

Environmental research from a European and Latin American perspective. A literature review.

Jorge Luis Leiva Piedra, Maestro¹, Walter Manuel Hoyos Alayo, Maestro², Zaida Brenilda Chávez Romero, Doctora³ and Marina Fernández Miranda, Doctora⁴

^{1,2,3,4}Universidad Tecnológica del Perú, Perú, jleiva@utp.edu.pe, c23712@utp.edu.pe, zchavez@utp.edu.pe, fernandezm@utp.edu.pe

Abstract– The excessive use of resources, population, industrial, and economic growth have been generating impacts on the environment and concerns at the political level, which is why environmental research emerges as an alternative for the implementation of sustainable policies and strategies that allow the sustainable development and growth of many countries. This study sought to analyze the European and Latin American perspectives on environmental research. A bibliographic review was carried out, identifying, and selecting scientific articles from SCOPUS and Science Direct, from the last six years, about Environmental Sciences, applying filters by keywords and publication title. The analysis showed a growing concern about the effects of massive resource consumption and environmental degradation and a strong interest in the development of science-based strategies to conserve the environment without affecting countries' economic growth and development. Technology gaps were also observed in the food, water, and energy sectors, highlighting their distribution, waste management, and carbon footprint. On the other hand, the generation of new theories allows for the broadening of approaches and their application in environmental policies. It was concluded that there is an evolution in environmental awareness and global perception of its importance, generating the need to seek science-based alternatives that promote eco-sustainable development.

Keywords– Environmental research, perspective, environmental policies, sustainable development, sustainable development goals.

La investigación ambiental desde la perspectiva europea y latinoamericana. Una revisión bibliográfica.

Jorge Luis Leiva Piedra, Maestro¹, Walter Manuel Hoyos Alayo, Maestro², Zaida Brenilda Chávez Romero, Doctora³ and Marina Fernández Miranda, Doctora⁴
^{1,2,3,4}Universidad Tecnológica del Perú, Perú, jleiva@utp.edu.pe, c23712@utp.edu.pe, zchavez@utp.edu.pe, fernandezm@utp.edu.pe

Resumen— *El uso excesivo de recursos, el crecimiento poblacional, industrial y económico, vienen generando impactos sobre el medio ambiente y preocupación a nivel político, por lo que, la investigación ambiental surge como alternativa para la implementación de políticas y estrategias sustentables que permitan el desarrollo y crecimiento sostenible de muchos países. El presente estudio, busco analizar la perspectiva europea y latinoamericana sobre la investigación ambiental. Se desarrolló una revisión bibliográfica, identificándose y seleccionando artículos científicos de SCOPUS y Science Direct, de los últimos seis años, sobre la temática de Ciencias Ambientales, aplicándoles los filtros por palabras clave y título de publicación. El análisis demostró una creciente preocupación por los efectos del consumo masivo de recursos y la degradación ambiental y un enorme interés por el desarrollo de estrategias con base científica que permitan la conservación del medio ambiente, sin afectar el crecimiento y desarrollo económico de los países. Asimismo, se observó la existencia de brechas tecnológicas en los sectores de alimentación, agua y energía, resaltando, su distribución, gestión de residuos y la huella de carbono. Por otro lado, la generación de nuevas teorías, que permitan ampliar los enfoques y su aplicación en las políticas ambientales. Se concluyó que hay una evolución en la conciencia ambiental y la percepción global sobre su importancia, generándose la necesidad de buscar alternativas con base científica que fomenten el desarrollo ecosostenible.*

Palabras clave— *Investigación Ambiental, perspectiva, políticas ambientales, desarrollo sostenible, objetivos de desarrollo sostenible.*

I. INTRODUCCIÓN

El creciente consumo de recursos para la fabricación de productos, el acelerado proceso de urbanización, los modelos de desarrollo, la globalización y el consumo de energía, vienen mostrando efectos devastadores, incrementando la degradación ambiental [1], [2], lo que ha generado se busquen alternativas y estrategias orientadas hacia el objetivo de desarrollo sostenible [3], [4]. Se ha demostrado que los problemas del cambio climático trascienden en diferentes partes de la sociedad y la economía [5], recibiendo la atención de investigadores y gobiernos [6], haciendo que los retos medioambientales sean de gran preocupación para lograr un desarrollo económico sostenible [7].

