



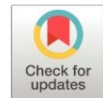


Evaluación del impacto ambiental de los residuos de los equipos de protección industrial: una revisión sistemática del arte postpandemia

Environmental impact assessment of industrial protective equipment waste: a systematic review of the post-pandemic art

- ¹ Edison Miguel Verdezoto Espinoza  <https://orcid.org/0000-0001-8559-0991>
Ingeniería Industrial, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Chimborazo, Riobamba, Ecuador.
everdezoto@unach.edu.ec
- ² Dayana Andrea Chilinguina Guerra  <https://orcid.org/0009-0000-7970-9247>
Ingeniería Industrial, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Chimborazo, Riobamba, Ecuador.
dayana.chilinguina@unach.edu.ec
- ³ Leicer Iván Enriquez Illanes  <https://orcid.org/0009-0005-4262-0341>
Ingeniería Industrial, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Chimborazo, Riobamba, Ecuador.
leicer.enriquez@unach.edu.ec
- ⁴ Javier Fernando Vallejo Tixi  <https://orcid.org/0009-0000-0585-9111>
Ingeniería Industrial, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Chimborazo, Riobamba, Ecuador.
javier.vallejo@unach.edu.ec



Artículo de Investigación Científica y Tecnológica

Enviado: 16/12/2023

Revisado: 19/01/2024

Aceptado: 09/02/2024

Publicado: 15/04/2024

DOI: <https://doi.org/10.33262/concienciadigital.v7i2.2991>

Cítese:

Verdezoto Espinoza, E. M., Chilinguina Guerra, D. A., Enriquez Illanes, L. I., & Vallejo Tixi, J. F. (2024). Evaluación del impacto ambiental de los residuos de los equipos de protección industrial: una revisión sistemática del arte postpandemia. *ConcienciaDigital*, 7(2), 91-107. <https://doi.org/10.33262/concienciadigital.v7i2.2991>



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:

evaluación,
impacto,
ambiental, equipos,
protección,
personal.

Keywords:

evaluation,
impact,
environmental,
equipment,

Resumen

Introducción: En el mundo durante la pandemia provocada por el COVID 19, se generaron alrededor de 8,4 y 9,2 millones de toneladas de residuos plásticos que incluyen en su mayoría los equipos de protección industrial (EPP), que fueron utilizados por toda la población mundial principalmente para frenar el nivel de contagio del Coronavirus. Sin embargo, muchos de estos residuos terminaron como desechos en ríos, océanos o incinerados, lo cual ha contribuido a un impacto ambiental negativo, mismo que es la fuente de cambios climáticos, aumento del efecto invernadero, contaminación principalmente marítima y la muerte de cientos de especies. **Objetivo:** Realizar una revisión sistemática de las evaluaciones del impacto ambiental de los generados por los residuos de los equipos de protección industrial postpandemia. **Resultados:** Las distintas investigaciones muestran claramente la inadecuada gestión de residuos sólidos que existe a nivel general, en términos de huella de carbono y huella energética de los residuos de equipos de protección el impacto al ambiente es inminentemente negativo, además se pudo demostrar a liberación de micro plásticos (MP) y microfibras (MF) de los EPP desechados se convierte en una amenaza emergente para la sostenibilidad ambiental. **Discusión:** Las investigaciones desarrolladas alrededor del problema generado por los residuos sólidos de los equipos de protección personal son el soporte para mostrar el pésimo manejo de residuos que se tiene en todo el mundo, especialmente en países poco desarrollados, pero aún más importante la necesidad de implementar programas de concientizar social y por otro lado generar políticas ambientales que mitiguen contaminación postpandemia. **Conclusión:** Se concluyó que las investigaciones desarrolladas establecieron impactos considerable negativos al medio ambiente, entre los que se encuentra generación de residuos sólidos por los EPP que siguen generando contaminación en afluentes hídricos y en la atmósfera.

