

Riesgos ambientales asociados a la generación de residuos biológicos en el sector salud

Environmental Risks Associated with the Generation of Biological Waste in the Healthcare Sector.

Recibido: 07/08/2024

Aceptado: 04/02/2025

Jainer Molina Romero¹, Angélica María Corcho Donado²,
Joseph David León Insignares³, Norka Márquez Blanco⁴,
Robert Elías García Jiménez⁵ y Yaira Yulay Herrera⁶

¹ Docente investigador, Universidad Libre, Seccional Barranquilla. Magíster en Seguridad y salud en el Trabajo. <https://orcid.org/0000-0002-2053-3440>. jainer.molina@unilibre.edu.co.

² Docente Universidad Libre, Seccional Barranquilla. Magíster en Seguridad y Salud en el Trabajo. <https://orcid.org/0009-0003-3568-7260>. angelica.corcho@unilibre.edu.co.

³ Estudiante de Instrumentación quirúrgica, Universidad Libre, Seccional Barranquilla. <https://orcid.org/0009-0008-3509-9107>. Josephhd-leoni@unilibre.edu.co.

⁴ Docente Investigadora, Universidad Libre Seccional Barranquilla. Magíster en Administración. <https://orcid.org/0000-0002-0146-6721>. norka.marquezb@unilibre.edu.co.

⁵ Joven investigador de la Universidad Libre, Seccional Barranquilla Instrumentador quirúrgico. <https://orcid.org/0009-0002-1355-999X>. roberte-gaciaj@unilibre.edu.co.

⁶ Estudiante de Instrumentación quirúrgica, Universidad Libre, Seccional Barranquilla. <https://orcid.org/0009-0008-3509-9107>. yairay-ruizh@unilibre.edu.co.

DOI: <https://doi.org/10.18041/2390-0512/biociencias.2.12675>

Resumen

La generación de residuos biológicos en el sector salud plantea riesgos ambientales significativos, enfocados en la clasificación incorrecta, manipulación inadecuada y gestión deficiente. Los estudios indican que la falta de capacitación del personal y la carencia de infraestructura adecuada para el manejo de residuos agravan estos riesgos. Además, se destaca la importancia de políticas organizacionales que fomenten la responsabilidad ambiental y el uso racional de insumos. La pandemia de Covid-19 incrementó la urgencia de adoptar prácticas de gestión de residuos más sostenibles, especialmente en el manejo de elementos de protección personal. Para mitigar los impactos ambientales, se requiere un enfoque integral que combine educación, políticas efectivas y estrategias de gestión ambiental. La colaboración entre los actores del sector salud y la implementación de soluciones innovadoras son claves para una gestión eficiente y sostenible de los residuos biológicos.

Palabras clave: riesgos ambientales, eliminación de residuos biológicos, sector sanitario.

Abstract

The generation of biological waste in the healthcare sector poses significant environmental risks, focusing on incorrect classification, improper handling, and poor management of these wastes. Studies indicate that the lack of training for personnel and the absence of adequate infrastructure for waste management exacerbate these risks. Furthermore, the importance of organizational policies that promote environmental responsibility and the rational use of supplies is highlighted. The COVID-19 pandemic has increased the urgency of adopting more sustainable waste management practices, especially in the handling of personal protective equipment. To mitigate environmental impacts, an integrated approach combining education, effective policies, and environmental management strategies is required. Collaboration among healthcare sector stakeholders and the implementation of innovative solutions are key to efficient and sustainable management of biological waste.

Keywords: Environmental risks, Disposal of biological waste, Healthcare sector.

Open Access



Introducción

Los residuos biológicos en el sector salud se refieren a todos aquellos desechos generados en actividades de atención médica que contienen agentes biológicos potencialmente nocivos para el medio ambiente (1). Esto incluye materiales como jeringas usadas, guantes, vendajes contaminados, insumos cortopunzantes, residuos de muestras de laboratorio, tejidos resecados y otros elementos que han estado en contacto con fluidos corporales. Cada área de los entornos hospitalarios, como las salas de cirugía, los laboratorios, emergencia, la unidad de cuidados intensivos, la hospitalización, entre otros, contribuyen a la generación de residuos biológicos durante la atención a pacientes (2).

Entre los agentes patógenos que se encuentran en los residuos biológicos están bacterias, virus, hongos y otros microorganismos que pueden causar enfermedades al personal sanitario, a los pacientes y a la comunidad general por la exposición inadecuada a estos residuos (3). Los pacientes que están en las instalaciones de los servicios asistenciales pueden desarrollar infecciones asociadas a la atención en salud, antes llamadas nosocomiales (adquiridas en el hospital) y otras enfermedades transmisibles (4). Por esta razón, es relevante indicar que la gestión inadecuada de los residuos biológicos puede ser un factor contribuyente a brotes epidemiológicos. Por ejemplo, la disposición inapropiada de material contaminado facilita la propagación de enfermedades como la hepatitis B y C, el VIH y otras infecciones (5).

Los residuos hospitalarios se consideran un tema importante, por la peligrosidad de su manejo, dentro y fuera de los centros de salud (6). Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), durante la pandemia por Covid-19 hubo un aumento significativo en la generación de desechos médicos, principalmente debido al uso intensivo de equipos de protección personal (EPP) como mascarillas, guantes y batas, así como de pruebas diagnósticas y jeringas para las campañas de vacunación (7).

La producción de residuos ha sido una constante en todas las actividades humanas. Según datos del Ministerio de Salud y Protección Social, el impacto de la exposición ocupacional a enfermedades en el personal sanitario es significativo, con un 40 % atribuido a infecciones por hepatitis B y un 2,5 % a infecciones por el virus de la inmunodeficiencia humana (VIH) (8).

Por otra parte, los residuos biológicos mal gestionados pueden contaminar el aire, el agua y el suelo. La contaminación del agua puede afectar la salud humana directamente a través de su consumo o indirectamente mediante la cadena alimentaria. Además, pueden afectar negativamente a la fauna local, ya que al entrar en contacto con residuos peligrosos, los animales pueden actuar como vectores de enfermedades, extendiendo la contaminación a áreas más amplias en donde se encuentra ubicado el centro asistencial (9).