Las investigaciones y las políticas ambientales reconocen a los ecosistemas terrestres como fundamentales para el

desarrollo de las actividades humanas y la vida [8], siendo necesario concentrar esfuerzos para cuidar y salvar el medio ambiente, sin descuidar lo económico y social [9]. Las grandes empresas cada vez vienen participando de manera más activa [10] desarrollando investigaciones orientadas a la conservación del medio ambiente [11], reflejándose además en el comportamiento de los consumidores [2]. Muchas investigaciones, han determinado la importancia de utilizar la huella de carbono como unidad de medida para determinar el deterioro o destrucción de la naturaleza [12], [13].

El crecimiento económico de muchos países demostró estar estrechamente vinculado con la escasez de recursos, su contaminación y destrucción, generación de residuos sólidos, aumento de las emisiones de CO₂, etc. [3], [4]. Algunas estimaciones dicen que un aumento del 1% del crecimiento económico, la urbanización, la industrialización y el turismo, incrementarían las emisiones de CO₂ en un rango de 0.02% a 1.25% [14], haciéndose necesario, desarrollar alternativas, herramientas, escenarios políticos y programas científicos que mantengan el crecimiento económico de los países, pero conservando su medio ambiente [15], [16].

La creciente conciencia social y la protección del medio ambiente han generado propuestas para un desarrollo sostenible en diversos sectores económicos con crecimiento acelerado [17], trayendo consigo, proyectos de ciencia ciudadana ampliados y fusionados con otras áreas y disciplinas, demostrando que su aplicación, fomenta la conciencia medioambiental [18]. Cada vez más, los indicadores de sostenibilidad son reconocidos como herramientas importantes, generadoras de información política para la mejora medioambiental, económica y social [19]. Hoy en día, lo relacionado con la ciencia, economía y política del agua, tiene notoria importancia, por su evidente su escasez [20], asimismo, las emisiones de GEI, han impulsado la adopción de tecnologías bajas en carbono [21] y la Economía Circular aparece como la estrategia más eficaz para enfrentar los problemas generados por el cambio climático y la sostenibilidad [22].

Es evidente la importancia que tiene la gestión del entorno natural y las actividades económicas, y el desarrollo de nuevas estrategias de sostenibilidad, resiliencia y

competitividad, orientadas a la protección y explotación responsable de los recursos naturales [23]. El presente artículo hace una revisión sobre el desarrollo de la investigación ambiental y sus perspectivas en Europa y en Latinoamérica, analizando los logros obtenidos y brechas tecnológicas existentes, y su impacto e influencia sobre la normatividad y legislación ambiental.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

A. Estrategia de búsqueda.

Este artículo de revisión aborda los estudios realizados sobre la evolución de la investigación en la temática ambiental desde la perspectiva europea y latinoamericana. Se utilizó un enfoque de método mixto que permitió recopilar y analizar información y datos de diferentes estudios previos. Se realizó una búsqueda sistemática en Scopus (54) y Science Direct (287) desde el 2018 al 2023 (ver Tabla I), encontrándose artículos referentes a las investigaciones desarrolladas en el cuidado del medio ambiente, se seleccionó la temática de “Ciencias Ambientales, y aplicó los filtros de búsqueda (palabras clave, título de la publicación, año, área), se seleccionaron 80 artículos como se detallan en las Tablas II y III.

TABLA I
DISTRIBUCIÓN POR AÑOS DE LOS ARTÍCULOS ENCONTRADOS EN LA BASE DE DATOS

Database	Año de publicación						Total
	2018	2019	2020	2021	2022	2023	
Scopus	3	2	3	18	23	6	54
Science Direct	50	96	79	35	16	11	287

TABLA II
ARTÍCULOS SELECCIONADOS APLICANDO PALABRAS CLAVE COMO FILTRO.