Abstract

Introduction: In the world during the pandemic caused by COVID 19, about 8.4 and 9.2 million tons of plastic waste were generated, which include mostly industrial protective equipment (PPE), which were used by the entire world population to curb

protection,
personnel.

the level of Coronavirus contagion. However, much of this waste ended up as debris in rivers, oceans or incinerated, which has contributed to a negative environmental impact, which is the source of climate change, increased greenhouse effect, marine pollution, and the death of hundreds of species. **Objective:** To conduct a systematic review of the environmental impact assessments of post-pandemic industrial protective equipment waste. **Results:** The different investigations clearly show the inadequate management of solid waste that exists at a general level, in terms of carbon footprint and energy footprint of the waste from protective equipment the impact on the environment is imminently negative, in addition it could be demonstrated that the release of micro plastics (MP) and microfibers (MF) from discarded PPE becomes an emerging threat to environmental sustainability. **Discussion:** The research developed around the problem generated by solid waste from personal protective equipment (PPE) is the support to show the bad waste management around the world, especially in underdeveloped countries, but even more important is the need to implement social awareness programs and on the other hand to generate environmental policies to mitigate post-pandemic contamination. **Conclusion:** It was concluded that the research conducted established considerable negative impacts on the environment, among which is the generation of solid waste from PPE that continues to generate pollution in waterways and in the atmosphere.

1. Introducción

Actualmente existe una crisis ambiental a escala mundial debido a un manejo erróneo de residuos sólidos que tienen como fuente los equipos de protección personal (EPP) utilizados durante la pandemia del Coronavirus, por lo que es necesaria la implementación de "Sistemas eficaces de procesamiento de residuos sólidos, mismos que permitan proteger la biodiversidad y los ecosistemas, esto con el fin de garantizar en un futuro el saneamiento ambiental provocado por el uso desmesurado e improvisado de EPP industriales" (Franchini & Mauad, 2022). En este sentido cabe recalcar que el uso de equipos de protección personal que antes eran utilizados exclusivamente en la Industria y su empleo como medida de protección ante el contagio aumentó la demanda de estos

durante la pandemia, este aumento en la actualidad está generando graves problemas ambientales según distintos estudios realizados.

El COVID-19 generó una pandemia que impactó a nivel mundial, provocó millones de personas contagiadas y muchas de ellas perecieron, pero el cambio se dio también en las organizaciones, que tuvieron que adaptarse a la nueva realidad. Las actividades industriales se vieron afectadas notoriamente, esto principalmente por el aislamiento social, la cuarentena y los confinamientos. En este contexto, "la economía sufrió una caída drástica, así como una disminución de los ingresos y la calidad de vida de las personas, quienes tuvieron que protegerse del virus utilizando incluso EPP de uso industrial" (Severo et al., 2023). En este contexto la cantidad de desechos aumentó de manera desmesurada, generando un impacto negativo al medio ambiente.

La pandemia originada por el COVID-19 ejerció mucha presión sobre el sistema de gestión de residuos existente, esto debido "Al consumo excesivo de equipos de protección personal, la producción industrial aumentada para la elaboración de insumos como protectores faciales que eran utilizados netamente en la industria y que por urgencia fueron empleados para evitar el contagio" (Rhee, 2020). Por lo que la eliminación inadecuada de EPP muestra en las distintas investigaciones el impacto negativo en el medio ambiente, impacto que está presente a nivel mundial y que sus consecuencias son más notorias en las zonas costeras, en donde se han desarrollado estudios para mitigar estos impactos y poder establecer medidas de saneamiento ambiental.

El EPP se produce a partir de una variedad de polímeros y materiales diferentes: poliacrilonitrilo, las mascarillas faciales de polipropileno y/o poliuretano, látex, vinilo, polímeros sintéticos y los guantes desechables de nitrilo y cuero, y otras fibras sintéticas, mismas que al desprenderse provocan fugas contaminantes, es por ello por lo que "La eliminación inadecuada de EPP pueden causar estrés a la infraestructura y a los sistemas de gestión de residuos" (Czigany & Ronkay, 2020). Por lo antes acotado, los residuos de EPP generados en la pandemia deben ser tratados a través de sistemas de gestión de residuos especializados y estrictamente regulados, que a menudo implican la esterilización e incineración de dichos residuos, buscando un menor impacto en la afectación al medio ambiente.

Los equipos de protección personal se clasifican en muchos tipos, incluyendo los protectores faciales, mismos que eran hasta antes de la pandemia de uso exclusivo en el sector industrial. Esto provocó que la demanda de EPP aumentara considerablemente en todo el mundo, "Se estima que cada mes se utilizaron alrededor de 65 mil millones de protectores faciales en todo el mundo. Al final, añade una gran carga a los sistemas tradicionales de gestión de residuos sólidos" (Prata et al., 2020). Siendo esta carga un problema ambiental en todo el mundo y que sigue provocando preocupación a los gobiernos de turno.

