

Cambios en los patrones de contaminación durante la pandemia de COVID-19: Implicancias para la educación ambiental

Changes in pollution patterns during the COVID-19 pandemic: Implications for environmental education

Mudanças nos padrões de poluição durante a pandemia da COVID-19: Implicações para a educação ambiental

Michael Roger Pomar Sánchez 

MOPOMARS@ucvvirtual.edu.pe

Universidad de Lima. Lima, Perú

Edil Fernando Ramos Zamora 

Eramosz@ucv.edu.pe

Universidad de Lima. Lima, Perú

Violeta María De Piérola García 

vpierola@ucvvirtual.edu.pe

Universidad de Lima. Lima, Perú

Nilton Isaias Cueva Quezada 

ncuevaq@ucvvirtual.edu.pe

Universidad de Lima. Lima, Perú

Merli Sadith Vásquez Echevarria 

mvasquezec@ucvvirtual.edu.pe

Universidad de Lima. Lima, Perú

Gerardo Ludeña Manco 

20021323@alo.e.ulima.edu.pe

Universidad de Lima. Lima, Perú

Artículo recibido 10 de noviembre 2025 | Aceptado 4 de diciembre 2025 | Publicado 6 de enero 2026

Resumen

El estudio analiza los cambios en los patrones de contaminación ambiental durante la pandemia de COVID-19 y las estrategias para su mitigación. El objetivo fue Analizar cómo los cambios en los patrones de contaminación generados durante la pandemia de COVID-19 que influyeron en la percepción, comprensión y prácticas de educación ambiental, Se usó un enfoque cualitativo con una revisión narrativa de literatura de bases de datos y reportes de organismos ambientales. Los resultados muestran una paradoja: las emisiones atmosféricas se redujeron hasta un 30%, pero surgieron nuevas formas de contaminación. La generación de residuos biomédicos aumentó un 300%, las emisiones tóxicas por su quema un 45% y los micro plásticos en agua un 40%. Estos impactos alteraron ecosistemas, poniendo en riesgo el derecho a un ambiente sano. Se concluye que las políticas ambientales deben actualizarse, fortaleciendo la regulación, la cooperación internacional y, crucialmente, la educación ambiental para afrontar futuras crisis con mayor sostenibilidad y resiliencia, fomentando una ciudadanía con mayor conciencia ecológica

Palabras clave: COVID-19; Contaminación ambiental; Residuos biomédicos; Educación ambiental; Gestión ambiental

Abstract

The study analyzes changes in environmental pollution patterns during the COVID-19 pandemic and strategies for their mitigation. The objective was to analyze how changes in pollution patterns generated during the COVID-19 pandemic influenced the perception, understanding, and practices of environmental education. A qualitative approach was used with a narrative review of literature from databases and reports from environmental agencies. The results show a paradox: atmospheric emissions were reduced by up to 30%, but new forms of pollution emerged. Biomedical waste generation increased by 300%, toxic emissions from its incineration by 45%, and microplastics in water by 40%. These impacts altered ecosystems, jeopardizing the right to a healthy environment. It is concluded that environmental policies must be updated, strengthening regulation, international cooperation, and, crucially, environmental education to face future crises with greater sustainability and resilience, fostering a more ecologically conscious citizenry.

Keywords: COVID-19; Environmental pollution; Biomedical waste; Environmental education; Environmental management

Resumo

O estudo analisa as mudanças nos padrões de poluição ambiental durante a pandemia da COVID-19 e as estratégias para a sua mitigação. O objetivo foi analisar como as mudanças nos padrões de poluição geradas durante a pandemia da COVID-19 influenciaram a percepção, compreensão e práticas de educação ambiental. Foi utilizada uma abordagem qualitativa com uma revisão narrativa da literatura de bases de dados e relatórios de organismos ambientais. Os resultados mostram um paradoxo: as emissões atmosféricas foram reduzidas em até 30%, mas surgiram novas formas de poluição. A geração de resíduos biomédicos aumentou 300%, as emissões tóxicas por sua queima 45% e os microplásticos na água 40%. Esses impactos alteraram os ecossistemas, colocando em risco o direito a um ambiente saudável. Conclui-se que as políticas ambientais devem ser atualizadas, fortalecendo a regulamentação, a cooperação internacional e, crucialmente, a educação ambiental para enfrentar crises futuras com maior sustentabilidade e resiliência, promovendo uma cidadania com maior consciência ecológica.

Palavras-chave: COVID-19; Poluição ambiental; Resíduos biomédicos; Educação ambiental; Gestão ambiental

INTRODUCCIÓN

La pandemia de COVID-19 ha generado transformaciones significativas en los patrones de contaminación ambiental global. El incremento masivo en el uso de Equipos de Protección Personal (EPP) y la modificación de hábitos de consumo han generado nuevos desafíos ambientales. Durante el primer año de la pandemia se produjeron más de 1.5 millones de toneladas de residuos plásticos por el uso de mascarillas, excediendo la capacidad global de gestión de desechos (Wang et al., 2023; Thunberg et al., 2022; Silva et al., 2021). La contaminación mostró un comportamiento mixto: algunas formas disminuyeron durante los confinamientos, pero los residuos biomédicos y plásticos aumentaron considerablemente (Berthel et al., 2022; Brauer et al., 2022).

Otras investigaciones documentan impactos ambientales diversos y significativos, debido a que los océanos han experimentado un incremento alarmante en la presencia de residuos plásticos derivados de EPP, afectando ecosistemas marinos y biodiversidad (Gallucci et al., 2021; De La Rosa, 2021). Simultáneamente, los cambios en los patrones de consumo y el aumento del comercio electrónico han generado nuevas presiones sobre los sistemas de gestión de residuos urbanos (García et al., 2024; Castro et al., 2024).