Base de dato	Documentos encontrados	Rango de búsqueda	Palabras claves	Documentos seleccionados
Scopus	54	2018 - 2023	Sustainability	21
			Sustainable Development	20
			Sustainable Development Goals	8
			SDGs	7
			Climate Change	6
			Environmenta l Impact	3

TABLA III
ARTÍCULOS SELECCIONADOS APLICANDO COMO FILTRO EL TÍTULO DE PUBLICACIÓN.

Base de dato	Documentos encontrados	Rango de búsqueda	Título de la Publicación	Documentos seleccionados
Science Direct	287	2018 - 2023	Environmental Science & Policy	65
			Journal of Environmental Management	48
			Sustainable Production and Consumption	39
			Current Research in Environmental Sustainability	39
			Resources, Conservation and Recycling	37
			Environmental and Sustainability Indicators	30
			Environment International	29

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A. Evolución.

Este artículo de revisión aborda los estudios realizados sobre la evolución del creciente número de publicaciones desde 2017 hasta 2023, refleja el impulso que ha tomado la investigación ambiental, reflejando la atención a las cuestiones ambientales y la necesidad imperante de comprender, abordar y resolver los desafíos ecológicos actuales [24]. El análisis de las publicaciones revela un compromiso global compartido por parte de Europa y América Latina en el campo de la investigación ambiental [25], mostrando un papel destacado en la promoción de la exploración y comprensión de cuestiones ambientales desde múltiples perspectivas, reflejando su universalidad y la interconexión entre distintas naciones en la búsqueda de soluciones compartidas [9], resaltando la Comisión Europea y el Programa Marco Horizonte 2020, como principales pilares financiadores de estas investigaciones [26], seguido por el Ministerio Federal de Educación e Investigación de Alemania, el Fondo Europeo de Desarrollo Regional y otras instituciones internacionales y nacionales, demostrando la naturaleza global e interdisciplinaria de la investigación ambiental y su papel en la construcción de un futuro sostenible [27].

El consumo masivo de recursos, urbanización acelerada y modelos de desarrollo y sus efectos sobre la degradación medioambiental global, se han convertido en un punto crítico para la investigación ambiental [2]. La evolución del conocimiento ambiental refuerza la idea de una atención creciente a las cuestiones ambientales y la necesidad de abordar los desafíos ecológicos de manera urgente en todos los niveles sociales [24]. Esto sugiere implicaciones prácticas para abordar los problemas medioambientales y lograr un

desarrollo económico sostenible [3], [4]. Asimismo, la producción de conocimiento ambiental y la colaboración global destacan la importancia de abordar los retos medioambientales de manera conjunta y holística, con enfoques interdisciplinarios [27].

B. Brechas tecnológicas.

Para medir el desarrollo económico sostenible, es necesario incluir los índices de los ODS y el grupo de índices de la huella medioambiental, ya que refleja los aspectos económicos, sociales y ecológicos y la circularidad de los materiales y la energía [9]. Si bien, existen múltiples investigaciones, aún es necesario el desarrollo de una metodología y herramienta integradora que ayude a una mejor toma de decisiones involucrando al sector alimentario, hídrico, energético y sus correspondientes huellas ambientales y sociales, permitiendo un análisis cuantitativo de las sinergias existentes y la optimización de las estrategias desde un punto de vista holístico [28].

En el sector alimentario, la falta de sistemas de trazabilidad eficientes dificulta la evaluación de la cadena de suministro desde una perspectiva sostenible, ya que, la información no está disponible ni estandarizada [29]. En el ámbito hídrico, la limitada capacidad para monitorear y predecir el uso del agua y su impacto en los ecosistemas acuáticos, así como la falta de sistemas de alerta temprana para su gestión y la ausencia de tecnologías avanzadas para su purificación y desalinización también representan desafíos significativos [30]. En el sector energético, la necesidad de promover fuentes de energía renovables y eficientes, la gestión de la demanda de energía, las tecnologías para el almacenamiento de energía a gran escala y la mejora de la eficiencia energética, son áreas que requieren un avance tecnológico continuo [14]. Además de estas brechas, persiste una necesidad crítica de desarrollar herramientas integradoras que permitan la medición y evaluación de las huellas ambientales y sociales, y sean capaces de recopilar, procesar y analizar datos de múltiples fuentes, favoreciendo el uso de tecnologías de big data, inteligencia artificial y sistemas de información geográfica avanzados [31]. Haciéndose esencial fomentar la colaboración entre la comunidad científica, la industria y las instituciones gubernamentales. [9].