Según la Organización de las Naciones Unidas (ONU), la alta producción de desechos con riesgo biológico contaminante producidos por el virus que causa el COVID-19, contribuye de manera significativa a la contaminación del medio ambiente y sus elementos, elevando el riesgo de proliferación de enfermedades y saturan los sistemas de tratamiento de desechos sólidos. Por esta razón educar y concientizar a la población en general sobre un adecuado manejo de residuos provenientes del uso de EPP representa un reto para cada país principalmente a nivel cultural.

Durante la pandemia, empresas tanto públicas como privadas de todos los ámbitos implementaron medidas de bioseguridad que les permita cumplir con sus roles, siendo "Las principales el uso de equipos de protección industrial de un solo uso (guantes, mascarillas convencionales, tapabocas N95, lentes de protección, viseras), por lo que la cantidad de residuos se incrementó drásticamente a nivel mundial" (Sánchez-Gutiérrez, 2021). Estas medidas sin duda alguna saturaron los sistemas de procesamiento de desechos sólidos a nivel mundial, provocando afectaciones al medio ambiente hasta la actualidad.

Según la ONU durante la pandemia han generado envíos a varios países de un total de 87.000 toneladas de equipos de protección (Noticias ONU, 2022). Según mencionan un 60 % de unidades de médicas en países subdesarrollados no están equipados para gestionar este nivel de desechos que representan un riesgo para la salud, lo que en países subdesarrollados como el Ecuador dejó en evidencia la falta de tratamiento de residuos que tenemos actualmente y alertaba también sobre el daño que no modernizar estos sistemas le causan al medio ambiente (Basadre, 2021). Por lo antes acotado, se pudo establecer que el impacto ambiental persistirá en los próximos años, y que incluso podría agravarse en caso de no tomar las medidas necesarias para una remediación ambiental adecuada.

El artículo 55 del COOTAD vigente en Ecuador menciona que "Los Gobiernos Autónomos Descentralizados Municipales son los responsables directos del manejo de sus desechos" Programa 'PNGIDS' Ecuador (Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica, 2024). Sin embargo, el tratamiento de estos desechos con la metodología de recolección y disposición final a cielo abierto representan un método obsoleto y poco sostenible, que prácticamente solo se realiza en países poco desarrollados y que sin duda incrementa el impacto ambiental negativo.

El objetivo del presente trabajo de investigación por tanto realizar una revisión sistemática de la investigaciones de las evaluaciones ambientales relacionadas a los EPP, para establecer el impacto que el incremento de este tipo de residuos ha tenido sobre la salud del medio ambiente, así como también el poder concientizar social y políticamente a la población sobre la importancia que tiene proteger al medio ambiente sobre todo en el desecho adecuado de residuos sólidos que generan los EPP, y finalmente implementar

sistemas adecuados y modernos de recolección y de tratamientos de residuos biológicamente contaminantes.

Por lo tanto, se pudo establecer que el "COVID-19 debe considerarse un riesgo holístico para el medio ambiente y la salud pública, así como para las instituciones económicas y sociales globales y la gestión de residuos plásticos" (Silva et al., 2020). En este sentido la afectación al medio ambiente es evidente hasta la actualidad, en donde tenemos botaderos de basura saturados con EPP de tipo industrial y que desprenden fibras que están polucionando el arie de las distintas ciudades.

2. Metodología

Tipo de investigación científica

La presente investigación es de tipo documental, puesto que está basada en la recopilación bibliográfica de información e investigaciones desarrolladas alrededor del incremento de residuos sólidos provocados por los equipos de protección industrial utilizados durante la pandemia vivida en años anteriores por el COVID-19, con el objetivo de analizar, comparar y establecer el impacto ambiental generado a nivel mundial.

Método científico

El método de investigación utilizado es el Método Sintético, ya que se parte del conocimiento de los diversos panoramas que ha dejado el COVID-19, principalmente en las consecuencias que dejó como impacto negativo al medio ambiente, con la finalidad de alcanzar un conocimiento general de la realidad actual, partiendo de distintas investigaciones para realizar un análisis completo, llegando a desarrollar una explosión metódica y breve de la falta de sistemas de gestión de residuos sólidos en todo el planeta.

Diseño de la investigación

El diseño utilizado es el cualitativo de investigación participativo pues se tiene la finalidad de dar a conocer el impacto que los residuos de equipos de protección industrial utilizados durante la pandemia de los años 2020-2023 han generado sobre el medio ambiente y sobre todo concientizar de la importancia que tiene un manejo adecuado de los residuos para el cuidado de los ecosistemas y por ende de la vida misma, análisis que tiene fundamentación teórica de las distintas investigaciones acotadas en el presente estudio .