Colombia tiene un marco legal que regula la gestión de los residuos hospitalarios y similares, establecido en la Resolución 1164 de 2002 (10). Esta legislación establece los procedimientos para la segregación, manejo, transporte, tratamiento y disposición final de los residuos biológicos. La Resolución 591 de 2024 clasifica los residuos generados en la atención en salud y otras actividades como residuos peligrosos y no peligrosos (11). Así mismo, el Sistema de Gestión Ambiental en Colombia se alinea con la norma internacional ISO 14001 12, la cual se enfoca en mejorar el desempeño ambiental, asegurar el cumplimiento de requisitos legales ambientales, prevenir impactos ambientales negativos y servir de referente para la gestión ambiental institucional. Esto incluye programas de gestión ambiental que abarcan el uso eficiente del agua, el uso racional de energía, el ahorro de papel, la gestión integral de residuos, los criterios ambientales en compras y la movilidad sostenible (13,14).

Es importante mencionar que las Instituciones Prestadora de Servicios de Salud, además de cumplir la normatividad nacional, deben responder a los lineamientos internacionales como la Agenda 2030 para el desarrollo sostenible, cuyo objetivo es elevar el desarrollo del mundo y mejorar la calidad de vida de todas las personas. Específicamente, este trabajo de investigación responde al objetivo de desarrollo sostenible 12, que busca que la producción y el consumo sostenible a nivel global se complemente con acciones que permitan alcanzar el uso eficiente de los recursos naturales a partir del cuidado de los residuos sólidos (15).

Finalmente, la generación de residuos biológicos en el área hospitalaria es un tema que ha ganado atención debido a los riesgos asociados para la salud pública y el medioambiente. Por esta razón, el objetivo de esta revisión sistemática es identificar y analizar estudios que examinen los riesgos ambientales a causa de los residuos biológicos generados por las instituciones de salud. En este sentido, se da respuesta a la pregunta problema planteada de acuerdo con el modelo PICO: "En las instalaciones del sector salud, ¿cuáles son los riesgos ambientales asociados con la generación de residuos biológicos?". De esta forma, la población (P): instalaciones del sector salud (hospitales, clínicas, laboratorios, etc.). Intervención (I): generación de residuos biológicos (como fenómeno de estudio). Comparación (C): no aplicable, dado que el estudio no compara intervenciones. Y, por último, out come (O): riesgos ambientales, incluyendo la contaminación del suelo, del agua, del aire y el impacto en la biodiversidad (16).

Materiales y métodos

Se hizo una revisión sistemática con los criterios establecidos en la Guía Prisma (17). Se utilizaron las bases de datos Scielo, Pubmed y Dialnet.

Criterios de inclusión

Como fuente de información se utilizaron artículos originales, de revisión, tesis doctorales y libros publicados entre 2015 y 2023, en idioma inglés y español.

Criterios de exclusión

- Artículos incompletos.
- Estudios cuya población no incluyera las instalaciones del sector salud (hospitales, clínicas, entre otros).

Bajo un enfoque descriptivo, esta revisión sistemática buscó sintetizar la evidencia existente sobre los riesgos ambientales asociados con los residuos biológicos generados por el sector salud, proporcionando así una base para la toma de decisiones informadas en la gestión de residuos y la política ambiental. Durante la revisión se identificaron datos importantes sobre los riesgos ambientales asociados. Para realizar la búsqueda se utilizaron los algoritmos que se presentan a continuación (tablas 1, 2 y 3), que combinaban las palabras claves y el operador booleano AND.

Tabla 1. Relación de algoritmos de búsqueda.

Algoritmos	Scielo	Pubmed	Dialnet	Fase 1
((Environmental Risks) AND (Biological waste)) AND (Hospital area)	0	106	0	
((biology risk) AND (waste biological)) AND (hospital)	0	142	0	
(riesgos ambientales) Y (residuos biológicos)	5	0	101	
((Environmental Risks) AND (Biological waste))	0	4.118	0	Búsqueda de las investigaciones con los algoritmos seleccionados.
(riesgos ambientales) Y (sector salud)	14	0	239	
(gestión ambiental) AND (sector salud)	23	0	237	

Algoritmos	Scielo	Pubmed	Dialnet	Fase 1
"Residuos hospitalarios" AND "corto punzantes"	0	0	2	Búsqueda de las investigaciones con los algoritmos seleccionados.
(hospital waste) AND (sharps)	0	246	0	

Fuente: elaboración propia.

Tabla 2. Relación de las investigaciones que cumplieron con los criterios de inclusión.

Algoritmos	Scielo	Pubmed	Dialnet	Fase 2
((Environmental Risks) AND (Biological waste)) AND (Hospital area)	0	28	0	Primer filtro de las investigaciones aplicando los criterios de inclusión.
((biology risk) AND (waste biological)) AND (hospital)	0	52	0	
(riesgos ambientales) Y (residuos biológicos)	2	0	60	
((Environmental Risks) AND (Biological waste))	0	835	0	
(riesgos ambientales) Y (sector salud)	4	0	52	
(gestión ambiental) AND (sector salud)	15	0	82	
"Residuos hospitalarios" AND "corto punzantes"	0	0	2	
(hospital waste) AND (sharps)	0	63	0	

Fuente: elaboración propia.

Tabla 2. Relación de las investigaciones seleccionadas en el estudio.

Algoritmos	Scielo	Pubmed	Dialnet	Fase 3
((Environmental Risks) AND (Biological waste)) AND (Hospital area)	0	2	0	Investigaciones seleccionadas para el estudio. N=28

Algoritmos	Scielo	Pubmed	Dialnet	Fase 3
((biology risk) AND (waste biological)) AND (hospital)	0	4	0	
(riesgos ambientales) Y (residuos biológicos)	0	0	1	
((Environmental Risks) AND (Biological waste))	0	3	0	
(riesgos ambientales) Y (sector salud)	0	0	2	
(gestión ambiental) AND (sector salud)	2	0	2	
"Residuos hospitalarios" AND "corto punzantes"	0	0	1	
(hospital waste) AND (sharps)	0	11	0	
Total	2	20	6	Investigaciones seleccionadas para el estudio. N=28

Fuente: elaboración propia.

Resultados

En cumplimiento del objetivo propuesto, que consistió en analizar estudios sobre los riesgos ambientales de los residuos biológicos en instalaciones de salud. A continuación, se presentan los documentos de investigación (tabla 4). Esta tabla detalla los autores, el año y los resultados obtenidos en respuesta a la pregunta planteada en el estudio.

