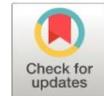


Evaluación de impacto ambiental de las tecnologías sanitarias: estado del arte y perspectivas de futuro

Environmental Impact Assessment of health technologies: State of the art and prospects

- ¹ Myrian Alicia Moyón Moyón  <https://orcid.org/0000-0003-2714-0831>
Distrito 05D01, Ministerio de Salud Pública, Latacunga, Ecuador.
myrian.moyon@05d01.mspz3.gob.ec
- ² Marcelo Isaías Martínez Pilco  <https://orcid.org/0009-0006-5337-0576>
Ingeniería Industrial, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Chimborazo, Riobamba, Ecuador.
marceloimartinez@unach.edu.ec
- ³ Wendy Michelle Merino Hurtado  <https://orcid.org/0009-0002-0043-9796>
Ingeniería Industrial, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Chimborazo, Riobamba, Ecuador.
wendy.merino@unach.edu.ec
- ⁴ Adriana Alejandra Samaniego Vizcaíno  <https://orcid.org/0009-0008-8513-736X>
Ingeniería Industrial, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Chimborazo, Riobamba, Ecuador.
adriana.samaniego@unach.edu.ec



Artículo de Investigación Científica y Tecnológica

Enviado: 17/12/2023

Revisado: 20/01/2024

Aceptado: 09/02/2024

Publicado: 15/04/2024

DOI: <https://doi.org/10.33262/concienciadigital.v7i2.2992>

Cítese:

Moyón Moyón, M. A., Martínez Pilco, M. I., Merino Hurtado, W. M., & Samaniego Vizcaíno, A. A. (2024). Evaluación de impacto ambiental de las tecnologías sanitarias: estado del arte y perspectivas de futuro. *ConcienciaDigital*, 7(2), 108-125. <https://doi.org/10.33262/concienciadigital.v7i2.2992>



CONCIENCIA DIGITAL, es una revista multidisciplinar, **trimestral**, que se publicará en soporte electrónico tiene como **misión** contribuir a la formación de profesionales competentes con visión humanística y crítica que sean capaces de exponer sus resultados investigativos y científicos en la misma medida que se promueva mediante su intervención cambios positivos en la sociedad. <https://concienciadigital.org>

La revista es editada por la Editorial Ciencia Digital (Editorial de prestigio registrada en la Cámara Ecuatoriana de Libro con No de Afiliación 663) www.celibro.org.ec

Esta revista está protegida bajo una licencia Creative Commons AttributionNonCommercialNoDerivatives 4.0 International. Copia de la licencia: <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

Palabras claves:

tecnologías,
sanitarias, impacto,
ambiental, basura,
dióxido, carbono.

Keywords:

Technologies,
health, impact,
environmental,

Resumen

Introducción: El impacto ambiental generado desde el sector sanitario en la actualidad se ha constituido como uno de los principales inconvenientes a nivel mundial, debido entre otras cosas a que las tecnologías sanitarias tuvieron un crecimiento exponencial en cuanto a su elaboración debido a la pandemia del COVID 19 generando niveles de residuos sólidos sanitarios jamás imaginados; esto incluso obligó a varios gobiernos de turno a generar políticas sanitarias que traten de mitigar el impacto negativo de estos desechos. **Objetivo:** La presente investigación tiene como objetivo explorar los métodos utilizados en distintas partes del mundo para evaluar el impacto ambiental generados por las tecnologías sanitarias. **Metodología:** Se realizó una revisión de la literatura científica en las principales bases de datos y se seleccionaron 16 artículos científicos de los últimos cinco años que evalúan el impacto ambiental de las tecnologías sanitarias, además se trabajó mediante un enfoque cualitativo. **Resultados:** La revisión bibliográfica reflejó que las diversas tecnologías sanitarias tienen una incidencia del 1 al 5% en el impacto ambiental a nivel mundial. Donde la mayor parte de emisiones provienen de inhaladores de que están compuestos por hidrofluorocarbonos, endodoncia dental, resonancia magnética, laringoscopios de metal o plástico, envases farmacéuticos de plástico o aluminio y las pruebas de hematología fueron las tecnologías sanitarias con mayor impacto ambiental. Los principales factores que implican el alto impacto ambiental por parte de las tecnologías sanitarias fueron: uso de electricidad, consumo de combustibles fósiles, ropa médica, desinfecciones prolongadas, equipos tecnológicos, reactivos, entre otros. **Conclusión:** Se concluyó que la tecnología sanitaria genera a nivel mundial un gran daño negativo al medio ambiente, donde año tras año se incrementan los niveles de basura y emisiones de dióxido de carbono como principales contaminantes.