3. Resultados

La población mundial durante la pandemia generó una enorme demanda de equipos de protección personal hechas de plástico. Este material es ampliamente utilizado por su excelente relación resistencia-peso, además de su durabilidad y bajo costo de producción, al punto que elementos como los protectores faciales de uso industrial fueron utilizados

como dispositivos de protección contra el COVID 19. Lamentablemente el uso descontrolado de protectores plásticos se ha convertido en uno de los problemas de afectación al medio ambiente después de ocurrida la pandemia.

En el Ecuador como una medida de protección medio ambiental se diseñaron protocolos para la recolección, manejo y tratamiento de los residuos de equipos de protección industrial y algunos otros catalogados como residuos con riesgo biológico, pero lamentablemente en varias ciudades que no cuentan con un manejo adecuado de sólidos, el problema hasta la actualidad persiste, provocando impactos negativos al ambiente.

Recolección de residuos de equipos de protección industrial en Ecuador

Los desechos de equipos de protección durante la pandemia se categorizaban dentro de los desechos con riesgo biológico y según el protocolo para desechar equipos de protección emitido por la Secretaría de Gestión de Riesgos (2024), se deben seguir los siguientes pasos para una adecuada gestión de desechos:

- Los residuos se almacenan en bolsas plásticas de color rojo en tachos (preferiblemente con tapa y pedal de apertura) de color rojo que deberán estar dispuestos lo más cerca posible al lugar en donde se generan los residuos.
- Cuando la bolsa este a $\frac{3}{4}$ partes de su capacidad se retira del tacho haciendo un nudo en la parte superior.
- Cada bolsa para desechar debe ser pesada y etiquetada con el tipo de desechos y el peso total, tomando en cuenta que no se debe sobrepasar los 10 kilogramos.
- La recolección se realiza en horarios establecidos por los diferentes Gobiernos Autónomos Descentralizados (GAD's) para su posterior eliminación (Protocolos y manuales).

Lo antes acotado, en la mayoría de ciudades no se cumple, esto debido a que no se cuenta con planes de manejo de residuos sólidos, lo que imposibilita un tratamiento adecuado de los equipos de protección personal.

Manejo integral de residuos a nivel municipal

En Ecuador existen empresas que se encargan de recolectar los desechos sólidos altamente contaminantes o con riesgo biológico, como la empresa Metropolitana de Gestión Integral de Residuos Sólidos (EMGIRS-EP).

Esta empresa se encarga de eliminar los desechos bajo el reglamento de “Manejo de Desechos Infecciosos para la Red de Servicios de Salud en el Ecuador” expedido por el Ministerio de Salud Pública, la EMGIRS-EP es la encargada de gestionar, procesar, recolectar, transportar, tratar y de la disposición final de todos los residuos considerados peligrosos.

Proceso de eliminación de residuos implementado por EMGIRS-EP

- Recolección de los desechos con riego biológico en bolsas plásticas de color rojo que serán transportadas en centros de acopio.
- Movilidad de desechos hacia la Planta de Tratamiento de Desechos con Riesgo Biológico, bajo una estricta normativa legal, ambiental y de bioseguridad.
- Colocación en los contenedores del sistema de tratamiento para su esterilización mediante transferencia de calor por vapor saturado.
- Esterilización mediante la destrucción e inactivación de los microorganismos bajo condiciones de exposición directa.
- Finalmente se realiza el transporte a un camión con sistema hidráulico de empuje para su descarga y disposición final en el relleno.

Aun cuando este tipo de tratamientos de desechos busca tener el menor impacto posible para el medio ambiente, requiere de un manejo adecuado desde el lugar en donde se originan para poder tratarlos y esa es una de las fuentes más grandes de contaminación ambiental que se ha podido determinar en el presente estudio. Sin embargo, muchos de estos equipos de protección personal al ser utilizado a nivel doméstico terminaron contaminando el medio ambiente, pues la población en general hasta la actualidad no conoce como se debe desechar este tipo de elementos empleados en actividades industriales.

