos, reduciendo la contaminación ambiental y mejorando la eficiencia operativa del sistema. Además, una correcta segregación de residuos contribuye significativamente a la reducción de la huella ecológica, promoviendo una cultura de respeto y responsabilidad ambiental.

La cooperación decidida entre el sector público y privado es fundamental para la implementación de políticas de gestión de residuos sólidas y sostenibles. La articulación de esfuerzos entre gobiernos, empresas y ciudadanos es imprescindible para generar un impacto positivo real y duradero en nuestras comunidades y en el planeta.

Para investigaciones futuras, se recomienda explorar tecnologías avanzadas e innovadoras para la desinfección de residuos sólidos, así como el desarrollo de EPPs más eficaces, accesibles y adaptados a las condiciones de trabajo. Asimismo, es vital realizar estudios de costo-beneficio que evalúen el impacto económico y sanitario de mejorar la segregación de residuos y el uso de EPPs, garantizando soluciones viables y sostenibles en el tiempo.

REFERENCIAS

- [1] M. Huasasquiche-Abregú and C. Medina-Sotelo, "segregación de residuos sólidos: Nuevo paradigma Ambiental para el siglo XXI," *593 Digital Publisher CEIT*, vol. 6, no. 6-1, pp. 336-347, Dec. 2021, doi: 10.33386/593dp.2021.6-1.736.
- [2] J. Pariona-Palomino and W. Matos-Ormeño, "Efectos del Covid-19 en el manejo de residuos sólidos," *Revista del Instituto de investigación de la Facultad de minas, metalurgia y ciencias geográficas*, vol. 25, no. 49, pp. 83-91, Jun. 2022, doi: 10.15381/iigeo.v25i49.21882.
- [3] G. I. Monzón Alvarez, M. Á. Pacheco Quico, A. R. Miaury Vilca, H. L. Pinto Pomareda, and S. F. Torres Aza, "Riesgos laborales en personal de limpieza pública durante el Covid-19," *Universidad Ciencia y Tecnología*, vol. 25, no. 108, pp. 66-72, Mar. 2021, doi: 10.47460/uct.v25i108.432.
- [4] N. Requena Sánchez, D. Carbonel Ramos, and E. Vallester, "Generación y segregación de residuos sólidos domiciliarios durante la cuarentena por Covid-19 en Panamá, estudio de caso," *Investigación y Pensamiento Crítico*, vol. 9, no. 2, pp. 16-24, Apr. 2021, doi: 10.37387/ipc.v9i2.232.
- [5] T. D. T. Oyedotun *et al.*, "Municipal waste management in the era of COVID-19: Perceptions, practices, and potentials for research in developing countries," *Research in Globalization*, vol. 2, Dec. 2020, doi: 10.1016/j.resglo.2020.100033.
- [6] F. Canchari and J. A. Iannacone, "Residuos Sólidos Municipales en el centro poblado de Madeán, distrito de Madeán, Provincia de Yauyos, Región Lima, Perú en época de Pandemia del COVID-19," *Paideia XXI*,

- vol. 11, no. 2, pp. 275–289, Feb. 2023, doi: 10.31381/paideia.v11i2.4038.
- [7] B. Dzawanda and G. A. Moyo, “Challenges associated with household solid waste management (SWM) during COVID-19 lockdown period: a case of ward 12 Gweru City, Zimbabwe,” *Environ Monit Assess*, vol. 194, no. 7, Jul. 2022, doi: 10.1007/s10661-022-10166-w.
 - [8] A. Sunaryani, “Prediction and management of household solid waste generation during COVID-19 pandemic in Bandung City using system dynamics model,” in *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, Institute of Physics, Apr. 2022. doi: 10.1088/1755-1315/1017/1/012001.
 - [9] J. Nimita Jebaranjitham, J. D. Selvan Christyraj, A. Prasannan, K. Rajagopalan, K. S. Chelladurai, and J. K. J. S. Gnanaraja, “Current scenario of solid waste management techniques and challenges in Covid-19 – A review,” Jul. 01, 2022, *Elsevier Ltd*. doi: 10.1016/j.heliyon.2022.e09855.