Abstract

Introduction: The environmental impact generated by the health sector has currently become one of the main drawbacks worldwide, due among other things to the fact that health technologies had exponential growth in terms of their

garbage, dioxide,
carbon.

development due to the COVID pandemic. 19 generating levels of solid health waste never imagined; this even forced several governments in power to generate health policies that try to mitigate the negative impact of this waste. **Objective:** The objective of this research is to explore the methods used in various parts of the world to evaluate the environmental impact generated by health technologies. **Methodology:** A review of the scientific literature was conducted in the main databases and 16 scientific articles from the last five years that evaluate the environmental impact of health technologies were selected. In addition, work was conducted using a qualitative approach. **Results:** The bibliographic review reflected that the various health technologies have an impact of 1 to 5% on the environmental impact worldwide. Where most emissions come from inhalers that are composed of hydrofluorocarbons, dental endodontics, magnetic resonance imaging, metal or plastic laryngoscopes, plastic or aluminum pharmaceutical containers, and hematology tests were the health technologies with the greatest environmental impact. The main factors that imply the high environmental impact of health technologies were use of electricity, consumption of fossil fuels, medical clothing, prolonged disinfections, technological equipment, reagents, among others. **Conclusion:** It was concluded that health technology generates great negative damage to the environment worldwide, where year after year the levels of garbage and carbon dioxide emissions as the main pollutants increase.

1. Introducción

Las tecnologías sanitarias también conocidas como tecnologías de la salud o médicas corresponden a herramientas, equipos, dispositivos, procedimientos y sistemas diseñados que promueven la mejora de la prestación de servicios y atención médica (Sanni et al., 2019). Se relacionan con varias áreas de la medicina, dentro de las cuales se encuentran: medicina, la enfermería, la odontología, la farmacia, la rehabilitación, la salud pública y la gestión de la salud (Avivit & Itamar, 2017). La Organización Panamericana de la Salud (OPS, 2023), menciona que este tipo de tecnologías involucran también los medicamentos y las técnicas médicas tanto para la prevención como la promoción de la salud.

Existen múltiples tecnologías sanitarias usadas en el Ecuador, sin embargo, las principales se describen a continuación en la siguiente tabla:

Tabla 1*Tecnologías sanitarias usadas en el Ecuador*

Tecnología sanitaria	Descripción
Resonancia magnética	Emplea campos magnéticos y ondas para crear imágenes del cuerpo, e identificar lesiones en tejidos blandos, problemas neurológicos, enfermedades cardíacas y trastornos musculoesqueléticos.
Implantes auditivos	Estos dispositivos son implantados quirúrgicamente para proporcionar audición a personas con pérdida auditiva grave o profunda.
Bombas de infusión	Estos dispositivos son utilizados para administrar medicamentos, nutrientes o fluidos en el cuerpo de manera controlada y precisa.
Terapia de radiación	La radioterapia utiliza radiación ionizante para destruir células cancerosas y reducir tumores
Prótesis avanzadas	Las prótesis modernas utilizan tecnología avanzada para replicar la función de partes del cuerpo perdidas, como extremidades y órganos.

Fuente: Avivit & Itamar (2017)

Por ello, estas tecnologías principalmente los dispositivos médicos y fármacos tienden a generar un gran daño para el medio ambiente, donde año tras año se incrementan los niveles de basura y emisiones de dióxido de carbono como principales contaminantes (Scott et al., 2020). En el Ecuador, este tipo de tecnologías son evaluadas constantemente en base a las sugerencias de la OMS, sin embargo, a nivel ambiental existen muy pocos estudios (Ministerio de Salud Pública, 2021).

Es muy importante, que de manera constante se evalúe el impacto ambiental con el fin de identificar cuáles son las tecnologías sanitarias causantes de un daño (Sanni et al., 2019; Scott et al., 2020). Este tipo de impacto toma en consideración actividades del ser humano y natural y miden sus efectos en el ecosistema, biodiversidad, recursos naturales y clima. Puede generar efectos positivos y negativos y se manifiestan de las siguientes formas: contaminación del aire, agua y suelo, la degradación de los ecosistemas, la pérdida de

biodiversidad, el agotamiento de recursos naturales, el cambio climático, entre otros (Habert et al., 2020).

De esta manera, los dispositivos médicos presentan un impacto ambiental negativo ya que son los principales contaminantes del aire, mientras que, los fármacos contaminan el agua y suelo si no se tiene un adecuado proceso de producción y desecho (Scherhauser et al., 2018). La contaminación del aire se debe a la excesiva producción de gases de efecto invernadero, lo cual provocó un calentamiento global en la tierra (Rahman et al., 2022).