Impacto ambiental producida por los equipos de protección industrial

Según las Actas de la Academia Nacional de Ciencias de los Estados Unidos de América hasta el año 2021 se generaron aproximadamente 9,2 millones de toneladas de desechos plásticos (incluyendo EPP) asociados a la pandemia en un análisis de 193 países (Peng et al., 2021, pp. 7-9). Estos desechos sin duda alguna generaron afectaciones en sistemas acuáticos como se muestra en la tabla 1:

Contaminación marítima

Tabla 1

Masa de plásticos mal gestionados asociados a la pandemia que terminan en el medio ambiente

Continentes	Casos de pacientes confirmados (%)	MMPW (%)	El caudal fluvial (%)		
			Total	Microplástico	macroplástico
África	3.8	7.9	5.9	5.6	6.1
Asia	31.2	46.3	72,5	75,6	69,6
Europa	25,7	23.8	11.2	10.0	12.5
América del norte	21.9	5.6	1.9	1.5	2.3
Sudamerica	17.3	16.4	6.9	6.0	7.6
Oceania	0.1	<0,1	1.6	1.3	1.9

Fuente: Peng et al. (2021)

Según un estudio realizado durante el 2021, Asia fue el continente con mayor producción de plásticos mal gestionados que fueron asociados al incremento de la producción de desechos durante la pandemia que se estima es de aproximadamente entre 8,4 y 9,2 millones de toneladas y se estipula que entre 25.900 y 29.500 toneladas han llegado a los océanos de todo el mundo (Ronja, 2022).

La Universidad de Nanjing diseñó un modelo que menciona que los residuos conducidos por los ríos llegan a los océanos, playas y fondos marítimos en un lapso de 3 años. Además, evidencia los procesos principales de los desechos una vez llegan al mar, siendo estos: varamiento, deriva, sedimentación, bio incrustación, abrasión y fragmentación (Wu et al., 2021, pp. 14-26).

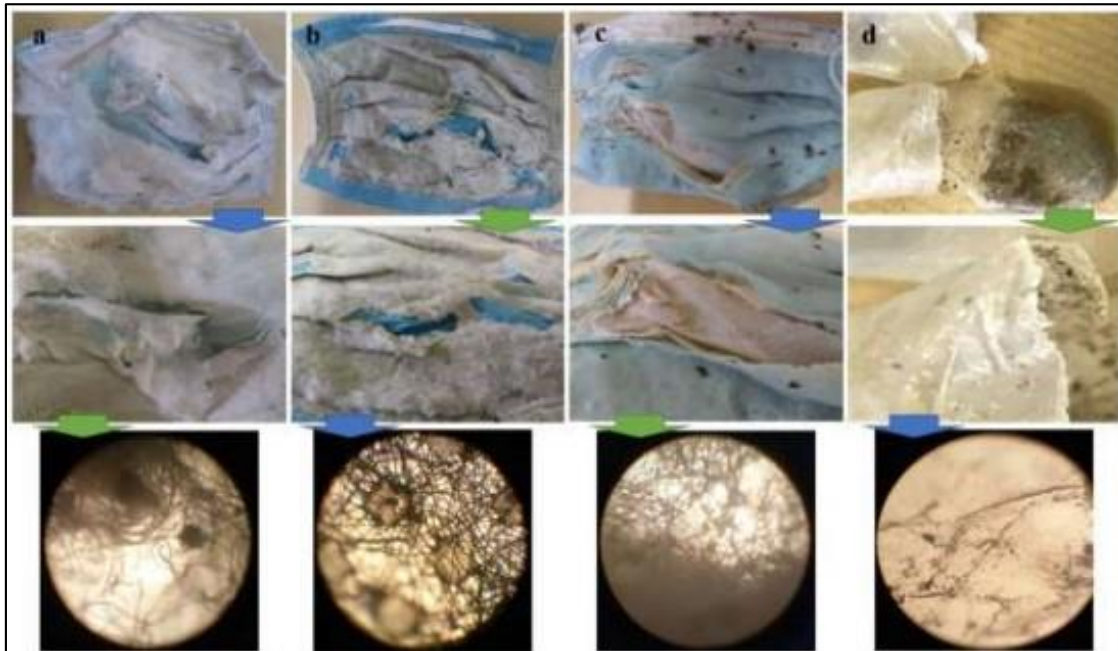
Según el PNAS se estima un impacto duradero en los océanos globales por la liberación de desechos asociados a la pandemia, por lo que sugieren que estos desechos terminarán en el fondo marino en un 28,8% o en un 70,5% en las playas, perjudicando potencialmente los ecosistemas bentónicos (Peng et al., 2021, pp. 18-19).