 - [10] P. Ponce, N. Aguirre-Padilla, M. Orellana-Jimbo, J. Larrea-Silva, and V. Cabrera-Gonzalez, “Analysis of the influence of the COVID-19 outbreak on household solid waste management: An empirical study using PLS-SEM,” *Sci Prog*, vol. 106, no. 4, Oct. 2023, doi: 10.1177/00368504231206254.
 - [11] A. Cueva, “Temporal considerations for an effective sampling of personal protective equipment litter derived from the COVID-19 pandemic,” *Science of the Total Environment*, vol. 858, Feb. 2023, doi: 10.1016/j.scitotenv.2022.160047.
 - [12] A. do Nascimento Beckert and V. G. Barros, “Waste management, COVID-19 and occupational safety and health: Challenges, insights and evidence,” *Science of the Total Environment*, vol. 831, Jul. 2022, doi: 10.1016/j.scitotenv.2022.154862.
 - [13] A. de A. Costa, B. L. L. Maciel, D. M. Marchioni, and P. M. Rolim, “Food Acquisition, Hygiene, and Generation of Domestic Waste in an Academic Community during the COVID-19 Pandemic,” *Foods*, vol. 11, no. 23, Dec. 2022, doi: 10.3390/foods11233919.
 - [14] B. Paital *et al.*, “A State-of-the-Art Review on SARS-CoV-2 Virus Removal Using Different Wastewater Treatment Strategies,” *Environments - MDPI*, vol. 9, no. 9, Sep. 2022, doi: 10.3390/environments9090110.
 - [15] L. A. Adeniyi, O. P. Akinpelu, M. T. Fatoke, and M. A. Adeniji, “Evaluation of urban solid-waste generation and safety consciousness of waste collectors amidst COVID-19 pandemic,” *J Mater Cycles Waste Manag*, vol. 24, no. 5, pp. 1948–1957, Sep. 2022, doi: 10.1007/s10163-022-01449-y.
 - [16] S. V. Lazuardi, H. Herdiansyah, R. W. Olatunji, H. Agustina, and D. Utari, “The driving factor for raising urban community awareness in waste management, to reduce waste during the COVID-19 pandemic,” *Spatium*, no. 50, pp. 55–65, 2023, doi: 10.2298/SPAT230615011L.
 - [17] A. D. Zand, A. V. Heir, and H. Khodaei, “A survey of Knowledge, attitudes, and practices of Tehran residents regarding solid waste management in the COVID-19 era,” *Journal of Hazardous Materials Advances*, vol. 8, Nov. 2022, doi: 10.1016/j.hazadv.2022.100203.
 - [18] D. C. Petrescu, H. Rastegari, I. V. Petrescu-Mag, and R. M. Petrescu-Mag, “Determinants of proper disposal of single-use masks: knowledge, perception, behavior, and intervention measures,” *PeerJ*, vol. 11, 2023, doi: 10.7717/PEERJ.15104.
 - [19] L. Andeobu, S. Wibowo, and S. Grandhi, “Medical Waste from COVID-19 Pandemic—A Systematic Review of Management and Environmental Impacts in Australia,” Feb. 01, 2022, *MDPI*. doi: 10.3390/ijerph19031381.
 - [20] R. Hischier, F. Reale, V. Castellani, and S. Sala, “Environmental impacts of household appliances in Europe and scenarios for their impact reduction,” *J Clean Prod*, vol. 267, Sep. 2020, doi: 10.1016/j.jclepro.2020.121952.
 - [21] X. Seposo, J. Cleofas, and S. Grima, “How comprehensive and effective are waste management policies during the COVID-19 pandemic? Perspectives from the Philippines,” 2022.
 - [22] T. D. T. Nguyen, K. Kawai, and T. Nakakubo, “Estimation of COVID-19 waste generation and composition in Vietnam for pandemic management,” *Waste Management and Research*, vol. 39, no. 11, pp. 1356–1364, Nov. 2021, doi: 10.1177/0734242X211052849.
 - [23] F. Di Maria *et al.*, “Minimization of spreading of SARS-CoV-2 via household waste produced by subjects affected by COVID-19 or in quarantine,” *Science of the Total Environment*, vol. 743, Nov. 2020, doi: 10.1016/j.scitotenv.2020.140803.