Generalmente, se emplea las evaluaciones del impacto ambiental (EIA), que abarca una serie de herramientas utilizadas para evaluar los posibles efectos ambientales de proyectos, políticas, programas o actividades humanas antes de su implementación, con el fin de identificar medidas de mitigación y tomar decisiones informadas sobre su viabilidad y sostenibilidad ambiental (Dos Santos et al., 2019). Por lo antes señalado se puede identificar de forma clara la utilidad de las EIA en el campo de las tecnologías sanitarias, en términos de viabilidad hay que tener en cuenta que todo proceso de remediación debe contemplar un costo apropiado, para que justamente las medidas planteadas sean ejecutadas.

Cabe recalcar que las evaluaciones del impacto ambiental (EIA) brindan una minuciosa información de la geología, hidrología, flora y fauna de un determinado lugar, con el fin de identificar algunas consecuencias de una actividad humana y por ende el establecimiento de medidas preventivas y de control, para minimizar al máximo la afectación al medio ambiente (Marchvsky et al., 2018). Como es evidente las evaluaciones son la base para proponer medidas que busque la mitigación del daño provocado al medio ambiente, pues sin estos datos no se podría plantear medidas que contribuyan de manera sustancial a disminuir los efectos de las tecnologías sanitarias, en donde como se ha podido evidenciar los impactos son negativos y su procesamiento es urgente en algunos países.

2. Metodología

El presente estudio tiene un enfoque de investigación cualitativo, el tipo de investigación es investigación bibliográfica-documental, descriptiva, explicativa, además el método de investigación es analítico-sintético, por lo antes señalado podemos establecer que se realizó una revisión bibliográfica completa, en donde se establecieron los siguientes criterios:

Criterios de inclusión

- Artículos de las bases científicas: PubMed, Scielo, Redalyc, MDPI, NCBI y Science Direct.

- Artículos publicados a partir del año 2018-2023.
- Artículos en inglés o español.
- Tipos de estudio: revisiones sistemáticas, ensayos controlados experimentales, estudios de cohorte y meta análisis.

Criterios de exclusión

- Artículos de otras bases científicas no establecidas.
- Documentos de pregrado, posgrado, o doctorado
- Artículos con accesos restringido
- Estudios con datos incompletos o en ejecución

Estrategia de búsqueda y presentación de resultados

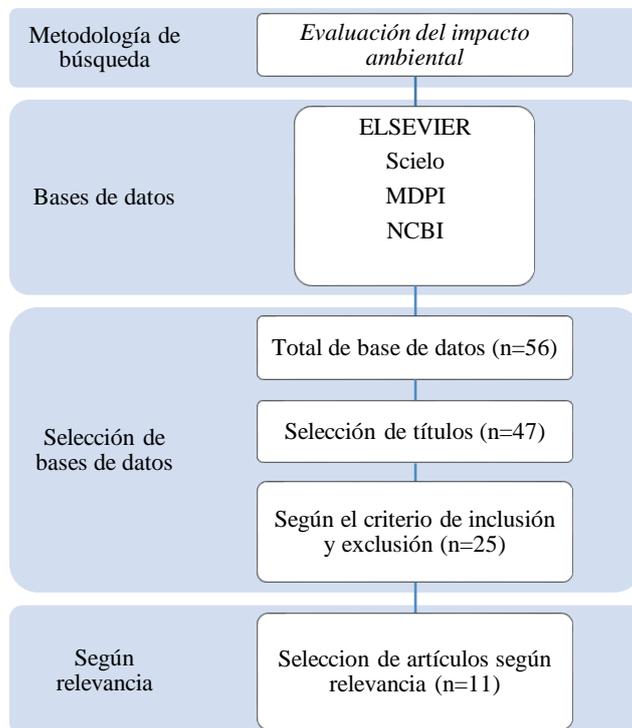
En primer lugar, se ejecutó una búsqueda en las bases de datos: PubMed, Scielo, Redalyc, MDPI, NCBI y *Science Direct*. Se utilizaron términos clave para la búsqueda como:

- “Environmental impact assessment”
- “Health technologies”
- “Medical devices”
- “Impact assessment”

Después de realizar la búsqueda de artículos en las bases de datos, se evaluaron y seleccionaron a través del método prisma; para esto los documentos deben cumplir con ciertos criterios de inclusión y exclusión establecidos previamente. La selección se realizó mediante la comprobación de ítems del método, este proceso consta con un diagrama de flujo que organiza y estructura los estudios con criterios de identificación, cribado, elegibilidad y selección. Tal como se evidencia a continuación en la figura 1:

Figura 1

Método PRISMA para la búsqueda de resultados



Fuente: Do Nascimeinto et al. (2019)

Cabe recalcar que existen un número considerable de investigaciones en donde se refleja la preocupación de distintos organismos gubernamentales y privados sobre los impactos negativos que genera la tecnología sanitaria, al punto de ser la responsable de gases de efecto invernadero que se ha constituido un aditamento para el calentamiento global y de una sobre producción después de la pandemia, lo que origina grandes cantidades de desechos sólidos que en varios países fueron el detonante para generar políticas ambientales.