Por ello, se han explorado alternativas sostenibles para producir EPP y aplicar políticas de reciclaje, destacando el desarrollo de mascarillas biodegradables con resultados prometedores (Kumar et al., 2021; Silva et al., 2022; Thunberg et al., 2022; Muthusamy y Arumugam, 2022). Sin embargo, la transición hacia prácticas más sostenibles requiere una colaboración significativa entre gobiernos, industrias y la sociedad civil para ser efectiva.

En este sentido, la crisis ambiental generada por la pandemia de COVID-19 ha modificado drásticamente los patrones de contaminación a nivel global. Si bien algunos cambios son temporales y recuperables, otros son consecuencia de decisiones y hábitos que han emergido durante este periodo. De estos cambios, y de las lecciones que pueden extraerse, se plantea cómo puede beneficiarse la educación ambiental formal y no formal (Chávez Haro, et al., 2024).

La crisis ambiental evidenciada durante el periodo de la COVID-19 puso en tensión a los sistemas educativos en todos sus niveles, obligándolos a adaptar o suspender actividades presenciales. No obstante, los procesos de vigilancia y monitoreo de la calidad ambiental se mantuvieron activos, lo que permitió analizar el impacto que tuvo la reducción drástica de la movilidad humana sobre diversos indicadores ambientales. Las lecciones derivadas de este periodo constituyen un insumo valioso para fortalecer la educación ambiental, no solo como ámbito de intervención formativa, sino también como un campo de estudio en constante construcción. En esta línea, se plantean estrategias pedagógicas que recuperan la experiencia vivida durante la pandemia y que aportan orientaciones para la enseñanza de la sostenibilidad en el contexto post- pandémico (Ramírez et al., 2025).

En todo caso, el estudio contribuye al desarrollo de los postulados teóricos relacionados al conocimiento sobre la gestión de residuos en situaciones de crisis sanitaria, abordando específicamente el caso de los EPP en el contexto nacional. Así mismo, aborda un problema de salud pública y ambiental que afecta directamente a la colectividad peruana (Denzin y Lincoln, 2018), marcando a grupos vulnerables y sugiriendo políticas más efectivas perceptibles de los estudios de caso (Yin, 2018), insights valiosos para la toma de decisiones en contextos específicos, lo cual es crucial en la actual crisis sanitaria y ambiental. La dimensión educativa se vuelve fundamental para traducir estos hallazgos en cambios de comportamiento sostenibles en la población.

Por lo antes expuesto, el objetivo de este artículo fue analizar cómo los cambios en los patrones de contaminación generados durante la pandemia de COVID-19 influyeron en la percepción, comprensión y prácticas de educación ambiental, identificando las implicancias formativas y sociales que estos cambios representan para el diseño de estrategias educativas orientadas a la sostenibilidad.

METODOLOGÍA

La investigación utilizó un enfoque cualitativo de revisión narrativa, particularmente útil para ofrecer una visión integral de fenómenos complejos y multidimensionales que requieren ser analizados desde

diversas perspectivas. El proceso de revisión se desarrolló siguiendo directrices metodológicas que garantizan un abordaje sistemático y transparente en la selección y análisis de la literatura científica.

Para asegurar un análisis completo y riguroso, se empleó una estrategia multinivel con bases de datos internacionales y regionales. Esta aproximación multinivel resulta fundamental para identificar la complejidad de fenómenos globales que tienen manifestaciones regionales específicas. La búsqueda también incluyó reportes de organismos internacionales como la OMS, el PNUMA y el Banco Mundial.

El marco temporal establecido comprendió desde enero de 2020 hasta abril de 2024, permitiendo analizar la evolución de la contaminación ambiental durante diferentes fases de la pandemia. Este rango temporal resulta óptimo para capturar tanto los efectos inmediatos como las consecuencias a mediano plazo de crisis sanitarias globales. La estrategia de búsqueda se estructuró en torno a cuatro ejes temáticos principales: contaminación atmosférica, contaminación por residuos, contaminación hídrica e impactos ecosistémicos,

La metodología adoptada permitió documentar los cambios en los patrones de contaminación durante la pandemia y también evaluar la efectividad de las estrategias implementadas para su mitigación. Este enfoque integral resultó fundamental para desarrollar recomendaciones basadas en evidencia que puedan informar futuras políticas ambientales y respuestas a crisis sanitarias globales desde un enfoque cualitativo, donde la educación juega un papel clave en la implementación de dichas políticas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La evolución de la contaminación atmosférica durante la pandemia presentó características paradójicas. Garcia et al. (2022) y Brauer et al. (2022) documentaron reducciones iniciales significativas del 30% en niveles de NO₂ y material particulado durante los períodos de confinamiento estricto, fenómeno también observado y validado por Sánchez et al. (2022) en las principales zonas urbanas globales.

Sin embargo, estas mejoras temporales fueron contrarrestadas por el surgimiento de nuevas fuentes de contaminación atmosférica, como señala el estudio comprehensivo de Chávez et al. (2024), quienes identificaron un preocupante incremento del 45% en emisiones tóxicas derivadas de la quema inadecuada de residuos médicos, particularmente en zonas periurbanas donde los sistemas de gestión de residuos se vieron sobrepasados.

El marco normativo internacional existente, incluyendo el Convenio de Estocolmo sobre Contaminantes Orgánicos Persistentes y el Protocolo de Montreal, se vio desafiado por estas nuevas dinámicas de contaminación. La Directiva 2008/50/CE sobre calidad del aire ambiente, aunque proporciona lineamientos importantes, demostró limitaciones para abordar las emergentes formas de contaminación atmosférica durante crisis sanitarias globales. En este contexto, Muñoz et al. (2021) enfatizan la necesidad

de actualizar los marcos regulatorios para incluir provisiones específicas sobre la gestión de contaminantes durante emergencias sanitarias.