 - [24] A. L. Patrício Silva, J. C. Prata, A. C. Duarte, D. Barcelò, and T. Rocha-Santos, “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*, vol. 426, Dec. 2021, doi: 10.1016/j.cej.2021.131201.
 - [25] H. Zhao *et al.*, “Comparative life cycle assessment of emergency disposal scenarios for medical waste during the COVID-19 pandemic in China,” *Waste Management*, vol. 126, pp. 388–399, May 2021, doi: 10.1016/j.wasman.2021.03.034.
 - [26] H. Hardianto, M. Edwin Tjahjadi, D. Kurnia Sunaryo, and I. Nyoman Sudiasa, “Study of the Solid Waste Generation and Composition in Traditional Markets in the New Normal Era in Malang Regency, Indonesia,” in *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, Institute of Physics, May 2022. doi: 10.1088/1755-1315/1022/1/012057.
 - [27] J. Shadbahr, M. Ebadian, G. Gonzales-Calienes, M. Kannagara, L. Ahmadi, and F. Bensebaa, “Impact of waste management and conversion technologies on cost and carbon footprint - Case studies in rural and urban cities,” *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 168, p. 112872, Oct. 2022, doi: 10.1016/j.rser.2022.112872.
 - [28] N. Shchukina, “Statistical analysis of waste generated in Russia and the EU,” in *E3S Web of Conferences*, EDP Sciences, Sep. 2023. doi: 10.1051/e3sconf/202342007018.
 - [29] J. Corburn *et al.*, “Slum Health: Arresting COVID-19 and Improving Well-Being in Urban Informal Settlements,” *Journal of Urban Health*, vol. 97, no. 3, pp. 348–357, Jun. 2020, doi: 10.1007/s11524-020-00438-6.
 - [30] C. S. G. Penteado and M. A. S. de Castro, “Covid-19 effects on municipal solid waste management: What can effectively be done in the Brazilian scenario?,” Jan. 01, 2021, *Elsevier B.V.* doi: 10.1016/j.resconrec.2020.105152.
 - [31] S. Raharjo, V. S. Bachtiar, Y. Ruslinda, T. Matsumoto, and I. Rachman, “Improvement of recycling-based municipal solid waste management in Padang City, West Sumatera, INDONESIA,” in *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, Institute of Physics Publishing, Mar. 2019. doi: 10.1088/1755-1315/245/1/012007.
 - [32] Z. ur Rehman and U. Khalid, “Reuse of COVID-19 face mask for the amelioration of mechanical properties of fat clay: A novel solution to an emerging waste problem,” *Science of the Total Environment*, vol. 794, Nov. 2021, doi: 10.1016/j.scitotenv.2021.148746.
 - [33] J. Vetter-Gindele, A. Braun, G. Warth, T. T. Q. Bui, F. Bachofer, and L. Eltrop, “Assessment of household solid waste generation and composition by building type in Da Nang, Vietnam,” *Resources*, vol. 8, no. 4, Dec. 2019, doi: 10.3390/RESOURCES8040171.
 - [34] A. M. M. de Azevedo, J. Gutberlet, S. D. de Araújo, and F. H. Duarte, “Impacts of Covid-19 on organized waste pickers in selected municipalities in the State of São Paulo,” *Ambiente e Sociedade*, vol. 25, 2022, doi: 10.1590/1809-4422asoc20210088r1vu2022L2AO.
 - [35] B. S. Ramadan *et al.*, “Community based solid waste management to reduce open burning incidents: A case study of waste treatment facility in Gajahmungkur District, Semarang City,” in *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, IOP Publishing Ltd, Nov. 2021. doi: 10.1088/1755-1315/894/1/012035.
 - [36] A. H. Khan, A. Abutaleb, N. A. Khan, A. El Din Mahmoud, A. Khursheed, and M. Kumar, “Co-occurring indicator pathogens for SARS-CoV-2: A review with emphasis on exposure rates and treatment technologies,” *Case Studies in Chemical and Environmental Engineering*, vol. 4, Dec. 2021, doi: 10.1016/j.csee.2021.100113.