3. Resultados

Los resultados de la revisión bibliográfica documental se presentan en la siguiente tabla, haciendo relación entre la evaluación del impacto ambiental y la tecnología sanitaria utilizada de manera frecuente en el Ecuador y que ha sido aplicada en el mundo, así podemos recalcar los siguientes:

Tabla 2
Resultados de la revisión bibliográfica-documental

Título	Autores y año de publicación	Metodología	Tecnología sanitaria	Resultados
La huella ambiental de la atención sanitaria: una evaluación global	Lenzen et al. (2020)	Huella de carbono	Atención sanitaria	La atención sanitaria global tiene un impacto ambiental mundial entre 1-5%. En términos de emisiones de gases de efecto invernadero y contaminantes atmosféricos, el sector sanitario causa una gran proporción de la huella total (4,4% de los gases de efecto invernadero, 2,8% de las PM, 3,4% de los NO _x y 3,4% de las emisiones de N ₂ O ₃). ·6% de SO ₂).
Impacto ambiental de los inhaladores para enfermedades respiratorias.	Panigone et al. (2020)	Huella de carbono	Inhaladores de dosis medidas e inhaladores de polvo seco	De los inhaladores analizados se determinó que los de dosis media presentan el mayor impacto ambiental, ya que en su infraestructura presentan un impulsor. Los resultados de huella de carbono fueron: Inhaladores de dosis media: 82-119 g CO ₂ , Inhaladores de polvo seco: 8 g CO ₂
Sostenibilidad ambiental en endodoncia. Una evaluación del ciclo de vida (LCA) de un procedimiento de tratamiento de conducto	Duane et al. (2020)	Análisis de ciclo de vida: ISO 14040:2006	Procedimiento de endodoncia dental	Una endodoncia dental aporta 4,9 kg de emisiones de dióxido de carbono equivalente (CO ₂ eq), debido a los siguientes factores: ropa dental, desinfección de superficies (isopropanol), el babero desechable (papel y plástico), los instrumentos de acero inoxidable de un solo uso y el uso de electricidad

Tabla 2

Resultados de la revisión bibliográfica-documental (continuación)

Título	Autores y año de publicación	Metodología	Tecnología sanitaria	Resultados
Evaluación del ciclo de vida de envases farmacéuticos	Bassani et al. (2022)	Análisis de ciclo de vida	Envases farmacológicos	Existe una gran variación de impactos dentro de los envases alternativos para un mismo medicamento, siendo más significativa para las ampollas (hasta cinco veces) que para los frascos y sobres. El uso de aluminio presenta impactos muy altos, particularmente en cuanto a la acidificación, mientras que, el PVC presenta impactos ambientales muy bajos.
Contaminación de la atención médica y daños a la salud pública en los Estados Unidos: una actualización	Eckelman et al. (2020)	Emisiones de gases efecto invernadero	Atención sanitaria	En el 2018 se produjeron más de 500 millones de toneladas métricas, con una producción per cápita de 1700 Kg CO ₂ . Esto debido a los siguientes factores: equipos médicos, suplementos farmacéuticos y químicos, plásticos, textiles, papel, equipos tecnológicos.
Emisiones ambientales del ciclo de vida y daños a la salud del sistema de salud canadiense: un análisis económico-ambiental-epidemiológico	Eckelman et al. (2018)	Emisiones de gases efecto invernadero	Atención sanitaria	El sistema de salud fue responsable de 33 millones de toneladas de equivalentes de dióxido de carbono (CO ₂ e), así como de más de 200.000 toneladas de otros contaminantes. Los medicamentos se consideran como el principal factor que genera daños en la salud.

Tabla 2

Resultados de la revisión bibliográfica-documental (continuación)