Tabla 3. Patrones de consumo en jóvenes universitarios

Nº	Autor/Año	Riesgos ambientales asociados con la generación de residuos biológicos
1	Mazón <i>et al.</i> (2020)	El estudio aborda la contaminación ambiental derivada de la generación de residuos, centrándose específicamente en los guantes utilizados en contextos hospitalarios y sanitarios. Se evalúan las propiedades de los guantes en relación con su resistencia a agentes biológicos y químicos. Según el autor, es esencial que los profesionales de la salud seleccionen guantes adecuados a la tarea específica que van a realizar, lo que no sólo asegura una protección óptima, sino que también fomenta un uso racional de estos insumos. Esta práctica puede contribuir significativamente a la reducción de residuos y, por ende, a la disminución del impacto ambiental asociado (18).
2	Echeverri <i>et al.</i> (2016)	Existe una deficiencia en la gestión ambiental de las empresas del sector salud, que se evidencia principalmente en la falta de capacitación de los empleados en el manejo adecuado de residuos hospitalarios y la sensibilización hacia la conciencia ambiental. Adicionalmente, estas empresas no han establecido políticas organizacionales que fomenten un pensamiento verde corporativo, lo que se traduce en una oportunidad perdida para destacar en responsabilidad ambiental. Un factor crítico que agrava esta situación es la ausencia de indicadores efectivos para monitorear y controlar la generación de residuos biológicos en los servicios asistenciales, lo que dificulta la implementación de estrategias para su reducción y gestión sostenible (19).
3	González-Salas <i>et al.</i> (2017)	La manipulación inadecuada y la clasificación incorrecta de los residuos se identifican como factores de riesgo significativos, tanto para el medioambiente como para la seguridad laboral. Según los autores, es esencial clasificar adecuadamente los residuos en categorías como cortopunzantes y anatomo patológicos para asegurar que se sigan los protocolos de manejo correcto al interior de las instalaciones hospitalarias. Esta clasificación facilita la implementación de medidas de control y prevención de riesgos asociados con la gestión de residuos en el ámbito sanitario (20).

Nº	Autor/Año	Riesgos ambientales asociados con la generación de residuos biológicos
4	Vallejo-Ilijama <i>et al.</i> (2019)	Los autores identifican como principales factores de riesgo ambiental la clasificación inadecuada y la manipulación incorrecta de los residuos biológicos. Así mismo, subrayan que la correcta ejecución de estas actividades es crucial y representa una estrategia fundamental para promover la protección del medioambiente (21).
5	Pionce-Acosta <i>et al.</i> (2023)	Los riesgos ambientales están asociados con la falta de recipientes adecuados para la segregación y almacenamiento de residuos, lo que lleva a deficiencias en su gestión. Además, la contaminación del suelo y del agua está directamente relacionada con las actividades involucradas en el proceso de eliminación de residuos (22).
6	Hernández-Palma <i>et al.</i> (2022)	Según los autores, un indicador de riesgo significativo en la gestión de residuos es la insuficiente formación del personal sanitario, lo que representa una señal de alarma en el proceso de manejo de residuos. Es fundamental que los trabajadores y los usuarios de las instalaciones de atención médica se comprometan de manera efectiva para mitigar, controlar y minimizar el impacto ambiental adverso generado por los residuos resultantes de la prestación de servicios de salud (23).
7	García (2017)	El autor define los riesgos ambientales asociados a la generación de residuos hospitalarios como dependientes de la implementación de sistemas de gestión ambiental. Resulta imperativo que las organizaciones, especialmente en las actividades de hemodiálisis hospitalaria y ambulatoria, promuevan la ejecución de estrategias ambientales (24).
8	Mihai (2020)	Según el autor, llevar un registro preciso de los desechos médicos facilita una gestión exacta de los residuos biológicos, permitiendo así la implementación efectiva de actividades preventivas (25).
9	Adu <i>et al.</i> (2020)	La inadecuada gestión de residuos implica un riesgo de contaminación cruzada, originada por la clasificación insuficiente de los residuos biológicos en los puntos donde se generan. Además, el uso de pozos abiertos e incineradores de baja calidad para la eliminación de desechos infecciosos contribuye significativamente a la contaminación atmosférica (26).

Nº	Autor/Año	Riesgos ambientales asociados con la generación de residuos biológicos
10	Motta <i>et al.</i> (2018)	Según los autores, los residuos biológicos contribuyen a la contaminación del aire, lo que puede resultar en infecciones relacionadas con la atención sanitaria (27).
11	Janik-Karpinska <i>et al.</i> (2023)	Los autores destacan varios factores de riesgo asociados con el manejo de residuos. Entre ellos se encuentran el manejo inadecuado de residuos punzantes y la quema al aire libre o el mal funcionamiento de los incineradores, lo que resulta en contaminación atmosférica debido a sustancias tóxicas como dioxinas y furanos. Además, señalan la contaminación del suelo provocada por la disposición de residuos sólidos en vertederos sin tratamiento adecuado (28).
12	Iyer <i>et al.</i> (2021)	El manejo inadecuado de elementos de protección personal, como guantes, batas y gorros, contribuye al aumento de residuos, lo cual requiere una segregación adecuada para su manejo. Además, el consumo elevado de estos materiales intensifica la contaminación atmosférica, dada la necesidad de incinerar los residuos que han estado expuestos a virus, como el SARS-CoV-2 (29).
13	Rowan <i>et al.</i> (2021)	Los autores señalan que un manejo inadecuado de los elementos de protección personal, como las mascarillas faciales, puede tener consecuencias negativas. Sin embargo, destacan que el uso correcto de estas mascarillas durante la atención a pacientes con SARS-CoV-2 contribuye al sostenimiento ambiental, minimizando la generación innecesaria de residuos (30).
14	Du <i>et al.</i> (2022).	El manejo inadecuado de elementos de protección personal, como guantes, batas y gorros, contribuye al aumento de residuos, lo cual requiere una segregación adecuada para su manejo. Además, el consumo elevado de estos materiales intensifica la contaminación atmosférica, dada la necesidad de incinerar los residuos que han estado expuestos a virus, como el SARS-CoV-2 (29).