Por otra parte, un análisis realizado en la Universidad César Vallejo establece que las mascarillas son los equipos de protección que más predomina, seguido por los guantes y otros tipos de EPP como gorros, máscaras en menor cantidad. Dentro de las mascarillas

se encontraron las de un solo uso, KN95 y las de tela o no identificados (Rodríguez & Vera, 2022, pp. 42-58).

Figura 1

Análisis de mascarillas y guantes dañados obtenidos de puertos costeros



Fuente: Rakib et al. (2021, pp. 14-15)

Estos artículos de plástico que no han tenido un adecuado tratamiento para su eliminación pueden degradarse lentamente bajo condiciones ambientales, sin embargo, en medios acuáticos la descomposición es más rápida, lo que genera micro plásticos que afectan negativamente a la vida marítima, puesto que, al descomponerse desprenden fibras que suelen ser consumidas por los animales marinos causando su muerte (Rakib et al., 2021, pp. 14-15).

Un artículo publicado en el 2021 por un grupo de investigadores evidenció muertes de especies marinas por consumo de las fibras que desprenden los EPP en el océano.

Figura 2

Resultados de la necropsia realizada a una especie marítima



Fuente: Neto et al. (2021, pp. 28-30)

El artículo menciona que la contaminación de los océanos a nivel mundial genera un cambio climático que obliga a varias especies a migrar, por lo que la cadena alimenticia se ve seriamente afectada, provocando que los animales pierdan alimento y se vean obligados a cambiar su dieta por aquello que se encuentra en el mar, de esta manera consumen fibras de millones de toneladas de desechos que han entrado a los océanos durante la pandemia provocando la muerte de cientos de miles de especies en todo el mundo (Neto et al., 2021, pp. 28-30).

Contaminación atmosférica

Una mala gestión de los desechos, acompañada de un incremento masivo de residuos en su mayoría plásticos que ha generado la pandemia del COVID-19 provocaron que varios de estos residuos sean incinerados como medida tomada ante la rápida propagación del virus.

Según Celis et al. (2021), durante la pandemia se incineraron alrededor de 15 mil toneladas de residuos plásticos incluyendo los EPP (pp. 6-8). Además, se estimó que 99.2

% de los residuos plásticos de equipos de protección industrial incinerados están compuestos de polipropileno. Esta práctica genera una grave huella en el medio ambiente, puesto que favorece la producción de gases de efecto invernadero.

El efecto invernadero provoca que la radiación de calor del planeta se absorba por los gases de la atmósfera y sea remitida en todas las direcciones provocando un aumento en la temperatura de la Tierra que generan cambios climáticos serios como: pérdida de glaciares, aumento del nivel del mar, blanqueamiento de corales, inundaciones, olas de calor, sequías, entre otros (Hernández, 2020, pp. 2-5).

Respuesta política y sus implicaciones

Frente a la problemática de residuos producidos en pandemia los gobiernos pertenecientes a la Unión Europea tomaron acciones en donde se direcciona un presupuesto para hacer frente al nivel de vertidos ilegales atribuidos a la crisis del COVID-19. Esto contribuye ampliamente al cuidado del medio ambiente ya que otorga a empresas públicas y privadas la mejora del tratamiento de residuos y por ende la disminución de residuos que terminan como desechos en los océanos.

Por otra parte, en países subdesarrollados la crisis sanitaria ha empeorado considerablemente la estabilidad económica, y han visto como una prioridad proveer a los y las ciudadanas de los equipos de protección para aminorar el nivel de contagio, sin embargo, han dejado de lado en gran medida el adecuado manejo de los residuos que estos han. Esto implica un alto impacto para la salud del medio ambiente y refleja la necesidad de apoyo en cuanto a diseño de infraestructura y tecnología que mejoren el sistema de eliminación de residuos.

4. Discusión

Si bien la pandemia del COVID-19 ha provocado una seria crisis sanitaria que ha costado millones de vidas en todo el mundo, es importante enfocarnos también en las repercusiones que la pandemia ha dejado a nivel ambiental, pues a largo plazo puede significar no solo la pérdida de millones de vidas sino el desgaste completo de nuestro planeta la extinción de la raza humana, así como de algunas especies animales y vegetales.