Título	Autores y año de publicación	Metodología	Tecnología sanitaria	Resultados
La huella de carbono de la atención sanitaria australiana	Malik et al. (2018)	Emisiones de gases efecto invernadero	Atención sanitaria	Generó emisiones de CO ₂ e de alrededor de 35772 kilotonnes. Siendo los medicamentos farmacéuticos, radiología y patología los principales generadores. Las emisiones directas de CO ₂ e provenientes del uso de combustible (gas para agua caliente) en el cuidado de la salud contribuyeron al 10% de las emisiones totales de CO ₂ e, mientras que las emisiones indirectas de CO ₂ e debidas a las compras a otros sectores económicos contribuyeron a casi el 90 % de las emisiones totales.
La huella de carbono del diagnóstico por imágenes hospitalarias en Australia	McAlister et al. (2022)	Análisis del ciclo de vida	Radiografía de tórax (CXR), radiografía de tórax móvil (MCXR), tomografía computarizada (CT), imágenes por resonancia magnética (MRI) y ultrasonido	Las emisiones medias de CO ₂ e fueron de 17,5 kg/exploración para resonancia magnética; 9,2 kg/exploración para TC; 0,8 kg/exploración para CXR; 0,5 kg/exploración para MCXR; y 0,5 kg/exploración para ecografía. Los principales factores fueron: tiempo de escaneo y uso excesivo de electricidad.
Evaluación del ciclo de vida y métodos de cálculo de costos para la adquisición de dispositivos: comparación de laringoscopios reutilizables.	Sherman et al. (2018)	Evaluación del impacto del ciclo de vida	Laringoscopios	Se determinó que los mangos y hojas de laringoscopios que en su estructura presentan metal y plástico tuvieron una producción entre 16-18 veces más cantidades de dióxido de carbono, a diferencia de los que son de acero reutilizable. Esto debido a que requieren niveles de limpieza adecuados, un reprocesamiento y desgaste prematuro antes de su vida útil.

Tabla 2

Resultados de la revisión bibliográfica-documental (continuación)

Título	Autores y año de publicación	Metodología	Tecnología sanitaria	Resultados
Impacto en la huella de carbono de la elección de inhaladores para el asma y la EPOC	Janson et al. (2019)	Emisiones de gases efecto invernadero	Inhaladores	Los inhaladores de dosis medidas (MDI) que contenían clorofluorocarbonos fueron reemplazados por inhaladores de polvo seco (DPI) y MDI que contenían hidrofluorocarbonos (HFC). Si bien los HFC no agotan la capa de ozono, generan potentes gases de efecto invernadero. La huella de carbono anual (CO ₂ e) fue de 17 kg para MDI; y 439 kg para HFC.
La huella de carbono de las pruebas de patología	McAlister et al. (2020)	Emisiones de gases efecto invernadero	Pruebas de patología	de Las emisiones de CO ₂ e para las pruebas de hematología fueron de 82 g/prueba, 73 a 91 g/prueba para el perfil de coagulación y de 116 g/prueba para el examen de sangre completo. Las emisiones de CO ₂ e para pruebas bioquímicas fueron de 0,5 g/prueba de CO ₂ e 0,4–0,6 g para la proteína C reactiva, 45 a 53 g/prueba) para la evaluación de gases en sangre arterial, y 99 g/prueba para la evaluación de urea y electrolitos. La mayoría de las emisiones de CO ₂ e estuvieron asociadas con la recolección de muestras, los reactivos de laboratorio y el uso de energía.

Tabla 2
Resultados de la revisión bibliográfica-documental (continuación)

Título	Autores y año de publicación	Metodología	Tecnología sanitaria	Resultados
Desafíos y soluciones para estimar el impacto ambiental en la evaluación de tecnologías sanitarias.	Hubbert et al. (2023)	Análisis de ciclo de vida.	ACV hipotético para un bisturí de un solo uso/reutilizable.	La atención sanitaria tiene un alto coste medioambiental; El NHS es responsable del 4% al 5% de la huella de carbono del Reino Unido. En consecuencia, el impacto ambiental está ganando importancia en la toma de decisiones en Evaluación de Tecnologías Sanitarias (ETS), y las Evaluaciones del Ciclo de Vida (ECV) pueden cuantificar este impacto. Sin embargo, existen desafíos actuales en la realización de ACV, lo que requiere que los resultados se interpreten con cautela.

4. Discusión

En los últimos años la evaluación del impacto ambiental se ha transformado en una medida para revertir los efectos del cambio climático, y sobre todo de prevención. Es promovido en todo el mundo e incluso aceptado por las Naciones Unidas, como una política pública ambiental (Perevochtchicova, 2023). Incluso, es una gran herramienta para el logro del desarrollo sostenible ya que ayuda de manera rápida la toma de decisiones que no afecten el medio ambiente y generen protección (Do Nascimento et al., 2019). Delimita las actividades humanas y naturales que pueden causar un daño al medio ambiente en base a (Espinoza, 2021):

- Acciones satisfactorias al medio ambiente
- Consecuencias positivas o negativas detectadas al inicio
- Prevención y mitigación de las consecuencias negativas
- Calificación del cumplimiento con las políticas medioambientales
- Ejecución de estudios de prevención para impactos positivos y negativos.