Nº	Autor/Año	Riesgos ambientales asociados con la generación de residuos biológicos
15	Parida <i>et al.</i> (2022)	Los autores destacan que el manejo inadecuado de elementos de protección personal, exacerbado por la pandemia del Covid-19, ha incrementado significativamente la generación de residuos biomédicos como guantes y mascarillas. Este aumento genera un impacto ambiental negativo, especialmente en la atmósfera, debido a los métodos empleados para eliminar estos residuos o su tratamiento biológico (32).
16	Behera (2021)	La preocupación central es el manejo inadecuado de residuos biomédicos y el uso excesivo de elementos de protección personal, que requieren atención médica por su impacto ambiental significativo (33).
17	Hernández-Criado (2016)	Implementación inadecuada de los procesos de gestión ambiental, que incluye la segregación, recolección, manipulación y disposición final de los residuos hospitalarios. Lo que indica la exposición a factores de riesgo ambiental por la contaminación del aire por agentes biológicos (34).
18	Bansod <i>et al.</i> (2023)	La insuficiente formación y la actitud inadecuada por parte del personal en el manejo de residuos biomédicos infecciosos y peligrosos son factores de riesgo que afectan negativamente al medioambiente (35).
19	Afesi-Dei <i>et al.</i> (2023)	Los autores sostienen que el manejo inadecuado de los residuos lleva a que trabajadores, pacientes, visitantes y la comunidad en general estén expuestos a agentes biológicos en sus entornos (36).
20	Kwikiriza <i>et al.</i> (2019)	Se destaca como factor de riesgo el hecho de que el personal no clínico de un centro asistencial posee un conocimiento insuficiente sobre la gestión adecuada de los residuos hospitalarios. Esto conduce a una segregación incorrecta de los desechos clínicos (37).
21	Momeni <i>et al.</i> (2018)	La ausencia de programas ambientales en los servicios asistenciales contribuye al elevado consumo de insumos médicos, lo cual a su vez incrementa la contaminación ambiental (38).

Nº	Autor/Año	Riesgos ambientales asociados con la generación de residuos biológicos
22	Pandey <i>et al.</i> (2016)	Los autores identifican la conciencia ambiental y el compromiso de los trabajadores como estrategias claves para el cuidado del medioambiente. Sin embargo, su estudio afirma una falta de compromiso por parte de estos, representando un factor de riesgo ambiental significativo (39).
23	McPherson <i>et al.</i> (2019)	Las acciones de los trabajadores respecto a la segregación y separación de residuos están directamente relacionadas con factores de riesgo que impactan en el medioambiente (40).
22	Sahiledengle (2019)	El estudio indica que la práctica inadecuada en la segregación de residuos hospitalarios, calificada en una escala como baja e insatisfactoria, conduce a impactos ambientales negativos. Además, destaca que la provisión adecuada de contenedores facilita la correcta clasificación de estos residuos (41).
25	Achra <i>et al.</i> (2021)	Según los autores, un factor de riesgo ambiental significativo es la deficiente gestión en la adquisición de insumos reutilizables, lo cual se identifica como una estrategia clave para la reducción de residuos (42).
26	Shabani <i>et al.</i> (2023)	Los factores de riesgo ambiental se atribuyen a métodos de eliminación tradicionales como vertederos, incineraciones, fosas y quemas a cielo abierto. Estas prácticas acarrean la contaminación del suelo, del aire y del agua (43).
27	Awodele <i>et al.</i> (2016)	La ausencia de políticas efectivas en los sistemas de gestión ambiental debilita la capacidad de las empresas para gestionar adecuadamente los residuos sólidos. Es crucial que los trabajadores estén conscientes del compromiso del centro asistencial con la protección del medioambiente (44).
28	De Sa <i>et al.</i> (2016)	Faltan programas de reciclaje por la cantidad de insumos que se utilizan en procedimientos quirúrgicos, así como por la utilización de los dispositivos en el momento correcto y la cantidad precisa (45).

Fuente: elaboración propia.

Minimizar el impacto generado por los residuos biológicos en el ambiente hospitalario requiere estrategias que resuelvan las problemáticas ambientales en este entorno. Los referentes bibliográficos encontrados muestran distintos enfoques, con estrategias que ayudarían a disminuir el riesgo ambiental generado por la mala gestión de los residuos hospitalarios, como es el caso de Awodele *et al.* (44), quienes exponen sobre la falta de políticas públicas adecuadas para los sistemas de gestión ambiental, provocando una incapacidad para gestionar debidamente los residuos sólidos en las empresas de salud. Así mismo, Du *et al.* (31), señalan que el manejo inadecuado de los elementos de protección personal contribuye a la mala gestión de los residuos peligrosos, incrementando el riesgo biológico por medio de la liberación de estos desechos al ambiente. Esto significa que con la guía de políticas públicas eficaces que permitan instruir a las empresas de salud y las encargadas de la gestión y eliminación de estos residuos sobre la gestión, distribución, ruta de eliminación y capacitación constante sobre el manejo de los residuos peligrosos, se podría disminuir en gran parte el riesgo biológico y la contaminación ambiental.

Discusión y conclusiones

Con base en los resultados de los estudios analizados, se presenta la siguiente discusión de los riesgos ambientales asociados con la generación de residuos biológicos en el sector salud. A continuación, se describen algunos puntos claves que resumen los hallazgos.

Evaluación y uso de dispositivos médicos. La selección de guantes adecuados por parte de los profesionales de la salud, como se menciona en el estudio de Mazón *et al* (18), simboliza un aspecto más amplio de la gestión de residuos, que es la evaluación crítica de los materiales utilizados y sus prácticas de uso. Esto implica seleccionar el material adecuado y fomentar el uso responsable de los diversos insumos en las instituciones hospitalarias para prevenir el desperdicio. Este enfoque puede afectar a la reducción de residuos producidos. Por otro lado, Echeverri *et al.* (19), afirman que la evaluación de la gestión ambiental, desde el manejo adecuado de residuos sólidos, influye en el fortalecimiento de estrategias como el punto verde para las instituciones de salud. El uso correcto de dispositivos médicos minimiza la contaminación ambiental.

La selección de guantes adecuados por parte de los profesionales de la salud, como menciona el estudio de Mazón *et al* (18), es un ejemplo concreto de cómo las decisiones individuales pueden tener un impacto significativo en la gestión de residuos en entornos hospitalarios. Sin embargo, este enfoque debe ir más allá de la mera elección del material adecuado. Se necesita una revisión exhaustiva de las prácticas de uso y una cultura de responsabilidad para prevenir el desperdicio. Por ende, este enfoque no sólo se limita a elegir el material más adecuado, sino que también implica promover una cultura de uso responsable de los insumos médicos, con el objetivo de reducir el desperdicio y minimizar la generación de residuos.

La gestión efectiva de residuos en instituciones de salud no se limita sólo a la selección de materiales adecuados, sino que requiere una evaluación exhaustiva de las prácticas relacionadas con su gestión. Como señalan Echeverri *et al* (19), un enfoque integral que abarque desde el manejo adecuado de residuos hasta la implementación de estrategias como el punto verde puede tener un impacto considerable en la reducción de la contaminación ambiental y la promoción de prácticas sostenibles en el sector de la salud. También consideran que la evaluación crítica de los materiales utilizados y las prácticas de uso en entornos de atención médica es fundamental para una gestión efectiva de residuos. Al promover una cultura de uso responsable y adoptar estrategias ambientalmente amigables, las instituciones de salud pueden contribuir significativamente a la reducción de residuos y a la protección del medioambiente.