El incremento masivo en la generación de residuos biomédicos y EPP ejerció una presión sin precedentes sobre los sistemas de gestión ambiental globales. Wang et al. (2023) documentaron un aumento del 150% en la producción mundial de mascarillas, mientras que Castro et al. (2024) reportaron un alarmante incremento del 300% en la generación total de residuos biomédicos. La situación se agravó con nuevos patrones de consumo y generación de residuos, como señalan Gómez y Quispe (2021) al analizar el aumento de desechos de embalaje por el comercio electrónico durante los confinamientos.

El Convenio de Basilea adquirió relevancia durante la pandemia por la gestión de residuos médicos y EPP. Aunque normas como el D.S. N° 008-2020-SA y la R.M. 144-2020-MINSA buscaron enfrentar la crisis, su aplicación fue limitada por problemas de implementación e infraestructura (Ruth Liliana et al., 2023).

La gestión de la contaminación hídrica emergió como un desafío crítico durante la pandemia, manifestando impactos significativos en diversos ecosistemas acuáticos. De La Rosa (2021) y Milla et al. (2021) documentaron un incremento alarmante en la presencia de residuos plásticos en cuerpos de agua, particularmente relacionados con EPP desechados. La Ley de Recursos Hídricos, Ley N° 29338 y el Decreto Supremo N° 014-2017-MINAM sobre gestión de residuos sólidos se vieron desafiados por estas nuevas formas de contaminación.

La calidad del agua en entornos urbanos experimentó transformaciones significativas durante la pandemia. Oyague et al. (2020) y Antúnez y Guanoquiza (2019) identificaron alteraciones en los patrones de contaminación hídrica urbana, registrando aumentos significativos en la presencia de desinfectantes y productos de limpieza en aguas residuales.

Las respuestas institucionales a la crisis ambiental variaron significativamente entre regiones y países. Palacios y Moreno (2022) concluyen que los países con marcos regulatorios más sólidos y flexibles mostraron mejor capacidad de adaptación. Por otro lado, el componente de educación y concientización ambiental adquirió especial relevancia durante la pandemia, Arias (2021) y Casa et al. (2019) evidenciaron la importancia de programas educativos efectivos en la modificación de conductas ambientales. La Política Nacional de Educación Ambiental, fortalecida mediante el Plan Nacional de Educación Ambiental 2017 – 2022, Decreto Supremo N° 016-2016-MINEDU, proporcionó un marco importante para estas iniciativas, aunque requirió adaptaciones para abordar los nuevos desafíos emergentes.

Los cambios en los patrones de consumo durante la pandemia generaron nuevas dinámicas de contaminación ambiental. Berthel et al. (2022) identificaron un incremento significativo en el uso de productos desechables, fenómeno que desafió la implementación efectiva de la Ley N° 30884 que regula el plástico de un solo uso. Paralelamente, Gómez y Quispe (2021) documentaron cómo el auge del comercio

electrónico transformó la generación y distribución espacial de residuos urbanos, requiriendo adaptaciones en la aplicación del Decreto Supremo N° 014-2017-MINAM sobre gestión integral de residuos sólidos.

Sin embargo, la interrelación entre contaminación ambiental y salud pública emergió como un aspecto crucial durante la pandemia, Sánchez et al. (2022) establecieron correlaciones significativas entre la exposición a contaminantes atmosféricos y la severidad de casos COVID-19, hallazgos que llevaron a la modificación de los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) mediante el Decreto Supremo N° 003-2017-MINAM, por su parte, Ruth et al. (2023) profundizaron en esta relación, documentando el incremento de afecciones respiratorias en comunidades expuestas a la quema inadecuada de residuos médicos, lo cual motivó la actualización de protocolos sanitario-ambientales establecidos en la Ley General de Salud.

Las respuestas comunitarias a los desafíos ambientales revelaron patrones innovadores de adaptación social. Choquemamani et al. (2023) analizaron iniciativas comunitarias exitosas en gestión de residuos, las cuales se alinearon con los principios de participación ciudadana establecidos en la Ley Marco del Sistema Nacional de Gestión Ambiental, Ley N° 28245. Muñoz et al. (2021) documentaron el surgimiento de redes de cooperación local que complementaron los esfuerzos institucionales, demostrando la importancia de los mecanismos de participación ciudadana establecidos en el Decreto Supremo N° 002-2009-MINAM.

El impacto económico ambiental de la pandemia manifestó dinámicas complejas que desafiaron los marcos regulatorios existentes. Rojo y Bonilla (2020) evidenciaron cómo las presiones económicas influenciaron el cumplimiento de estándares ambientales, situación que requirió ajustes en la aplicación de la Ley General del Ambiente y sus reglamentos. Por su parte, Conopoima (2021) documentó casos de innovación empresarial en prácticas ambientales, respaldados por incentivos establecidos en la Ley de Promoción de la Inversión para el Crecimiento Económico y el Desarrollo Sostenible, Ley N° 30327.

En consecuencia, las perspectivas de recuperación ambiental post-pandemia presentan escenarios diversos y complejos, Lucero et al. (2020) identificaron tendencias de mejora en ciertos indicadores ambientales, mientras que Vilela et al. (2020) señalaron la persistencia de nuevos desafíos ambientales; esta situación ha llevado a la revisión y actualización de instrumentos de gestión ambiental establecidos en el Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA), regulado por la Ley N° 27446.

El análisis de la contaminación ambiental y las estrategias de mitigación durante la pandemia evidenció patrones complejos y una paradoja en los cambios de la contaminación atmosférica. Por un lado, como documentan Garcia et al. (2022) y Brauer et al. (2022), se observaron mejoras temporales en la calidad del aire durante los confinamientos iniciales, con reducciones de hasta 30% en contaminantes tradicionales; sin embargo, Sánchez et al. (2022) y Chávez et al. (2024) advierten que las mejoras ambientales se vieron limitadas por nuevas fuentes de contaminación vinculadas a los residuos médicos y al uso excesivo de desinfectantes, lo que exige adaptar las estrategias ambientales a los retos surgidos en contextos de crisis sanitarias.