 - [37] P. Roy, A. K. Mohanty, A. Wagner, S. Sharif, H. Khalil, and M. Misra, “Impacts of COVID-19 Outbreak on the Municipal Solid Waste Management: Now and beyond the Pandemic,” Nov. 17, 2021, *American Chemical Society*. doi: 10.1021/acsenvironau.1c00005.
 - [38] M. F. Senekane, A. Makhene, and S. Oelofse, “Methodology to investigate indigenous solid waste systems and practices in the rural

- areas surrounding maseru (Kingdom of lesotho),” *Int J Environ Res Public Health*, vol. 18, no. 10, May 2021, doi: 10.3390/ijerph18105355.
- [39] Q. Ye, F. Asmi, M. Azfar Anwar, R. Zhou, and A. N. Siddiquei, “Health concerns among waste collectors during pandemic crisis,” 2021, doi: 10.1007/s11356-021-16071-y/Published.
- [40] V. Arumugam *et al.*, “The impact of COVID-19 on solid waste generation in the perspectives of socioeconomic and people’s behavior: A case study in Serdang, Malaysia,” *Sustainability (Switzerland)*, vol. 13, no. 23, Dec. 2021, doi: 10.3390/su132313045.
- [41] A. J. Roque *et al.*, “Sustainable environmental geotechnics practices for a green economy,” *Environmental Geotechnics*, vol. 9, no. 2, pp. 68–84, Jan. 2022, doi: 10.1680/jenge.21.00091.
- [42] R. K. Ganguly and S. K. Chakraborty, “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*, vol. 3, Jun. 2021, doi: 10.1016/j.cscee.2021.100087.
- [43] İ. Öztürk, “The COVID-19 Pandemic and waste management,” *Duzce Medical Journal*, vol. 23, no. Special Issue 1, pp. 27–29, 2021, doi: 10.18678/dtfd.896445.
- [44] O. F. Kasim *et al.*, “Household waste generation, change in waste composition and the exposure to COVID-19 in Guyana and Nigeria,” *Sci Afr.* vol. 14, Nov. 2021, doi: 10.1016/j.sciaf.2021.e01060.
- [45] H. El-Ramady *et al.*, “Planning for disposal of COVID-19 pandemic wastes in developing countries: a review of current challenges,” Sep. 01, 2021, *Springer Science and Business Media Deutschland GmbH*. doi: 10.1007/s10661-021-09350-1.
- [46] J. Yovera Saldarriaga, D. D. Cruz Nieto, J. M. More López, J. E. Sotelo Montes, and A. D. Tarazona Minaya, “Recolección de residuos domiciliarios y hábitos de higiene al manipularlos durante la pandemia por el Covid-19,” *Revista Vive*, vol. 5, no. 14, pp. 383–391, Jun. 2022, doi: 10.33996/revistavive.v5i14.154.
- [47] D. D. Cruz Nieto, R. F. Rodríguez Espinoza, Y. F. Azabache Liza, A. Rojas Alvarado, and S. R. Celis Rojas, “Evaluación de los residuos sólidos generados en el distrito de Barranca en un entorno de Covid-19,” *Alpha Centauri*, vol. 2, no. 4, pp. 48–56, Dec. 2021, doi: 10.47422/ac.v2i4.44.
- [48] K. M. Ramírez Carranza, O. Silva Sánchez, and A. A. Benites Aliaga, “Gestión de los Residuos Biocontaminados en la Pandemia del Covid 19,” *Llamkasun*, vol. 3, no. 2, pp. 50–59, Sep. 2022, doi: 10.47797/llamkasun.v3i2.105.
- [49] A. García-Valerio, S. Adame-Martínez, and E. C. Medina, “Estrategias aplicadas al manejo de residuos sólidos urbanos en México durante la pandemia por COVID-19. Entre propósitos y la realidad,” *Brazilian Journal of Health Review*, vol. 7, no. 3, p. e70407, Jun. 2024, doi: 10.34119/bjhrv7n3-316.
- [50] W. Vilca-Quispe, Á. A. Ramírez-Puraca, C. G. Medina-Sotelo, and E. Loa-Navarro, “Biocontaminant Waste, Another Legacy of COVID-19,” 2021, *Corporacion Universitaria Lasallista*. doi: 10.22507/pml.v16n2a10.