Deficiencias en la gestión ambiental. La falta de capacitación y de políticas organizacionales enfocadas en la sostenibilidad, identificada por Echeverri *et al* (19), apunta a una brecha significativa entre las prácticas actuales y las óptimas en gestión ambiental. Esto sugiere que las instituciones de salud necesitan invertir en programas de educación ambiental y en el desarrollo de políticas que promuevan una cultura de sostenibilidad. Por otra parte, la implementación de sistemas de gestión ambiental, como se discute en el estudio de García (24), es fundamental para abordar los riesgos ambientales de manera holística. Esto incluye la gestión de residuos y la integración de prácticas sostenibles en todas las operaciones del sector salud. Hernández-Palma *et al.* (23) afirman que la adecuada gestión ambiental dentro de las instituciones hospitalarias parte de la implementación de indicadores como estrategias que apunten a mantener un equilibrio ambiental y disminuir las brechas negativas del sistema de gestión ambiental.

Las deficiencias en la gestión ambiental en las instituciones de salud son preocupantes. Es evidente que se requiere una mayor inversión en educación ambiental y en el desarrollo de políticas que fomenten una cultura de sostenibilidad dentro de estas instituciones. Además, la implementación de sistemas de gestión ambiental es esencial para abordar los riesgos ambientales de manera efectiva. No obstante, también es importante reconocer que algunas instituciones pueden enfrentar desafíos financieros o de recursos para implementar estas medidas de manera inmediata. A pesar de esto, es crucial que se tomen medidas concretas y sistemáticas para mejorar la gestión ambiental y contribuir así a la protección del medioambiente en el sector de la salud.

Clasificación correcta de residuos. La manipulación y clasificación incorrecta de los residuos, señalada por González-Salas *et al.* (20), destaca la necesidad de sistemas de clasificación efectivos que sean bien entendidos y seguidos por todo el personal. Una clasificación adecuada no sólo disminuye el riesgo de contaminación y exposición a sustancias peligrosas, sino que también facilita una gestión más eficaz de los residuos. Además, sensibiliza al personal, lo que contribuye a la reducción del impacto ambiental generado.

La clasificación correcta de residuos es crucial en la gestión ambiental y la sostenibilidad. Sin embargo, el impacto ambiental se centra en la falta de implementación efectiva de sistemas de clasificación por parte de muchas organizaciones y comunidades. Sin desmeritar la importancia de una clasificación adecuada para minimizar riesgos ambientales y de salud, así como para mejorar la eficiencia en la gestión de residuos, la realidad es que en muchos casos estos sistemas no se siguen de manera consistente.

Una crítica válida es que la falta de comprensión y capacitación adecuadas del personal puede ser un obstáculo significativo para la correcta clasificación de residuos. A menudo, la información sobre cómo clasificar adecuadamente los residuos no se comunica de manera efectiva o no se ofrece en un formato comprensible para todos los trabajadores. Además, la falta de supervisión y cumplimiento puede llevar a una aplicación laxa de los procedimientos de clasificación, lo que compromete los esfuerzos de gestión de residuos.

Además, la falta de conciencia y sensibilización entre el personal puede ser un desafío importante. Aunque una clasificación adecuada puede reducir el impacto ambiental, la falta de comprensión sobre la forma como los residuos afectan al medioambiente puede disminuir la motivación para seguir correctamente los protocolos de clasificación.

En resumen, mientras que la teoría detrás de la clasificación correcta de residuos es sólida y respaldada por evidencia, la implementación efectiva de sistemas de clasificación sigue siendo un desafío en muchos contextos. Se necesitan esfuerzos adicionales para mejorar la capacitación del personal, aumentar la conciencia sobre la importancia de la clasificación adecuada y establecer sistemas de supervisión y cumplimiento más efectivos.

Mobiliario para la clasificación de residuos. La observación de Pionce-Acosta *et al.* (22) sobre la falta de recipientes adecuados para la segregación y almacenamiento indica un problema fundamental en la infraestructura de gestión de residuos. Una infraestructura adecuada es esencial para implementar prácticas de gestión sostenibles y evitar la contaminación ambiental.

La observación de Pionce -Acosta *et al.* (22) destaca un aspecto relevante en la gestión de residuos: la importancia de contar con mobiliario adecuado para su clasificación y almacenamiento. La falta de recipientes adecuados puede representar un obstáculo significativo para la segregación efectiva de residuos en diversos entornos, ya sean hogares, empresas o espacios públicos.

Un mobiliario adecuado no sólo facilita la separación correcta de los residuos, sino que también promueve una cultura de reciclaje y gestión sostenible de los desechos. Además, contribuye a mantener los espacios limpios y ordenados, lo que puede fomentar hábitos más responsables entre la comunidad.

Hay que considerar que la disponibilidad de mobiliario adecuado no es suficiente por sí sola, también se requiere de educación y concientización para que las personas utilicen correctamente estos recursos y se comprometan con prácticas de gestión de residuos más sostenibles. Por lo tanto, la mejora en la infraestructura de gestión de residuos debe ir de la mano con campañas educativas y programas de sensibilización para lograr un impacto significativo en la reducción de la contaminación ambiental y la promoción de un entorno más saludable.

Formación y compromiso del personal. El estudio de Hernández-Palma *et al.* (23), resalta la importancia de la capacitación del personal en la gestión de residuos, lo cual representa un papel crucial para la implementación de prácticas de gestión de residuos efectivas. Esto se traduce en la minimización, reutilización y reciclaje de materiales, lo que a su vez reduce los costos asociados.

Este estudio subraya un aspecto esencial en la gestión de residuos: la formación y el compromiso del personal. Es de conocimiento que las capacitaciones al personal son fundamentales en la implementación exitosa de prácticas efectivas de gestión de residuos.

Una fuerza laboral bien capacitada comprende los procedimientos adecuados para la manipulación y clasificación de residuos y reconoce la importancia de su papel en la reducción de la generación de residuos y la promoción de la minimización, reutilización y reciclaje de materiales. Esto tiene beneficios ambientales al reducir la cantidad de desechos que llegan a los vertederos o incineradoras y puede resultar en ahorros significativos en los costos asociados con la gestión de residuos.