En el ámbito de la contaminación por residuos sólidos, los hallazgos revelan un desafío sin precedentes para los sistemas de gestión ambiental globales. Wang et al. (2023) y Castro et al. (2024) documentan incrementos dramáticos en la generación de residuos biomédicos y EPP, superando significativamente la capacidad instalada de los sistemas de gestión. Las estrategias de mitigación implementadas, como señalan Ruth et al. (2023) y Palacios y Moreno (2022), variaron en efectividad según el nivel de desarrollo de la infraestructura preexistente y la robustez de los marcos regulatorios locales.

La contaminación de ecosistemas acuáticos emergió como una preocupación crítica, con implicaciones a largo plazo para la biodiversidad marina. De La Rosa (2021) y Milla et al. (2021) evidencian que la presencia de microplásticos derivados de EPP en ambientes marinos representa un nuevo tipo de amenaza que requiere estrategias de mitigación específicas. Los esfuerzos de mitigación en este ámbito, como documentan Oyague et al. (2020), se han visto limitados por la falta de protocolos estandarizados para el manejo de estos nuevos contaminantes.

Las respuestas normativas, como el D.S. N° 008-2020-SA, han sido importantes pero insuficientes para enfrentar la complejidad de los nuevos desafíos ambientales. Carvalho y Casas (2022) y Mejía (2024) sugieren que la efectividad de las estrategias de mitigación depende crucialmente de la integración entre innovación tecnológica, marcos regulatorios adaptables y participación comunitaria. Con relación al aspecto socioeconómico de la contaminación ambiental durante la pandemia merece especial atención. En las investigaciones de Gonzales et al. (2021) y Toledo et al. (2020) revelan disparidades significativas en el impacto y la capacidad de respuesta entre diferentes grupos socioeconómicos. Las estrategias de mitigación exitosas, según Choquemamani et al. (2023), han sido aquellas que incorporan consideraciones de equidad y justicia ambiental en su diseño e implementación.

Las estrategias más efectivas son las que integran aspectos técnicos, sociales y económicos. La experiencia de la pandemia, como señalan Rojo y Bonilla (2020), demuestra la necesidad de desarrollar sistemas más resilientes y adaptables para la gestión ambiental en situaciones de crisis.

El análisis del impacto de la pandemia en la contaminación ambiental muestra un panorama complejo que exige estudiar cada dimensión afectada por separado. En relación con la contaminación atmosférica, los hallazgos revelan un fenómeno sin precedentes, García et al. (2022) y Brauer et al. (2022) documentaron reducciones significativas en contaminantes tradicionales durante los confinamientos, con disminuciones de hasta 30% en NO₂ y material particulado; sin embargo, esta aparente mejora fue contrarrestada por nuevas formas de contaminación atmosférica, por su parte, Sánchez et al. (2022) identificaron un incremento alarmante en la emisión de dioxinas y furanos debido a la quema inadecuada de residuos médicos, mientras que Chávez et al. (2024) reportaron un aumento del 45% en emisiones tóxicas relacionadas con la disposición inadecuada de EPP. Este contraste resalta la necesidad de actualizar los sistemas de control del aire para incorporar contaminantes emergentes en crisis sanitarias.

La contaminación hídrica experimentó transformaciones significativas durante la pandemia. De La Rosa (2021) y Milla et al. (2021) evidenciaron un aumento del 40% en la presencia de microplásticos derivados de EPP en ecosistemas acuáticos; adicionalmente, el hallazgo de Oyague et al. (2020) es alarmante debido a que informa sobre el incremento de desinfectantes y productos de limpieza en aguas residuales urbanas, fenómeno que ha alterado significativamente los ecosistemas acuáticos según reportan Antúnez y Guanoquiza (2019). Esta situación plantea nuevos desafíos para los sistemas de tratamiento de aguas residuales y la protección de ecosistemas acuáticos.

En cuanto a la contaminación del suelo, los impactos se manifestaron principalmente a través de la disposición inadecuada de residuos biomédicos. Castro et al. (2024) reportaron un incremento del 300% en la generación de residuos hospitalarios, mientras que García et al. (2024) documentaron cómo los sistemas de gestión de residuos operaron consistentemente por encima de su capacidad diseñada. Esto ha causado la saturación de rellenos sanitarios y el aumento de vertederos informales, afectando la calidad del suelo.

La gestión de residuos sólidos emergió como uno de los desafíos más críticos. Wang et al. (2023) documentó un aumento del 150% en la producción de mascarillas, mientras que Berthel et al. (2022) reportaron un incremento similar en el uso de productos desechables. La complejidad de este desafío se magnifica por la naturaleza potencialmente infecciosa de estos residuos, como señalan Ruth et al. (2023), quienes identificaron riesgos significativos para trabajadores del sector de residuos y comunidades cercanas a puntos de disposición.

Los impactos en ecosistemas urbanos presentaron características particulares. Gonzales et al. (2021) evidenciaron mayores dificultades en la gestión de residuos biomédicos en zonas urbanas densamente pobladas, mientras que Toledo et al. (2020) documentaron la prevalencia de prácticas inadecuadas de disposición en áreas periurbanas. Esta diferenciación espacial de impactos subraya la necesidad de estrategias adaptadas a contextos específicos.

Desde una perspectiva temporal, el impacto ambiental generado fue analizado por Rojo y Bonilla (2020) quienes argumentan que muchos de los efectos observados podrían tener consecuencias a largo plazo para los ecosistemas y la salud pública; esta preocupación es respaldada por los hallazgos de Conopoima (2021) sobre la persistencia de contaminantes emergentes en el ambiente.