La implementación de sistemas amigables con el medio ambiente enfocados principalmente en el adecuado tratamiento de residuos sólidos no solo de los desechos generados durante la pandemia sino a manera general debe ser una tarea primordial para todos los gobiernos del mundo, esta es una de las discusiones generales encontradas en la revisión bibliográfica realizada en el presente estudio, y esto se da porque al hablar de protección ambiental siempre se busca el compromiso con el cuidado del medio en el que interactúa.

De manera general, en las investigaciones consultadas y analizadas se establece que la “conciencia de responsabilidad social y ambiental” es fundamental para reducir el impacto en el medio ambiente generado durante y después de la pandemia de COVID-19 y los distintos autores coinciden que solo de esta manera se podrá aumentar la resiliencia ante otras pandemias que inminentemente sufrirá el mundo.

Finalmente, La acumulación de residuos plásticos provenientes de EPP en las zonas urbanas, particularmente de los sistemas de alcantarillado, puede aumentar el riesgo de inundaciones (Adam et al., 2020), constituyéndose en caldos de cultivo para la generación de enfermedades de origen zoonóticas. Otro caso fundamental analizado en la presente investigación son el desprendimiento de las fibras de los EPP mismas que son transportadas por el viento, hacia los ecosistemas acuáticos, esto ha provocado una degradación acelerada de los mismos, incluso en varias investigaciones se ha llegado a comprobar que, en las zonas más remotas de la Tierra, por ejemplo lagos en islas aisladas de la Antártida e incluso en aguas profundas (Ajith et al., 2020), existe evidencia de desechos provenientes de EPP. Haciendo evidente que en nuestro país también estos problemas ambientales también están presentes.

5. Conclusiones

- Se concluyó que la humanidad tiene una dependencia indiscutible del plástico como materia prima, esto se ha vuelto evidente durante la pandemia de COVID-19, lo que origina la necesidad de políticas ambientales más estrictas, que tengan como fin el garantizar el uso sostenible de los plásticos en la elaboración de EPP en el futuro y, al mismo tiempo, extraer los mayores beneficios tanto a nivel económicos, así como a nivel de seguridad e higiene.

Se determinó que durante la pandemia del COVID-19, el uso de EPP aumentó descontroladamente, por lo que las diferentes investigaciones coincidieron en la necesidad de repensar y rediseñar los plásticos utilizados en la producción de protectores fáciles, pues originalmente eran empleados solo en el sector industrial, al punto de buscar soluciones ecológicas en donde el costo es un tema aún pendiente.

- Se concluyó que de manera general los estudios analizados proponen la necesidad de implementar una mejora de los flujos de reciclaje sobre todo de los desechos sólidos, con el objetivo de garantizar un final de vida útil adecuado para los EPP empleados durante la pandemia, además de producir alternativas reutilizables para esta clase de elementos.
- Se establecieron los impactos ambientales generados por los residuos de los equipos de protección industrial postpandemia a través de la revisión sistemática de distintas investigaciones, en donde se hace evidente la necesidad de una mayor

conciencia pública y la generación de soluciones sostenibles en el manejo de residuos sólidos tanto a nivel local, como nacional y mundial.

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

Adam, I., Walker, T. R., Bezerra, J. C., & Clayton, A. (2020). Políticas to reduce single-use plastic marine pollution in West Africa. *Marine Policy*, 116, 103928. doi:10.1016/j.marpol.2020.103928.

Ajith, N., Arumugam, S., Parthasarathy, S., Manupoori, S., & Janakiraman, S. (2020). Global distribution of microplastics and its impact on marine environment—a review. *Environmental Science and Pollution Research*, 27(21), 25970–25986. doi:10.1007/s11356-020-09015-5.

Basadre Centurión, Rodrigo Alonso. (2021). *Nivel de conocimiento y generación de residuos sólidos por el uso de equipos de protección personal en pandemia COVID 19 en dos mercados de la ciudad de Tacna 2021* [Tesis de pregrado, Universidad Privada de Tacna, Tacna, Perú]. <https://repositorio.upt.edu.pe/handle/20.500.12969/2216>.

Celis, J. E., Espejo, W., Paredes-Osses, E., Contreras, S. A., Chiang, G., & Bahamonde, P. (2021). Plastic residues produced with confirmatory testing for COVID-19: Classification, quantification, fate, and impacts on human health. *Science of The Total Environment*, 760, 144167. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.144167>

Czigany, T. & Ronkay, F. (2020). El coronavirus y los plásticos. *Cartas de polímeros expés*, 14 (6), 510–511. doi:10.3144/expresspolymlett.202

Franchini, M., & Mauad, A. C. E. (2022). La gobernanza ambiental global tras el acuerdo de París y los ODS: crisis ambiental, pandemia y conflicto

geopolítico. *Desafíos*, 34(1). <https://doi.org/10.12804/revistas.urosario.edu.co/desafios/a.11880>.