Además, una fuerza laboral comprometida y bien informada puede actuar como agente de cambio dentro de sus organizaciones, fomentando una cultura de responsabilidad ambiental y sostenibilidad en todos los niveles. No obstante, es importante destacar que la capacitación del personal no debe ser un evento único, sino un proceso continuo que se adapte a medida que cambian las tecnologías, las regulaciones y las mejores prácticas en el campo de la gestión de residuos.

En resumen, la inversión en la formación y el compromiso del personal es una estrategia fundamental para mejorar la eficacia y la sostenibilidad de los programas de gestión de residuos, lo que a su vez puede generar beneficios ambientales y económicos en el largo plazo.

Impacto de la pandemia en la gestión de residuos. La pandemia de Covid-19 trajo nuevos desafíos en la gestión de residuos, como se evidencia en el aumento del uso de elementos de protección personal. La gestión de estos residuos, especialmente bajo condiciones de emergencia sanitaria, requiere estrategias adaptativas y sostenibles para prevenir la contaminación ambiental.

En efecto, la pandemia planteó desafíos críticos en la gestión de residuos, especialmente con el aumento exponencial del uso de elementos de protección personal. Este incremento ha generado una presión adicional sobre los sistemas de gestión de residuos existentes, exponiendo deficiencias y carencias en su capacidad para manejar adecuadamente esta nueva categoría de desechos.

La gestión de residuos médicos y biológicos, en particular, se ha convertido en un punto crítico, ya que la falta de preparación y recursos adecuados ha llevado a situaciones preocupantes de contaminación ambiental y riesgos para la salud pública. La incapacidad de muchos sistemas para adaptarse rápidamente a las demandas generadas por la pandemia ha dejado al descubierto la fragilidad de la infraestructura de gestión de residuos en muchas partes del mundo.

La falta de estrategias efectivas y sostenibles para abordar estos desafíos durante la emergencia sanitaria ha sido evidente. La improvisación y la falta de coordinación entre las autoridades responsables, las empresas y la sociedad en general han contribuido a un manejo inadecuado de los residuos, exacerbando los riesgos para la salud y el medioambiente. Además, la pandemia evidenció la necesidad de una mayor conciencia pública sobre la correcta disposición de elementos de protección personal, así como la responsabilidad de los fabricantes en la producción y el diseño de productos más sostenibles y fácilmente desecharables.

Conciencia - programas ambientales

Falta de programas de reciclaje en entornos quirúrgicos. La falta de programas de reciclaje en procedimientos quirúrgicos plantea un problema significativo en términos de sostenibilidad ambiental, como señalan De Sa *et al.* (45). Esta carencia contribuye al aumento de residuos médicos y resultar en un uso ineficiente de recursos y dispositivos médicos. A su vez, Pandey *et al.* (39) reconocen que la conciencia ambiental y el compromiso de los trabajadores son esenciales para proteger el medioambiente. Su investigación señala una ausencia significativa de este compromiso. Esto se convierte en un factor de riesgo ambiental considerable, ya que indica una falta de acción por parte del personal para contribuir activamente en la sostenibilidad del medioambiente.

La falta de programas de reciclaje en entornos quirúrgicos es una preocupación seria desde varios ángulos. En primer lugar, la generación de residuos médicos no sólo contribuye a la contaminación del medioambiente, sino que también puede representar un riesgo para la salud pública si no se maneja adecuadamente. Además, el uso ineficiente de recursos y dispositivos médicos aumenta los costos de atención médica, lo que podría afectar la accesibilidad y la calidad de la atención para ciertas poblaciones.

Por otra parte, la falta de conciencia ambiental y compromiso del personal médico es decepcionante y preocupante. En un momento en que la sostenibilidad y la protección

del medioambiente son temas críticos, es fundamental que todos los sectores, incluida la atención médica, asuman su responsabilidad en la reducción de la huella ambiental. El personal médico, como profesionales de la salud y miembros de la comunidad, debería estar más comprometido con prácticas ambientalmente responsables.

Es evidente que se necesita un cambio en la mentalidad y las prácticas dentro de los entornos quirúrgicos. En primer lugar, esto incluye la implementación de programas de reciclaje efectivos, la promoción de la conciencia ambiental entre el personal y la adopción de medidas para reducir la generación de residuos médicos. Sólo a través de un enfoque integral y comprometido se puede abordar este desafío y trabajar hacia una práctica médica más sostenible y ética.

Conclusiones

Los estudios revisados demuestran que la generación y gestión de residuos biológicos en el sector salud representan desafíos significativos para la sostenibilidad ambiental. Los riesgos identificados abarcan desde la selección y uso de insumos hasta la implementación de sistemas de gestión ambiental efectivos. Aspectos críticos como la clasificación inadecuada, la manipulación incorrecta de los residuos, la deficiente capacitación del personal, la falta de infraestructura adecuada para la segregación y el almacenamiento, y la ausencia de políticas organizacionales robustas para fomentar un pensamiento verde corporativo son recurrentes y requieren atención urgente.

La pandemia de Covid-19 ha exacerbado estos riesgos, particularmente en la gestión de elementos de protección personal, lo que subraya la necesidad de estrategias de gestión de residuos más resilientes y adaptativas. Para mitigar los riesgos ambientales asociados, es imperativo adoptar un enfoque holístico que incluya mejorar la capacitación del personal sanitario, implementar políticas de gestión ambiental sólidas y adoptar prácticas sostenibles de gestión de residuos.

En consecuencia, los estudios encontrados en la bibliografía revisada sugieren que la gestión eficiente de residuos biológicos en el sector salud no sólo es una necesidad para la protección ambiental, sino que también forma parte integral de la responsabilidad social y ética de las instituciones de salud. La colaboración entre el sector salud, los organismos reguladores y la comunidad es esencial para desarrollar e implementar soluciones sostenibles que aborden de manera efectiva estos riesgos ambientales.

Declaración de conflicto de intereses

Los autores niegan conflicto de intereses.