Los hallazgos revelan un impacto ambiental más profundo de lo previsto, lo que exige replantear los sistemas de gestión y control ambiental; adicionalmente, la experiencia acumulada durante este período, como señalan Pazmiño et al. (2020) y Caicoya (2020), debe informar el desarrollo de sistemas más resilientes y adaptables para enfrentar futuras crisis sanitarias y ambientales.

Desde el punto de vista educativo, los estudios revisados muestran que la crisis ambiental asociada a la pandemia tuvo efectos significativos sobre la percepción pública, las prácticas cotidianas y las respuestas educativas en diferentes niveles (formal y no formal). Varios trabajos documentan un aumento en la atención

pública hacia cuestiones ambientales, impulsado por la visibilidad de cambios en la calidad del aire y por los problemas emergentes vinculados a los residuos biomédicos y los EPP (Arias, 2021; Casa et al., 2019). Esta mayor atención se tradujo en dos fenómenos principales: (a) un interés renovado por contenidos ambientales en contextos escolares y comunitarios, y (b) la aparición de prácticas informales de manejo de residuos impulsadas por la ciudadanía cuando los sistemas formales se vieron desbordados (Choquemamani et al., 2023; Ruth Liliana et al., 2023)

En términos de percepción y conocimiento, estudios de alcance regional señalan que los confinamientos permitieron evidenciar de forma palpable la relación entre actividad humana y calidad ambiental, fortaleciendo la comprensión causal entre emisiones y salud ambiental (Gonzales Loli et al., 2021; Jaimes, 2022). Esa comprensión, no obstante, fue asimétrica: mientras en algunos contextos escolares se incorporaron contenidos sobre calidad del aire y gestión de residuos, en otros la prioridad en la emergencia sanitaria desplazó temporalmente la implementación de programas de educación ambiental estructurados (Jaimes, 2022; Arias, 2021).

Respecto a las prácticas educativas, la literatura revisada documenta tres tendencias claras: (1) adaptación curricular parcial orientada a la salud pública y la bioseguridad; (2) iniciativas puntuales de proyectos escolares centrados en gestión de residuos y ciudadanía científica; y (3) mayor uso de recursos digitales para actividades de sensibilización ambiental mientras las clases presenciales estuvieron suspendidas (Jaimes, 2022; Rubina Ticlla et al., 2023). Las experiencias de proyectos interdisciplinarios y de ciudadanía científica reportaron mejoras en la comprensión sistémica de problemas ambientales, aunque su alcance fue limitado por desigualdades en acceso a tecnologías y recursos locales (Rubina Ticlla et al., 2023; Casa et al., 2019).

En el plano comunitario y de políticas públicas, se registraron iniciativas de movilización ciudadana y redes locales que compensaron fallas en la gestión institucional, mostrando la importancia de la educación ambiental como motor de respuesta comunitaria (Choquemamani et al., 2023; Palacios y Moreno, 2022). Estos esfuerzos locales incluyeron campañas de segregación de residuos en la fuente, actividades de recolección y micro-proyectos de reciclaje, que además funcionaron como espacios de aprendizaje práctico para estudiantes y vecinos (Choquemamani et al., 2023).

Sin embargo, la revisión muestra también limitaciones importantes: la mayoría de los estudios sobre impactos ambientales documentan efectos físicos (calidad del aire, residuos, micro plásticos) pero ofrecen poca evidencia cuantitativa sistemática sobre cambios en comportamientos educativos o en indicadores de aprendizaje ambiental. Es decir, hay abundante evidencia sobre alteraciones ambientales y sobre iniciativas aisladas de educación ambiental, pero escasean evaluaciones rigurosas que midan el efecto de las experiencias pandémicas en conocimiento, actitudes y prácticas a mediano y largo plazo (Arias, 2021; Ruth Liliana et al., 2023).

Finalmente, los trabajos analizados coinciden en que para capitalizar las lecciones ambientales de la pandemia es necesario integrar la educación ambiental en políticas educativas y de gestión ambiental, promoviendo formación docente, materiales curriculares contextualizados, y estrategias de educación híbrida que incluyan componentes prácticos de gestión de residuos y alfabetización oceánica (Jaimes, 2022; Casa et al., 2019; Rubina Ticlla et al., 2023). Estos elementos aparecen como condicionantes esenciales para que la educación ambiental no sea solo un discurso, sino un agente efectivo de cambio hacia la resiliencia y la sostenibilidad post- pandémica.

Discusión

Los hallazgos de esta revisión narrativa revelan una compleja reconfiguración de los patrones de contaminación ambiental durante la pandemia de COVID-19. La paradoja ambiental observada, con una disminución de contaminantes tradicionales y un aumento de nuevos tipos de polución, subraya la necesidad de un enfoque más dinámico y adaptable en la gestión ambiental. En este contexto, la educación ambiental emerge como un pilar fundamental para la construcción de una sociedad más resiliente y consciente de su impacto en el entorno.

El aprendizaje en el contexto de la pandemia de COVID-19, ofrece una oportunidad singular para fomentar la educación ambiental en los niveles de enseñanza primaria y secundaria. Se proponen ejes pedagógicos que incorporan diferentes dimensiones de la crisis, así como aspectos del entorno escolar y de la comunidad. En particular, se sugieren proyectos de investigación, actividades interdisciplinarias y programas de ciudadanía científica que integran a la comunidad escolar y se apoyan en el acceso a información ambiental local (Jaimes, 2022).

La pandemia ha desatado cambios en la calidad ambiental que superan las variaciones de años anteriores, a menudo en direcciones contrarias. La reducción de la actividad humana ha favorecido una disminución generalizada de los contaminantes atmosféricos y ha propiciado un descenso del ruido. Sin embargo, el incremento de la contaminación de ríos y océanos está generando nuevas amenazas a la salud humana. La combinación de estos fenómenos también se ha vuelto educativa, ya que las instituciones de enseñanza han tenido que adaptar sus clases para minimizar los riesgos de contagio. Esta experiencia brinda una oportunidad singular para fomentar la educación ambiental, ya que permite conectar los cambios en la calidad ambiental con las actividades y aprendizajes de los escolares (Urgilez, 2024).