C. Generación de nuevas teorías.

Actualmente, el cuidado del medio ambiente es una preocupación cada vez más apremiante debido a los desafíos ambientales y sociales que enfrentamos a nivel global. Para abordar estos problemas, han surgido nuevas teorías y enfoques que buscan promover la sostenibilidad y conservación de nuestros recursos naturales, resaltando: Economía Circular, Gobernanza Ambiental, Justicia Ambiental y Conservación Transfronteriza. En la Tabla IV, se hace una descripción de cada una de ellas, y se muestra su impacto.

La Economía Circular ha sido ampliamente debatida por diversos expertos en el campo de la sostenibilidad y la gestión

de recursos. La referencia [32] nos dice que este enfoque ofrece una solución prometedora para reducir el consumo de recursos y minimizar los desechos, pudiendo generar beneficios económicos a largo plazo. Sin embargo, la referencia [33] plantean que por sí sola que no es suficiente para abordar los desafíos ambientales y sociales, requiriéndose un cambio más profundo en el sistema económico. Asimismo, las referencias [34] y [35] argumentan que es fundamental replantear las medidas de éxito económico y priorizar la calidad de vida y el bienestar humano sobre el crecimiento material.

En Gobernanza Ambiental, hay un amplio debate sobre los enfoques y mecanismos para lograr una gobernanza efectiva y participativa; por ejemplo, las referencias [36] y [37] destacan su importancia en múltiples niveles y la necesidad de una coordinación efectiva entre actores gubernamentales y no gubernamentales. La referencia [24] sostiene que debe adaptarse a diferentes contextos y escalas para abordar de manera adecuada los desafíos ambientales complejos. Sin embargo, la referencia [38] plantea inquietudes sobre la falta de rendición de cuentas y legitimidad en las formas emergentes de gobernanza ambiental, como las asociaciones transnacionales y las iniciativas voluntarias; que si bien pueden ser flexibles y ágiles, también pueden socavar la democracia y perpetuar desigualdades entre los actores involucrados.

La Justicia Ambiental es objeto de intensos debates y activismo social. La referencia [39] examina las desigualdades ambientales y argumentan que las comunidades de bajos ingresos y minorías étnicas soportan una carga desproporcionada de la contaminación, teniendo un acceso limitado a recursos naturales de calidad. La referencia [40] destaca la importancia de abordarla desde una perspectiva de equidad racial y social. Sin embargo, la referencia [41] plantea la necesidad de una visión más amplia, que incorpore la distribución equitativa de los costos y beneficios ambientales, la participación ciudadana, el reconocimiento de las identidades y las voces marginadas. La referencia [42] argumenta que no puede limitarse únicamente a la compensación económica o la mitigación de impactos, sino que debe abordar las estructuras de poder y las relaciones de dominación que perpetúan las injusticias ambientales.

Finalmente, la Conservación Transfronteriza ha sido objeto de discusiones acerca de la cooperación internacional y la gestión de áreas protegidas compartidas. La referencia [43] argumenta que es fundamental para abordar los desafíos de conservación en paisajes y ecosistemas que trascienden las fronteras políticas. La referencia [44] destaca la importancia de la colaboración entre países para proteger la biodiversidad y garantizar la conectividad de los hábitats. Sin embargo, se plantean preocupaciones sobre los aspectos socioeconómicos y políticos de la conservación transfronteriza; asimismo, la referencia [45] argumenta que la implementación de proyectos de conservación transfronteriza pueden tener impactos negativos en las comunidades locales, como el desplazamiento forzado y la exclusión de derechos de acceso a recursos

naturales. En ese sentido, la referencia [46] enfatiza la necesidad de abordar las implicaciones sociales y garantizar la equidad.