A pesar de la exigencia de ejecutar Evaluaciones de Impacto Ambiental, en el Ecuador se evidencian escasas investigaciones sobre la temática y enfocada únicamente en temas de construcción, sistemas de alcantarillado, cultivos, actividad agrícola, aguas residuales e incluso actividades turísticas (Ministerio de Salud Pública [MSP], 2021; Perevochtchicova, 2023). Sin embargo, en referencia a tecnologías sanitarias no existen, motivo por el cual se identificó cuáles son las más empleadas en el país y se dio búsqueda de EIA en los mismos.

Se identificó que a nivel mundial toda tecnología sanitaria tiene un impacto global que oscila entre el 1-5%, debido a los siguientes aspectos: uso de recursos naturales, generación de residuos, emisiones contaminantes, entre otros. El sector sanitario es responsable del 4,4% de las emisiones totales de GEI. Esto es significativo, ya que los GEI contribuyen al cambio climático al atrapar el calor en la atmósfera. Entre estos gases, se menciona el N₂O, que es un gas de efecto invernadero potente, con una contribución del 3,4% por parte del sector sanitario (Lenzen et al., 2020).

A la par a la investigación anterior se encuentran las descritas por Bassani et al. (2022) y Eckelman et al. (2018), mismas que indican datos muy preocupantes sobre el impacto ambiental a causa de todo el sector de la salud. Los cuales indican que a causa de los medicamentos, radiología, patologías y uso de electricidad generan altas cantidades de dióxido de carbono (200000) y gases de efecto invernadero. Lo cual implica en la necesidad de revisar las prácticas de producción, distribución y eliminación de medicamentos para minimizar su impacto negativo en la salud humana y el medio ambiente. En el 2018 se produjeron más de 500 millones de toneladas métricas, con una producción per cápita de 1700 Kg CO₂.

De igual manera, se encontraron estudios que evalúan el impacto ambiental de ciertas tecnologías sanitarias, tales como: inhaladores, dispositivos patológicos, laringoscopios, exámenes radiológicos, implementos dentales entre otros. Con respecto a los inhaladores que sirven principalmente para curar el asma se identificó el estudio de Panigone et al. (2020) y Janson et al. (2019), en los cuales analizaron los de dosis medias (MDI) y de Polvo seco (DPI), determinando que el primer tipo son los causantes de un mayor impacto ambiental, con una huella de carbono que oscila entre 82-119 gCO_{2e} principalmente gracias a la presencia de un impulsor. Por otra parte, la segunda investigación delimita que la composición del inhalador genera también altos impactos ambientales, ya que la mayor parte cuentan con hidrofluorocarbonos uno de los principales compuestos químicos contaminantes. Lo cual evidencia que la elección del tipo de inhalador puede tener un impacto significativo en el medio ambiente.

En cuanto a aspectos dentales, se tomó en consideración un estudio de endodoncias, por parte de Duane et al. (2020). Determinaron que este procedimiento ocasiona alrededor de

4,9 Kg de dióxido de carbono equivalente (CO₂ eq). A causa de una serie de factores, mismas que se describen a continuación:

- **Ropa dental:** probablemente hecha de materiales sintéticos como poliéster o polipropileno, puede contribuir a las emisiones de CO₂ eq durante su fabricación, transporte y eliminación al final de su vida útil (Duane et al., 2020).
- **Desinfección de superficies:** El uso de isopropanol para la desinfección de superficies es una práctica común en entornos médicos y odontológicos. Sin embargo, el isopropanol es un compuesto químico que puede contribuir a las emisiones de gases de efecto invernadero durante su producción y transporte, así como durante su uso y eliminación (Duane et al., 2020).
- **Electricidad:** El uso de electricidad durante la endodoncia, por ejemplo, para alimentar equipos médicos y luces, también puede contribuir a las emisiones de CO₂ eq, dependiendo de la fuente de energía utilizada para generarla. Si la electricidad proviene de fuentes renovables como la energía solar o eólica, las emisiones asociadas pueden ser menores en comparación con la electricidad generada a partir de combustibles fósiles (Duane et al., 2020).

McAlister et al. (2022), analizó el impacto de exámenes por rayos X, a través de la cual se determinó que la resonancia magnética puede generar hasta 17,5 Kg de CO₂ e, 9,2 Kg para Tomografía computarizada, 0,8 Kg en una radiografía de tórax. Esta variación puede explicarse por las diferencias en la tecnología utilizada, el tiempo de escaneo y los requisitos de energía asociados con cada tipo de exploración. El factor principal de esto es el tiempo del examen, donde los procedimientos que requieren más tiempo de escaneo, como la resonancia magnética y la tomografía computarizada, tienden a generar mayores emisiones de CO₂ eq debido al consumo prolongado de energía.