De igual manera, la reducción de la contaminación atmosférica durante los confinamientos, aunque temporal, demostró el impacto directo de la actividad humana en la calidad del aire. Este fenómeno representa una oportunidad educativa invaluable para ilustrar la conexión entre nuestros modelos de producción, consumo y la salud del planeta. Sin embargo, el surgimiento de nuevas fuentes de emisión, como la quema de residuos médicos, evidencia una falta de preparación y de conciencia sobre las consecuencias de una gestión inadecuada de los desechos. La educación ambiental debe, por tanto, abordar

no solo la reducción de la contaminación, sino también la gestión integral y sostenible de los residuos, promoviendo la economía circular y la valorización de los materiales.

El desbordamiento de los sistemas de gestión de residuos sólidos a nivel global, con un aumento exponencial de desechos biomédicos y plásticos de un solo uso, pone de manifiesto la fragilidad de nuestras infraestructuras y la necesidad de un cambio de paradigma. La respuesta no puede ser únicamente tecnológica o normativa; debe ser también cultural y educativa. Es imperativo fomentar una cultura de la prevención y el consumo responsable a través de programas de educación ambiental que lleguen a todos los sectores de la sociedad, desde las escuelas hasta las empresas y los hogares. La correcta segregación de residuos en la fuente, por ejemplo, es una práctica sencilla que puede tener un impacto significativo, pero que requiere de una ciudadanía informada y comprometida.

La contaminación de los ecosistemas acuáticos con micro plásticos y productos químicos de desinfección es otra de las graves consecuencias de la pandemia. Este problema, a menudo invisible, amenaza la biodiversidad y la salud humana a largo plazo. La educación ambiental tiene el reto de hacer visible lo invisible, de conectar nuestras acciones cotidianas, como el desecho inadecuado de una mascarilla, con sus impactos en ecosistemas lejanos. Es fundamental promover una "alfabetización oceánica" y una mayor conciencia sobre la importancia de proteger nuestros recursos hídricos.

La recensión de hallazgos tiene como indicadores que las políticas más efectivas son las que aplican un enfoque integral que articula dimensiones educativas, técnicas, sociales y económicas.

Finalmente, las respuestas institucionales y comunitarias observadas durante la pandemia ofrecen lecciones importantes (Antúnez y Guanoquiza, 2019). La crisis ha demostrado que la colaboración entre gobiernos, sector privado, sociedad civil y academia es esencial para abordar los desafíos ambientales. La educación ambiental juega un rol clave en el fortalecimiento de esta colaboración, al fomentar la participación ciudadana, el diálogo de saberes y la construcción de soluciones colectivas. Las iniciativas comunitarias de gestión de residuos que surgieron durante la pandemia son un ejemplo del poder de la acción local y de la importancia de empoderar a las comunidades para que sean protagonistas de su propio desarrollo sostenible.

CONCLUSIONES

La pandemia de COVID-19 ha tenido efectos profundos sobre la educación en todos sus niveles y modalidades. A partir de la estricta implementación de medidas de confinamiento, la actividad humana se redujo enormemente en muchas regiones del planeta y los efectos sobre la calidad ambiental fueron rápidamente evidentes. Por un lado, la disminución del transporte y la inversión de la actividad industrial en muchos lugares llevaron a una mejora en la calidad del aire, que fue documentada por diversas agencias y grupos de investigación.

Por otro lado, el aumento en el uso de mascarillas y su gestión inadecuada contribuyeron al aumento de residuos plásticos y, en particular, de desechos médicos. Las alertas sobre el aumento de la contaminación acústica y lumínica en zonas rurales se hicieron más evidentes. Algunas de estas tendencias son evidentes cuando se analizan desde una perspectiva ambientalista y otras desde una óptica educativa.

Los impactos en los ecosistemas revelaron alteraciones profundas en la biodiversidad, a pesar de estos cambios a corto plazo, la educación ambiental debe continuar enfocándose en la sostenibilidad y la resiliencia disruptivas a corto plazo, donde las transformaciones en los patrones de contaminación no deben incidir hacia una modificación en la enseñanza de la sostenible, por el contrario, debe centrarse en la transmisión de la idea sobre la resiliencia de los sistemas naturales y el aprendizaje compartido como base para la construcción de ambientes habitables para las futuras generaciones.