Referencias

1. Vera L. Manejo de desechos hospitalarios y riesgo ocupacional en el personal auxiliar de limpieza. Universidad Estatal del Sur de Manabí; 2019. [Tesis de pregrado]. Disponible en <https://1library.co/document/qod8dp5z-manejo-desechos-hospitalarios-riesgo-ocupacional-personal-auxiliarde-limpieza.html>.
2. Rosales S. Gestión de enfermería en el manejo de desechos hospitalarios y su incidencia en el contagio de Covid-19 en el personal de salud del hospital Liborio Panchana Sotomayor. Universidad Estatal Península de Santa Elena; 2021. [Tesis de pregrado]. Disponible en <https://repositorio.upse.edu.ec/bitstream/46000/7127/1/UPSE-TEN-2022-0027.pdf>.
3. Nivelo A, Auquilla O. Identificación de bacterias y hongos como factores de riesgo biológico y evaluación según tabla del grado de peligrosidad en las áreas de emergencia, quirófano y laboratorio del Hospital José Carrasco Arteaga. Universidad del Azuay; 2020. [Tesis de posgrado]. Disponible en <https://dspace.uazuay.edu.ec/handle/datos/10487>.
4. Llanos-Torres KH, Pérez-Orozco R, Málaga G. Infecciones nosocomiales en unidades de observación de emergencia y su asociación con el hacinamiento y la ventilación. Rev Perú Med Exp Salud Publica- 2020; 37 (4): 721-5. <https://doi.org/10.17843/rpmesp.2020.374.5192>.
5. Janik-Karpinska E, Brancaleoni R, Niemcewicz M, Wojtas W, Foco M, Podogrocki M, Bijak M. Healthcare Waste-A Serious Problem for Global Health. Healthcare (Basel, Switzerland). 2023; 11(2), 242. <https://doi.org/10.3390/healthcare11020242>.
6. Ticona-Casani GM, Sutta-Huamán LD. Residuos hospitalarios en Latinoamérica: revisión sistemática. Rev El Ceprosimad. 2021; 9(2): 17-27. Disponible en <https://doi.org/10.56636/ceprosimad.v9i2.107>.
7. Organización Mundial de la Salud. Las toneladas de desechos de la atención de salud en el contexto de la COVID-19 hacen patente la necesidad apremiante de mejorar los sistemas de gestión de desechos. Organización Mundial del Salud. 2022. Disponible en <https://www.who.int/es/news/item/01-02-2022-tonnes-of-covid-19-health-care-waste-expose-urgent-need-to-improve-waste-management-systems>.
8. Ministerio de Salud y Protección Social. Protocolo para la atención por exposición de riesgo biológico laboral o no laboral, ante las infecciones de transmisión sexual, el virus de inmunodeficiencia humana, el virus de la hepatitis b y el virus de la hepatitis c. MinSalud; 2017. Disponible en <https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/VS/PP/ET/protocolo-riesgo-biologico-its-vih-hepatitis.pdf>.
9. Bofill-Mas S, Clemente-Casares P, Albiñana-Giménez N, Maluquer C, Hundesa A, Girones R. Efectos sobre la salud de la contaminación de agua y alimentos por virus emergentes humanos. Rev. Esp. Salud Publica. 2005; 79(2): 253-269. Disponible en http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1135-57272005000200012&lng=es.

10. Ministerio de Salud y Protección Social. Resolución 1164 de 2002. Bogotá (Colombia): Ministerio de la Protección Social; 2002. Disponible en <https://www.mincit.gov.co/ministerio/normograma-sig/procesos-de-apoyo/gestion-de-recursos-fisicos/resoluciones/resolucion-1164-de-2002.aspx>.
11. Ministerio de Salud y Protección Social. Resolución 591 de 2024. Bogotá (Colombia): Ministerio de salud y protección social; 2024. Disponible en https://www.minsalud.gov.co/Normatividad_Nuevo/Resoluci%C3%B3n%20No%20591%20de%202024.pdf.
12. International Organization for Standardization. ISO 14001: Environmental management systems - Requirements with guidance for use [Internet]. Geneva: International Organization for Standardization; 2015. Disponible en <https://asq.org/quality-resources/iso-14001>.
13. Slutzman JE, Bockius H, Gordon IO, Greene HC, Hsu S, Huang Y, Lam MH, Roberts T, Thiel CL. Waste audits in healthcare: A systematic review and description of best practices. *Waste management & research: the journal of the International Solid Wastes and Public Cleansing Association, ISWA*. 2023; 41(1): 3–17. Disponible en <https://doi.org/10.1177/0734242X221101531>.
14. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Sistema de Gestión Ambiental. Ministerio de Ambiente Colombia. Disponible en <https://www.minambiente.gov.co/planeacion-y-seguimiento/sistema-de-gestion-ambiental/>.
15. Asamblea General de las Naciones Unidas. Transformar nuestro mundo: la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible. Nueva York (NY): Naciones Unidas; 2015. Disponible en <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/development-agenda/>.
16. Higgins JPT, Thomas J, Chandler J, Cumpston M, Li T, Page MJ, Welch VA (editores). Cochrane Handbook for Systematic Reviews of Interventions version 6.2 (updated February 2021). Cochrane, 2021. Disponible en www.training.cochrane.org/handbook.
17. Page MJ, McKenzie JE, Bossuyt PM, Boutron I, Hoffmann TC, Mulrow CD et al. PRISMA 2020 explanation and elaboration: updated guidance for reporting systematic reviews. *BMJ*. 2021; 10(1): 89. Disponible en <https://doi.org/10.1186/s13643-021-01626-4>.
18. Mazón L, Orriols RM. Gestión de guantes sanitarios. Protección adecuada del profesional, coste-efectividad y responsabilidad ambiental. *Rev Asoc Esp Espec Med Trab*. 2018; 27(3): 175-181. Disponible en https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S3020-11602018000300175.
19. Echeverri H, Paternina R. La madurez ambiental como estrategia para la competitividad en las pymes de salud. *Revista Salud Uninorte*, Barranquilla 2016; 32(2): 244-255. Disponible en http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-55522016000200007&lng=en.