Hernández, Y. (2020). Cambio climático: causas y consecuencias. *Renovat: Revista de Estudios Interdisciplinarios en Ciencias Sociales, Tecnología e Innovación*, 4(1), 38–53. <https://revistas.sena.edu.co/index.php/rnt/article/view/3517>

Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica. (2024). Programa ‘PNGIDS’ Ecuador –<https://www.ambiente.gob.ec/programa-pngids-ecuador/>

Neto, H. G., Bantel, C. G., Browning, J., Della Fina, N., Ballabio, T. A., De Santana, F. T., De Karam E Britto, M., & Barbosa, C. B. (2021). Mortality of a juvenile magellanic penguin (*Spheniscus magellanicus*, Spheniscidae) associated with the ingestion of a PFF-2 protective mask during the COVID-19 pandemic. *Marine Pollution Bulletin*, 166, 112232. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2021.112232>

Noticias ONU. (2022, febrero 04). *Los desechos médicos generados por la respuesta contra el COVID-19 se han convertido en una amenaza a la salud y el medio ambiente*. <https://news.un.org/es/story/2022/02/1503322>

Peng, Y., Wu, P., Schartup, A. T., & Zhang, Y. (2021). Plastic waste release caused by COVID-19 and its fate in the global Ocean. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 118(47). <https://doi.org/10.1073/pnas.2111530118>

Prata, J. C., Patrício Silva, A. L., Walker, T. R., Duarte, A. C., & Rocha Santos, T. (2020). COVID-19 pandemic repercussions on the use and management of plastics. *Environmental Science & Technology*. doi:10.1021/acs.est.0c02178

Rakib, R. J., De-La-Torre, G. E., Pizarro-Ortega, C. I., Dioses-Salinas, D. C., & Al-Nahian, S. (2021). Personal protective equipment (PPE) pollution driven by the COVID-19 pandemic in Cox’s Bazar, the longest natural beach in the world. *Marine Pollution Bulletin*, 169, 112497. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2021.112497>

Rhee, S.-W. (2020). Management of used personal protective equipment and wastes related to COVID-19 in South Korea. *Waste Management & Research*. doi:10.1177/0734242x20933343.

Rodríguez, L. & Vera, V. (2022). Repercusión en las costas marinas asociada al uso de equipo de protección personal y micro plásticos durante la pandemia COVID 19: revisión. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/91964>

Ronja Schiffer. (2022, marzo 25). Una pandemia de desechos: ¿cómo enfrentar el otro efecto del Covid-19? | Nueva Sociedad | Democracia y política en América Latina. <https://nuso.org/articulo/desechos-pandemia-contaminacion/>

Sánchez-Gutiérrez, Fredd. (2021). Retos post pandemia en la gestión de residuos sólidos. *CienciAmérica*, 10(1), 11-23. <https://doi.org/10.33210/ca.v10i1.354>

Secretaría de Gestión de Riesgos. (2024). Protocolos y manuales. <https://www.gestionderiesgos.gob.ec/protocolos-y-manuales/>

Severo, E.A., Ferro De Guimarães, J. L., Outtes, L. S., Barbosa, M. M., & Chiappetta C. J. (2023). Influence of the COVID-19 pandemic on the use of social media on awareness' socio-environmental and sustainable consumption: Consolidating lessons from the pandemic, *Environmental Development*, Volume 46, 100865, ISSN 2211-4645, <https://doi.org/10.1016/j.envdev.2023.100865>.

Silva, A. L., Prata, J. C., Walker, T. R., Campos, D., Duarte, A. C., Soares, A. M. V. M., & Rocha-Santos, T. (2020). Rethinking and optimizing plastic waste management under COVID-19 pandemic: Policy solutions based on redesign and reduction of single-use plastics and personal protective equipment. *Science of The Total Environment*, 140565. Volume 742, 140565, ISSN 0048-9697, <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.140565>.

Wu, P., Xu, R., Wang, X., Schartup, A. T., Luijendijk, A., & Zhang, Y. (2021). Transport and fate of All-Time released plastics in the global ocean. *EarthArXiv* (California Digital Library). <https://doi.org/10.31223/x50w58>

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