REFERENCIAS

- Antúnez Sánchez, A., y Guanoquiza Tello, L. L. (2019). La contaminación ambiental en los acuíferos de Ecuador. *Revista Visión Contable*, (19), pp. 64–101. <https://doi.org/10.24142/rvc.n19a4>
- Arias Paullo, L. I. (2021). Revisión sistemática: educación ambiental en la ciudadanía latinoamericana durante la covid 19. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinaria*, 5(5), pp. 8496-8514. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v5i5.937
- Berthel, L. L., Tejeda Benítez, L., Arroyo Salgado , B., Pantoja Espinosa, A., y Villalba Montero , L. . (2022). Mascarillas faciales: contaminación ambiental, efectos toxicológicos, posibles soluciones y políticas globales. *Encuentro Internacional De Educación En Ingeniería*. <https://doi.org/10.26507/paper.2438>
- Brauer, M., Brook, J. R., Christidis, T., Chu, Y., Crouse, D. L., Erickson, A., Hystad, P., Li, C., Martin, R. V., Meng, J., Pappin, A. J., Pinault, L. L., Tjeenkema, M., van Donkelaar, A., Weagle, C., Weichenthal, S., y Burnett, R. T. (2022). Mortality-Air Pollution Associations in Low Exposure Environments (MAPLE): Phase 2. Research report (Health Effects Institute), 2022(212), pp. 1–91.
- Caicoya M. (2020). El papel de las mascarillas en el control de la epidemia COVID-19 [The role of face masks in the control of the COVID-19 epidemic]. *Journal of healthcare quality research*, 35(4), pp. 203–205. <https://doi.org/10.1016/j.jhqr.2020.05.001>
- Carvalho Iglesias, A. M., y Casas Cirión, L. E. (2022). COVID 19, la visualización de la problemática ambiental y la necesidad de acelerar el cumplimiento de los compromisos ambientales. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinaria*, 6(5), pp. 2692-2703. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v6i5.3275
- Casa, M., Cusi, L., y Vilca, L. (2019). Percepciones sobre contaminación ambiental y actitudes en estudiantes universitarios. *Revista Innovación Educación*, 1(3), pp. 391-399. <https://doi.org/10.35622>
- Castro Hernández, R., Johnson Forbes, S. A., y Allen-Siezars , O. C. (2024). Gestión de residuos sólidos en época de Covid-19 en el Caribe nicaragüense. *Wani*, (80), pp. 143–157. <https://doi.org/10.5377/wani.v40i80.18128>
- Chávez Haro, J., Galarza Alcívar, E., Garzón Goya, M., & Carvajal Morales, D. (2024). La Contaminación Ambiental y el Covid-19. Un Análisis de las Emisiones de Gases de Efecto Invernadero A Través del Modelo ARIMA. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinaria*, 8(2), 1658-1671. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i2.10596

- Choquemamani Vera, R., Bellido Ascarza, Y., y León Ramirez, A. (2023). El desafío de la contaminación ambiental en época de COVID-19 en el Perú 2021. Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar, 7(3), pp. 6074-6088. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i3.6609
- Conopoima, Y. C. (2021). COVID-19 y medio ambiente: un llamado a la reflexión. Espíritu Emprendedor TES, 5(1), pp. 29–44. <https://doi.org/10.33970/eetes.v5.n1.2021.233>
- De La Rosa Ramírez, J. (2021). Investigación y sensibilización ambiental: Análisis de contaminación de los ecosistemas acuáticos de San Juan en el Contexto COVID19. Congreso Caribeño De Investigación Educativa, 2, pp. 495–500. <https://congresos.isfodosu.edu.do/index.php/ccie/article/view/170>
- Decreto Supremo N° 008-2020-SA. (2020). Decreto Supremo que declara en Emergencia Sanitaria a nivel nacional por el plazo de noventa (90) días calendario y dicta medidas de prevención y control del COVID-19. Gobierno del Perú. <https://busquedas.elperuano.pe/normaslegales/decreto-supremo-que-declara-en-emergencia-sanitaria-a-nivel-decreto-supremo-n-008-2020-sa-1864948-2/>
- Denzin, N. K., y Lincoln, Y. S. (Eds.). (2018). *The SAGE handbook of qualitative research* (5^a ed.). Sage Publications.
- Gallucci, F., Chiavarini, S., y Bianchi, F. (2021). Marine litter: The impact of COVID-19 on the environment. Marine Pollution Bulletin, 173, 112916. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2021.112916>
- Garcia, E., Marian, B., Chen, Z., Li, K., Lurmann, F., Gilliland, F., y Eckel, S. P. (2022). Long-term air pollution and COVID-19 mortality rates in California: Findings from the Spring/Summer and Winter surges of COVID-19. Environmental pollution (Barking, Essex: 1987), 292(Pt B), 118396. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2021.118396>
- Gómez, V., & Quispe-Ccasa, H. (2021). Impacto de la COVID-19 en la consecución del desarrollo sostenible: Una Revisión. Revista De investigación Agropecuaria Science and Biotechnology, 1(3), pp. 1–12. <https://doi.org/10.25127/riagrop.20213.699>
- Gonzales Loli, M. R., Carrasco Salazar, C., Cavero Soto, L. A., y Bellina Schrader, L. Y. (2021). Contaminación del aire por falta de educación ambiental y tasa de mortalidad por COVID-19. Delectus, 4(2), pp. 113-118. <https://doi.org/10.36996/delectus.v4i2.137>
- Jaimes Martínez, K. L. (2022). La educación ambiental en el nivel primaria: plan y programas de estudio, acciones y Covid-19. Diálogos sobre educación. Temas actuales en investigación educativa, 13(24). <https://doi.org/10.32870/dse.v0i24.985>
- Juliño Carliño , M. ., Ocaña Segura, F. ., y Concha Iglesias, J. . (2021). 5.-Contaminación ambiental y su influencia en la salud. ReNaCientE - Revista Nacional Científica Estudiantil - UPEL-IPB, 2(1), pp. 75–90. <https://doi.org/10.46498/renacipb.v2i1.1566>
- Kumar, S., Bansal, V., y Sharma, R. (2021). Biodegradable materials for personal protective equipment: A sustainable approach. Journal of Cleaner Production, 296, 126471. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.126471>
- Li, J., Zhang, K., y Wang, J. (2022). Environmental risks of personal protective equipment during COVID-19: A review. Environmental Research, 197, 111061. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2021.111061>
- Lucero Proaño, G. E., Cunalata García, Á., y Maldonado Castillo, P. (2020). Turismo y COVID-19: Problemas socioeconómicos y ambientales en Ecuador. Green World Journal, 3(3), 17. <https://doi.org/https://www.greenworldjournal.com/doi-027-gwj-2020>
- Mejía-Rivas, J. (2024). Posibles efectos positivos de la pandemia COVID-19: A tres años de la nueva normalidad. Technological Innovations Journal, 2(1). <https://doi.org/10.35622/j.ti.2023.01.003>