Sherman et al. (2018), por su parte identificaron un impacto ambiental alto en los laringoscopios que presentan en su estructura metal o plástico debido a que todo el proceso de fabricación implica grandes insumos para ser usados muy pocas veces. Bassani et al. (2022), en su investigación de envases farmacológicos afirma también que el alto impacto se debe a la presencia de plásticos y aluminios. Mientras que McAlister et al. (2020), en pruebas patológicas determinaron que las altas emisiones de dióxido de carbono se deben principalmente a la recolección de muestras, los reactivos de laboratorio y el uso de energía.

5. Conclusiones

- Se determinó que las tecnologías sanitarias utilizadas de manera frecuente en el Ecuador generan un impacto ambiental negativo, debido a que producen grandes cantidades de gases de efecto invernadero, mismos que promueven el cambio

climático, afectando incluso a la salud humana. A pesar de que las tecnologías sanitarias son un componente esencial para garantizar una atención médica eficiente, efectiva y de calidad en todos los niveles del sistema de salud, es muy importante que se analice todo el ciclo de vida de estos productos con el fin de prevenir daños severos al medio ambiente.

- Se identificó que toda la atención sanitaria implica un alto impacto ambiental con una incidencia del 1-5% a nivel mundial. Donde la mayor parte de emisiones de dióxido de carbono se debe al consumo de combustibles fósiles. De las tecnologías sanitarias analizadas se identificó que las causantes de altos impactos ambientales fueron: inhaladores de dosis medias compuestos por hidrofluorocarbonos, endodoncia dental, resonancia magnética, laringoscopios de metal o plástico, envases farmacéuticos de plástico o aluminio y las pruebas de hematología.
- Se determinó que los principales factores que implican el alto impacto ambiental por parte de las tecnologías sanitarias fueron: uso de electricidad, consumo de combustibles fósiles, ropa médica, desinfecciones prolongadas, equipos tecnológicos, reactivos, entre otros, lo que sin duda alguna han promovido la creación y aplicación de políticas ambientales que disminuyan la afectación ambiental por parte de los gobiernos de turno.
- Se concluyó que los resultados de las distintas investigaciones resaltan la importancia de evaluar y comparar el impacto ambiental de diferentes tecnologías sanitarias, y de considerar cuidadosamente las implicaciones ambientales al elegir entre diferentes opciones de tratamiento, además subrayan la necesidad continua de buscar alternativas más ecológicas y sostenibles en el diseño y fabricación de dispositivos médicos para minimizar su impacto en el medio ambiente.

6. Conflicto de intereses

Los autores declaran que no existe conflicto de intereses en relación con el artículo presentado.

7. Declaración de contribución de los autores

Todos los autores contribuyeron significativamente en la elaboración del artículo.

8. Costos de financiamiento

La presente investigación fue financiada en su totalidad con fondos propios de los autores

9. Referencias Bibliográficas

Avivit, A., & Itamar, R. (2017). Tecnología de salud digital y manejo de la diabetes. *Revista de diabetes*, 10(1), 10-17.

- Bassani, F., Rodríguez, C., Marqués, P., & Freire, F. (2022). Evaluación del ciclo de vida de envases farmacéuticos. *SpringerLink*, 27(1), 978-992.
- Do Nascimento, R., Giovanetti, M., & Kovaleski, J. (2019). Impacto dos Sistemas de Recompensas na Motivação Organizacional: Revisão Sistemática pelo Método PRISMA. *Elsevier*, 8(2).
- Dos Santos, C., Mendes, F., De Almeida, P., & Aravena, H. (2019). Ordenanza de la evaluación de impacto ambiental: las posibles formas de lograr la sostenibilidad territorial. *Revista Geográfica Valparaíso*, 1(56).
- Duane, B., Borglin, L., Pekarski, S., Saget, S., & Fergus, H. (2020). Sostenibilidad ambiental en endodoncia. Una evaluación del ciclo de vida (LCA) de un procedimiento de tratamiento de conducto. *BMC Salud Bucal*, 20(348).
- Eckelman, M., Huang, K., Lagasse, R., Senay, E., Dubrow, R., & Sherman, J. (2020). Contaminación de la atención médica y daños a la salud pública en los Estados Unidos: una actualización. *Salud ambiental*, 39(12).
- Eckelman, M., Sherman, J., & MacNeill, A. (2018). Emisiones ambientales del ciclo de vida y daños a la salud del sistema de salud canadiense: un análisis económico-ambiental-epidemiológico. *PLoS Med*, 15(7).
- Espinoza, G. (2021). *Evaluación del Impacto Ambiental*. Santiago de Chile.
- Habert, G., Miller, S., Juan, V., Provis, J., Favier, A., Horvath, A., & Escribano, K. (2020). Impactos ambientales y estrategias de descarbonización en las industrias del cemento y el hormigón. *Reseñas de la naturaleza Tierra y medio ambiente*, 1(1).
- Hubbert, L., Embleton, N., Wright, A., & Nicholson, L. (2023). HTA286 challenges and solutions to estimating environmental impact in health technology assessment. *Value in Health*, 26(12), <https://doi.org/10.1016/j.jval.2023.09.1969>.
- Janson, C., Henderson, R., Lofdahl, M., Hedberg, M., Sharma, R., & Wilkinson, A. (2019). Impacto en la huella de carbono de la elección de inhaladores para el asma y la EPOC. *Thorax*, 1(1), 1-3.
- Lenzen, M., Malik, A., Li, M., Fry, J., Weisz, H., & Pichler, P. (2020). La huella ambiental de la atención sanitaria: una evaluación global. *The Lancet: Planetary Health*, 4(7).
- Malik, A., Lenzen, M., McAlister, S., & McGain, F. (2018). La huella de carbono de la atención sanitaria australiana. *The Lancet: Planetary Health*, 2(1).