D. Influencia sobre la normatividad y legislación Ambiental.

En la Tabla V, se muestra la generación de conocimiento científico y su influencia en la formulación de normativas ambientales. En la década de 1970, las políticas ambientales se incorporaron en las instituciones de integración regional; evidenciándose una evolución gradual, con la Declaración de Estocolmo de 1972. En 1980, se comenzó a mencionar el Desarrollo Sostenible y el Medio Ambiente como aspectos a

cumplir y respetar, sin embargo, su incorporación explícita en los tratados se produjo a partir de la década de 1990 [47]. Desde 1979 hasta 2004, se desarrollaron conferencias globales centradas en el clima, con el objetivo de urgir a los gobiernos a anticiparse y mitigar los posibles trastornos climáticos causados por la actividad humana y el cambio climático, promoviendo la colaboración entre científicos y líderes políticos, estableciéndose principios que delinearon los derechos civiles y las responsabilidades estatales para fomentar el desarrollo sostenible.

TABLA IV
GENERACIÓN DE NUEVAS TEORÍAS PARA LA CONSERVACIÓN DEL MEDIO AMBIENTE.

Nuevas teorías	Descripción	Impacto	Fuente
Economía circular	Concepto que se originó en la década de 1970, se le llamaba "economía regenerativa". Fue desarrollado por el economista y filósofo Kenneth Boulding.	Se enfoca en la idea de que el sistema económico debería operar de la misma manera que los sistemas naturales, en los que los residuos de un proceso se convierten en recursos para otro.	[27]
	El término "economía circular" comenzó a utilizarse más ampliamente en la década de 1990, cuando la UE a empezó a adoptar políticas y estrategias.	El concepto ha ganado popularidad y es un tema clave en la política ambiental y económica a nivel mundial.	[34]
	Tiene sus raíces en la economía ambiental y la teoría de sistemas. La EC busca una gestión más eficiente de los recursos naturales y una reducción de los impactos ambientales asociados con la producción y el consumo.	Se enfoca en cerrar el ciclo de los recursos mediante su reducción, reutilización y reciclaje.	[48]
	La teoría ha evolucionado dando lugar a diferentes modelos de negocio que se enfocan en la reutilización y el reciclaje de materiales, como la venta de productos reutilizables y la adopción de modelos de leasing en lugar de venta de productos.	Considera la importancia de involucrar a toda la cadena de suministro en su implementación, desde los proveedores hasta los consumidores finales.	[49]
	Teoría que se enfoca en la gestión de los residuos. Se trata de un enfoque holístico, orientado a crear un sistema de producción y consumo más sostenible y circular, en el que los residuos se convierten en recursos.	Se enfoca en reducir, reutilizar y reciclar los recursos	[35]
Gobernanza ambiental	Es un tema relevante en Europa y Latinoamérica, especialmente en relación con la gestión de recursos naturales y la adaptación al cambio climático.	Se enfoca en la forma en que los diferentes actores (gobierno, sector privado, sociedad civil, etc.) interactúan y toman decisiones en relación con el medio ambiente.	[36]
	El término fue acuñado para enfatizar la importancia de una gestión ambiental más inclusiva y participativa.	Se enfoca en la formulación de políticas ambientales a nivel nacional e internacional.	[37]
	Ha permitido que los distintos gobiernos adopten como criterios dentro del crecimiento sostenible la eficiencia de los recursos, los ODS y el PIB.	Se enfoca en que los ODS incluyan los conceptos de límites planetarios y mecanismo de aplicación sólidos.	[24]
Justicia Ambiental	Esta teoría ha sido relevante en Europa y Latinoamérica en relación con proyectos extractivos, infraestructura y contaminación ambiental, entre otros temas.	Se enfoca en la distribución equitativa de los impactos ambientales negativos	[39]
	Nació como respuesta a la necesidad de abordar las desigualdades ambientales y promover la equidad en relación con los problemas ambientales.	Se enfoca en la idea de que todas las personas, independientemente de su origen étnico, género, nivel socioeconómico o ubicación geográfica, tienen derecho a vivir en un entorno saludable y seguro.	[40]
Conservación Transfronterizo	Se refiere a la gestión de áreas naturales protegidas que se extienden más allá de las fronteras políticas de un solo país. Ha sido relevante en Europa y Latinoamérica en relación con la gestión de parques nacionales y otros espacios protegidos.	Busca una gestión conjunta y coordinada de estos espacios para garantizar su conservación a largo plazo.	[43]
	Surge a la necesidad de abordar la conservación de áreas naturales protegidas que se extienden más allá de las fronteras políticas de un solo país.	Se enfoca en que los ecosistemas y la biodiversidad no se limitan a las fronteras políticas, sino que requieren un enfoque conjunto y coordinado para su protección y gestión sostenible.	[44]