20. González-Salas R, Morales R, Vidal del Río M. Eficacia del manejo de los residuos en el Hospital San Vicente de Paul, ciudad de Ibarra. *Revista Uniandes Episteme*. 2017; 4(1): 1-9. Disponible en <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6756398>.
21. Vallejo-Ilijama M, Cherres J, Mas M, Muñoz M. Manejo de desechos infecciosos hospitalarios en el centro de salud “Cordero Crespo”. *Revista de Investigación Talentos*. 2019; 6(2) 72-84. Disponible en <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8551284>.
22. Pionce-Acosta D, Mieles-García E. Impacto ambiental de los desechos hospitalarios del cantón Jipijapa. 593 Digital Publisher CEIT. 2023; 8(5): 434-448. Disponible en <https://doi.org/10.33386/593dp.2023.5.1990>.
23. Hernández-Palma H, Jiménez-Coronado A, Brochado-Ariza K. Caracterización de la gestión de residuos peligrosos en instituciones prestadoras de servicios de salud Región Caribe de Colombia”. *Investigación e Innovación en Ingenierías*, 2022; 10(2): 40-49. Disponible en <https://doi.org/10.17081/invinno.10.2.5762>.
24. García V. Gestión medioambiental en el sistema sanitario de la comunidad valenciana. El caso concreto de la hemodiálisis. Universidad de Valencia. Disponible en <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=171195>.
25. Mihai FC. Assessment of COVID-19 Waste Flows During the Emergency State in Romania and Related Public Health and Environmental Concerns. *International journal of environmental research and public health*. 2020; 17(15): 5439. Disponible en <https://doi.org/10.3390/ijerph17155439>.
26. Adu RO, Gyasi SF, Esumang DK, Otabil KB. Medical Waste-Sorting and Management Practices in Five Hospitals in Ghana. *Journal of environmental and public health*. 2020; 2020(2934296): 14. Disponible en <https://doi.org/10.1155/2020/2934296>.
27. Motta O, Zarrella I, Cucciniello R, Capunzo M, De Caro F. A new strategy to control the proliferation of microorganisms in solid hospital waste and the diffusion of nosocomial infections. *Le infezioni in medicina*. 2018; 26(3), 210-215.
28. Janik-Karpinska E, Brancaleoni R, Niemcewicz M, Wojtas W, Foco M, Podogrocki M, Bijak M. Healthcare Waste-A Serious Problem for Global Health. *Healthcare (Basel, Switzerland)*. 2023; 11(2): 242. Disponible en <https://doi.org/10.3390/healthcare11020242>.
29. Iyer M, Tiwari S, Renu K, Pasha MY, Pandit S, Singh B, Raj N, Krothapalli S, Kwak HJ, Balasubramanian V, Jang SB, GDK, Uttpal A, Narayanasamy A, Kinoshita M, Subramaniam MD, Nachimuthu SK, Roy A, Valsala Gopalakrishnan A, Ramakrishnan P, ... Vellingiri B. Environmental survival of SARS-CoV-2 - A solid waste perspective. *Environmental research*. 2021; 197: 111015. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.envres.2021.111015>.

30. Rowan NJ, Laffey JG. Unlocking the surge in demand for personal and protective equipment (PPE) and improvised face coverings arising from coronavirus disease (COVID-19) pandemic - Implications for efficacy, re-use and sustainable waste management. *The Science of the total environment*. 2021; 752: 142259. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.142259>.
31. Du H, Huang S, Wang J. Environmental risks of polymer materials from disposable face masks linked to the COVID-19 pandemic. *The Science of the total environment*. 2020; 815: 152980. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.152980>.
32. Parida VK, Sikarwar D, Majumder A, Gupta AK. An assessment of hospital wastewater and biomedical waste generation, existing legislations, risk assessment, treatment processes, and scenario during COVID-19. *Journal of environmental management*. 2022; 308: 114609. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2022.114609>.
33. Behera BC. Challenges in handling COVID-19 waste and its management mechanism: A Review. *Environmental nanotechnology, monitoring & management*. 2021; 15: 100432. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.enmm.2021.100432>.
34. Hernández-Criado J. Caracterización de la gestión de residuos hospitalarios y similares en CAMI Vista Hermosa, Bogotá. *Rev Respuestas*. 2016; 21(1): 6-15. Disponible en <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5507683>.
35. Bansod HS, Deshmukh P. Biomedical Waste Management and Its Importance: A Systematic Review. *Cureus*. 2023; 15(2): e34589. Disponible en <https://doi.org/10.7759/cureus.34589>.
36. Afesi-Dei C, Appiah-Brempong M, Awuah E. Health-care waste management practices: The case of Ho Teaching Hospital in Ghana. *Heliyon*. 2023; 9(4): e15514. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e15514>.
37. Kwikiriza S, Stewart AG, Mutahunga B, Dobson AE, Wilkinson E. A Whole Systems Approach to Hospital Waste Management in Rural Uganda. *Frontiers in public health*. 2019; 7: 136. Disponible en <https://doi.org/10.3389/fpubh.2019.00136>.
38. Momeni H, Tabatabaei Fard SF, Arefinejad A, Afzali A, Talebi F, Rahmanpour Salmani E. Composition, Production Rate and Management of Dental Solid Waste in 2017 in Birjand, Iran. *The international journal of occupational and environmental medicine*. 2018; 9(1): 52–60. Disponible en <https://doi.org/10.15171/ijjem.2018.1203>.
39. Pandey A, Ahuja S, Madan M, Asthana AK. Bio-Medical Waste Management in a Tertiary Care Hospital: An Overview. *Journal of clinical and diagnostic research : JCDR*. 2016; 10(11): DC01–DC03. Disponible en <https://doi.org/10.7860/JCDR/2016/22595.8822>.

40. McPherson B, Sharip M, Grimmond T. The impact on life cycle carbon footprint of converting from disposable to reusable sharps containers in a large US hospital geographically distant from manufacturing and processing facilities. *PeerJ*. 2019; 7: e6204. Disponible en <https://doi.org/10.7717/peerj.6204>.
41. Sahiledengle B. Self-reported healthcare waste segregation practice and its correlate among healthcare workers in hospitals of Southeast Ethiopia. *BMC health services research*. 2019; 19(1): 591. Disponible en <https://doi.org/10.1186/s12913-019-4439-9>.
42. Achra A, Mahajan RK, Sahoo S. The Changing Pattern of the Quantum of Biomedical Waste Generated from a Tertiary Care Hospital in Delhi. *Journal of laboratory physicians*. 2021; 13(1): 80–83. Disponible en <https://doi.org/10.1055/s-0041-1723056>.
43. Shabani T, Jerie S. A review of the applicability of Environmental Management Systems in waste management in the medical sector of Zimbabwe. *Environmental monitoring and assessment*. 2023; 195(6): 789. Disponible en <https://doi.org/10.1007/s10661-023-11339-x>.
44. Awodele O, Adewoye AA, Oparah AC. Assessment of medical waste management in seven hospitals in Lagos, Nigeria. *BMC public health*. 2016; 16: 269. Disponible en <https://doi.org/10.1186/s12889-016-2916-1>.
45. De Sa D, Stephens K, Kuang M, Simunovic N, Karlsson J, Ayeni OR. The direct environmental impact of hip arthroscopy for femoroacetabular impingement: a surgical waste audit of five cases. *Journal of hip preservation surgery*. 2016; 3(2): 132–137. Disponible en <https://doi.org/10.1093/jhps/hnv085>.