- Marchvsky, N., Giubergia, A., & Ponce, N. (2018). Evaluación de impacto ambiental de la cantera “La Represa”, en la provincia de San Luis, Argentina. *Tecnura*, 22(56).
- McAlister, S., Barratt, A., Bell, K., & McGain, F. (2020). La huella de carbono de las pruebas de patología. *Wiley Online Library*, 212(8), 377-382.
- McAlister, S., McGain, F., Breth, M., De David, H., & Charlesworth, K. (2022). La huella de carbono del diagnóstico por imágenes hospitalarias en Australia. *The Lancet: Regional Health*, 4(1).
- Ministerio de Salud Pública [MSP]. (2021). Dirección nacional de evaluación de tecnologías sanitarias. <https://www.salud.gob.ec/direccion-nacional-de-evaluacion-de-tecnologias-sanitarias/>
- Organización Panamericana de la Salud [OPS]. (2023). Evaluación de tecnologías de salud. <https://www.paho.org/es/temas/evaluacion-tecnologias-salud#:~:text=Dentro%20del%20concepto%20de%20tecnolog%C3%ADas,y%20promoci%C3%B3n%20de%20la%20salud.>
- Panigone, S., Sandri, F., Ferri, R., Volpato, A., Nudo, E., & Nicoli, G. (2020). Impacto ambiental de los inhaladores para enfermedades respiratorias: disminuir la huella de carbono preservando al mismo tiempo el tratamiento personalizado para el paciente. *PubMed*, 7(1). <https://doi.org/10.1136/bmjresp-2020-000571>
- Perevochtchicova, M. (2023). La evaluación del impacto ambiental y la importancia de los indicadores ambientales. *Gestión y política pública*, 22(2).
- Rahman, A., Farrok, O., & Mejbaul, M. (2022). Impacto ambiental de las centrales eléctricas basadas en fuentes de energía renovables: solar, eólica, hidroeléctrica, de biomasa, geotérmica, mareomotriz, oceánica y osmótica. *Elsevier*, 161(1). <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.rser.2022.112279>
- Sanni, M., Prieto, D., Cruz, L., Ramos, D., Bispo, N., Ichihara, M., & Smeeth, L. (2019). Métodos de puntuación de propensión en la evaluación de tecnologías sanitarias: principios, aplicaciones ampliadas y avances recientes. *Frontiers*, 10(1). <https://doi.org/https://doi.org/10.3389/fphar.2019.00973>
- Scherhauser, S., Moates, G., Hartikainen, H., Waldron, K., & Obersteiner, G. (2018). Environmental impacts of food waste in Europe. *Elsevier*, 77(1), 98-113.
- Scott, B., Miller, G., Fonda, S., James, C., Gaudaen, H., Quinn, M., y Pamplin, J. (2020). Tecnologías avanzadas de salud digital para COVID-19 y emergencias futuras. *Telemedicina y e-Salud*, 6(10).

Sherman, J., Raibley, L., & Eckleman, M. (2018). Evaluación del ciclo de vida y métodos de cálculo de costos para la adquisición de dispositivos: comparación de laringoscopios reutilizables y desechables de un solo uso. *Anesthesia & Analgesia*, 127(2), 434-443.

El artículo que se publica es de exclusiva responsabilidad de los autores y no necesariamente reflejan el pensamiento de la **Revista Conciencia Digital**.



El artículo queda en propiedad de la revista y, por tanto, su publicación parcial y/o total en otro medio tiene que ser autorizado por el director de la **Revista Conciencia Digital**.



Indexaciones