En la Unión Europea (UE), las políticas ambientales no estuvieron incluidas en el Tratado de Roma de 1957, sin embargo, fueron tomando relevancia, originando su inclusión en la década de 1970, con los programas de política ambiental y el desarrollo de legislación ambiental; reconociéndose, en la Cumbre de París en 1972, la necesidad de prestar especial atención al medio ambiente, adoptándose el primer Programa de Medio Ambiente para el período 1973-1976. En el 2001, se incorpora de forma definitiva el medio ambiente como una política comunitaria en el Tratado de Maastricht y el Tratado de Niza [47]. España, en su Real Decreto 1302 de 1986, incorpora el medio ambiente en el derecho español, y la Ley 10 de 1998 de Residuos, se alinea con la Directiva Comunitaria 91/156/CEE, promoviendo la prevención, gestión y valorización de residuos [50].

En cuanto a los programas, la Comisión Europea (CE) aprobó el primer Programa de Acción Ambiental en 1973, ratificándose, cada cinco años hasta el 2010, implementándose

seis programas, los cuales, conforme avanzaban y lograban objetivos, se los ajustaba a las áreas prioritarias [47]. De los seis programas, el quinto se centró, en la reducción de los niveles de contaminación, la aplicación de normativas ambientales comunes y la integración de la dimensión ambiental en todas las políticas de la Comisión. Actualmente, el último programa reemplazó las cinco áreas estratégicas de 1993 (industria, energía, transporte, agricultura y turismo), por las cuatro áreas prioritarias: cambio climático, naturaleza y biodiversidad, ambiente y salud, y gestión de recursos naturales y residuos [51]. Por otro lado, los sistemas de alcantarillado del siglo XIX, actualmente, son un desafío en términos de sostenibilidad, generando que, la Directiva Europea y los planes de gestión del agua promuevan enfoques alternativos para el manejo de aguas pluviales, implementándose políticas de planificación urbana sostenible, como la incorporación de techos verdes [52].

TABLA V
GENERACIÓN DE NORMATIVA AMBIENTAL A PARTIR DE INVESTIGACIONES EN LA TEMÁTICA AMBIENTAL.