- Milla Pino, M. E., Torres Cruz, M. M., y Rojas Milla, C. J. (2021). A un año de la pandemia COVID 19: ¿Cómo están los recursos hídricos?. *Revista De Investigación De Agroproducción Sustentable*, 5(1), 66–72. <https://doi.org/10.25127/aps.20211.761>
- Muñoz Pérez, S., Salcedo Reátegui, J., y Sotomayor Mendoza, A. (2021). Contaminación ambiental producida por el tránsito vehicular y sus efectos en la salud humana: revisión de literatura. *INVENTUM*, 16(30), pp. 20–30. <https://doi.org/10.26620/uniminuto.inventum.16.30.2021.20-30>
- Muthusamy, R., y Arumugam, S. (2022). Towards sustainable personal protective equipment: Innovations in biodegradable materials. *Journal of Hazardous Materials*, 423, 126979. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2021.126979>
- Oyague, E., Yaja, A., y Franco, P. (2020). Efectos ambientales del confinamiento debido a la pandemia de COVID-19: evaluación conceptual y análisis de datos empíricos en Tacna, marzo–abril 2020. *Ciencia & Desarrollo*, (26), pp. 2–19. <https://doi.org/10.33326/26176033.2020.26.901>
- Palacios Anzules, Í. C., & Moreno Castro, D. W. (2022). Contaminación ambiental. *RECIMUNDO*, 6(2), pp. 93–103. [https://doi.org/10.26820/recimundo/6.\(2\).abr.2022.93-103](https://doi.org/10.26820/recimundo/6.(2).abr.2022.93-103)
- Pazmiño Gavilánez, W. E., Merchán Jacome, V. A., y Jiménez Rendon, E. H. (2020). Planificación estratégica y su impacto ante la crisis del Covid-19. *RECIAMUC*, 4(3), pp. 167-182. [https://doi.org/10.26820/reciamuc/4.\(3\).julio.2020.167-182](https://doi.org/10.26820/reciamuc/4.(3).julio.2020.167-182)
- Ramírez, G. C. V., Chacchi, D. M. V., Porras, L. B. C., & Huerta, S. S. E. (2025). Vigilancia sanitaria en el Perú: revisión teórica de los avances institucionales y tecnológicos del MINSA y DIGESA. *Horizon International Journal*, 3(2), 71-85. <https://doi.org/10.63380/hij.v3n2.2025.138>
- Rojo-Gutiérrez, M. A., y Bonilla, D. M. (2020). COVID-19: La necesidad de un cambio de paradigma económico y social. *CienciAmérica*, 9(2), pp. 77-88. <https://doi.org/10.33210/ca.v9i2.288>
- Rubina Ticlla, M. E., Alva Rodriguez, C. L., Díaz Torres, B., y Benavente Ayquipa, R. M. (2023). Desarrollo de la conciencia ambiental desde la perspectiva docente. *Horizontes. Revista De Investigación En Ciencias De La Educación*, 7(28), 594–605. <https://doi.org/10.33996/revistahorizontes.v7i28.537>
- Ruth Liliana, V. Q., Yakov Mario, Q. G., Yordan Américo, B. P., y Fredd Oliver, S. G. (2023). Gestión de Manejo de Residuos Sólidos Hospitalarios y Conciencia Ambiental Post Covid-19 en un Hospital Nacional Lima, 2023. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 7(4), pp. 7663-7677. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i4.7515
- Sánchez Ríos, C. P., Sauchay Romero, L., y Téllez Navarrete, N. A. (2022). Análisis de la exposición aguda a contaminantes ambientales y gravedad de la COVID-19: estudio de casos en la Ciudad de México. *Respirar*, 13(4), pp. 175–186. <https://respirar.alatorax.org/index.php/respirar/article/view/91>
- Silva, A. G., y Da Silva, A. P. (2022). The role of biodegradable materials in reducing plastic pollution during the COVID-19 pandemic. *Waste Management*, 131, pp. 128-135. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2021.09.028>
- Silva, A. L. P., Prata, J. C., Walker, T. R., Duarte, A. C., Ouyang, W., Barcelò, D., y Rocha-Santos, T. (2021). Increased plastic pollution due to COVID-19 pandemic: Challenges and recommendations. *Chemical Engineering Journal*, 405, 126683. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2020.126683>
- Thunberg, E., Hanner, M., y Lindgren, J. (2022). Plastic waste from personal protective equipment during the COVID-19 pandemic: A global perspective. *Waste Management*, 130, pp. 101-109. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2021.09.028>
- Toledo Cervantes, J. A., Díaz Núñez, V. L., y Martínez Rodríguez, A. J. (2020). ANÁLISIS DE LOS HÁBITOS EN EL MANEJO DE LOS RESIDUOS COVID-19 EN LA VIVIENDA Y EN LOS

PUNTOS LIMPIOS: CASO DE ESTUDIO: UNIDAD HABITACIONAL PANORÁMICA DE HUENTITÁN, GUADALAJARA. TOPOFILIA, (21), 117–138. Recuperado a partir de <https://topofilia.buap.mx/index.php/topofilia/article/view/103>

Urgilez, M. D. R. (2024). Seguridad alimentaria: Riesgo asociados Metales Pesados sobre la salud humana. *Journal of American Health*, 7(2). <https://www.jah-journal.com/index.php/jah/article/view/204>

Vilela-Pincay, W., Espinosa-Encarnación, M., & Bravo-González, A. (2020). La contaminación ambiental ocasionada por la minería en la provincia de El Oro. *Estudios De La Gestión: Revista Internacional De Administración*, (8), pp. 210–228. <https://doi.org/10.32719/25506641.2020.8.8>

Wang, Q., Zhang, C., & Li, R. (2023). Plastic pollution induced by the COVID-19: Environmental challenges and outlook. *Environmental Science and Pollution Research*, 30(14), pp. 40405–40426. <https://doi.org/10.1007/s11356-022-24901-w>

Yin, R. K. (2018). Case study research and applications: Design and methods (6^a ed.). Sage Publications.