Normativa generada a partir de la Investigación Ambiental	Influencia de la normativa	Países afectados por esta normativa	Fuente
Directiva 2008/56/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 17 de junio de 2008.	La Directiva Marco de la Estrategia Marina ha influido en la política marina de los Estados miembros de la UE, promoviendo una gestión más integrada, holística y basada en el ecosistema de los recursos marinos y costeros.	Países de la UE	[53] [54]
Ley General del Ambiente (Ley N° 28611)	Ha influenciado en la creación de políticas y estrategias de gestión ambiental en diferentes sectores, como la minería, la energía, la pesca y la agricultura.	Perú	[55]
Reglamento (UE) 2019/1020 sobre la vigilancia del mercado de productos y por el que se modifican los Reglamentos (CE) n° 765/2008 y (UE) n° 305/2011	Incremento en la calidad y seguridad de los productos comercializados	Todos los países de la UE	[56]
Ley N° 20.920. Marco para la gestión de residuos, la responsabilidad extendida del productor y fomento al reciclaje	Fomento del reciclaje y reducción de la generación de residuos	Chile	[57]
Directiva 2008/50/CE. Parlamento Europeo y del Consejo, del 21/05/2008, relativa a la calidad del aire ambiente y a una atmósfera más limpia en Europa	Mejora en la calidad del aire	Todos los países de la UE	[58]
Ley General del Ambiente N° 25.675	Promoción del desarrollo sostenible y protección del ambiente	Argentina	[33]
Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático de Colombia	Establecimiento de estrategias de adaptación al cambio climático en Colombia	Colombia	[59]
Estrategia Nacional de Desarrollo Sostenible de Portugal	Promoción del desarrollo sostenible en Portugal	Portugal	[60]
Ley General de Cambio Climático	Promueve la mitigación y adaptación al cambio climático, establece metas de reducción de emisiones y fomenta el uso de energías renovables.	México	[61]
Ley de Cambio Climático de España	Establecimiento de objetivos de reducción de emisiones y de adaptación al cambio climático en España	España	[62]

En 1997, en la ciudad de Kyoto, las naciones industrializadas asumen compromisos más sólidos y detallados, estableciéndose plazos específicos para su cumplimiento, comprometiéndose a reducir las emisiones de GEI en un 5.2% hasta 2012. En 2005, el Protocolo de Kyoto entra en vigor, generando un compromiso voluntario de las naciones para reducir las emisiones de CO₂ en un 20% para el año 2005 [51]. Actualmente, la protección del medio ambiente

y la conservación de los servicios ecosistémicos son temas muy importantes, generando la necesidad de implementar normativas que ayuden a mitigar y prevenir daños adicionales [63]. Estos esfuerzos son fundamentales para garantizar la sostenibilidad y preservación de nuestros ecosistemas, salvaguardar la salud humana y el bienestar de las generaciones futuras [64].

En América Latina y el Caribe, la incorporación de la preservación del ambiente en organismos como el Mercado Común Centroamericano, la Comunidad Andina de Naciones (CAN) y el Mercosur, fue progresiva. En el caso de la CAN, se estableció en 1996 mediante el Protocolo de Trujillo, consolidándose como uno de los objetivos fundamentales en el 2003. Por su parte, el tratado del Mercosur, suscrito en 1991, incluyó disposiciones relacionadas con la preservación ambiental [65]. En ese sentido, resalta Colombia, con su política ambiental apoyada en la Ley 99 de 1993, estableciendo los mecanismos económicos y normas de comando y control para regular los vertimientos en cuerpos de agua, a través de planes de ordenamiento territorial, manejo de cuencas hidrográficas, etc [66]. Chile, con su regulación de residuos en la Ley 19.300 de 1994, complementada por el Reglamento Específico para Residuos Peligrosos en 2005, seguido de las Normas para la Incineración y Co-Incineración de Residuos en 2007, las condiciones sanitarias y de seguridad en los rellenos sanitarios en 2008 y los decretos para el manejo de lodos y residuos de establecimientos de salud en 2009 [50], generándose además las leyes 20879 - 2015 y 20920 - 2016, en las cuales se sanciona el transporte de desechos a vertederos clandestinos. A pesar de estos esfuerzos, la mitigación de la huella ecológica global es limitado, ya que la deforestación y las emisiones de GEI siguen aumentando sin políticas y acciones efectivas, a pesar del desarrollo de tecnologías en energía alternativa [67].

Por otro lado, [68], evidenciaron que el cambio climático afectó el suministro de agua y saneamiento, desarrollándose planes estratégicos para la gestión sostenible de sistemas de drenaje a través de una plataforma genérica. Asimismo, [69] identificaron que la falta de precisión en las definiciones relacionadas con los bosques, a nivel institucional, legal y operativa, son un desafío para la implementación de políticas y regulaciones efectivas, afectando la adopción de medidas de manejo sostenible. Estos desafíos, han generado nuevas visiones y enfoques para la conservación del medio ambiente y los servicios ecosistémicos [62], basados en comprender la interconexión entre los sistemas naturales y sociales, reconociendo la protección del medio ambiente no solo como responsabilidad de los gobiernos, sino de todos los actores de la sociedad (investigadores, empresas y ciudadanía) [36].

IV. CONCLUSIONES

La conciencia ambiental refleja un cambio significativo en la percepción global sobre la importancia de la degradación medioambiental, con una creciente preocupación por los impactos del cambio climático y la necesidad de encontrar soluciones sostenibles. La participación de las empresas y la evolución de políticas regionales, indican un progreso hacia la integración de la sostenibilidad en la toma de decisiones. A pesar de los avances, las brechas tecnológicas aún son un desafío. Aunque se han implementado herramientas de apoyo para la toma de decisiones y programas científicos, destaca la necesidad de desarrollar tecnologías más eficientes y

sostenibles. La Economía Circular se presenta como una estrategia eficaz, pero su implementación es desigual. Es necesario cerrar estas brechas para garantizar la viabilidad a largo plazo de los esfuerzos de desarrollo sostenible.

La incorporación de la ciencia ciudadana y la fusión interdisciplinaria demuestran cómo las investigaciones han evolucionado para abordar la complejidad de los problemas medioambientales, con la participación de diversos actores (investigadores, empresas y ciudadanos). Este enfoque integral es esencial para avanzar en la comprensión del cambio climático y la sostenibilidad, observándose un cambio en la inclusión explícita de políticas ambientales en acuerdos y tratados internacionales, resaltando la importancia de la investigación científica en la formulación de políticas efectivas para abordar los desafíos medioambientales

REFERENCIAS

- [1] L. Zulaica y P. Vazquez, «Argentine cities in the context of climate change: Explorations for risk analysis and urban resilience», *Cuad. Geogr. Rev. Colomb. Geogr.*, vol. 30, n.º 2, pp. 396-417, 2021, doi: 10.15446/rcdg.v30n2.87584.
- [2] N. N. Hasbullah, Z. Sulaiman, A. Mas'od, y H. S. Ahmad Sugiran, «Drivers of Sustainable Apparel Purchase Intention: An Empirical Study of Malaysian Millennial Consumers», *Sustain. Switz.*, vol. 14, n.º 4, Art. n.º 4, 2022, doi: 10.3390/su14041945.
- [3] A. Kasych, Z. Rowland, O. Onyshchenko, V. Plavan, y S. Bondarenko, «Corporate management of sustainable development goals as a driver for solving global environmental problems», en *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.*, Semerikov S.O., Semerikov S.O., Semerikov S.O., Khvostina I.M., Horal L.T., y Solovieva V.V., Eds., Institute of Physics, 2023. doi: 10.1088/1755-1315/1150/1/012015.
- [4] L. Zhu y M. H. Husin, «A Proposed Metrics Based on Sustainable Development Goals (SDGs) for Public Self-Service Machines», *Sustain. Switz.*, vol. 15, n.º 1, Art. n.º 1, 2023, doi: 10.3390/su15010407.
- [5] E. I. Szczepankiewicz, J. Fazlagić, y W. Loopesko, «A conceptual model for developing climate education in sustainability management education system», *Sustain. Switz.*, vol. 13, n.º 3, pp. 1-26, 2021, doi: 10.3390/su13031241.
- [6] M. Chen, T. Yao, y K. Wang, «The economic impact of climate change: a bibliometric analysis of research hotspots and trends», *Environ. Sci. Pollut. Res.*, vol. 30, n.º 16, pp. 47935-47955, 2023, doi: 10.1007/s11356-023-25721-2.
- [7] G. Jiang *et al.*, «Effect of Agricultural Employment and Export Diversification Index on Environmental Pollution: Building the Agenda towards Sustainability», *Sustain. Switz.*, vol. 14, n.º 2, Art. n.º 2, 2022, doi: 10.3390/su14020677.
- [8] K. J. Winkler, M. W. Scown, y K. A. Nicholas, «A classification to align social-ecological land systems research with policy in Europe», *Land Use Policy*, vol. 79, pp. 137-145, 2018, doi: 10.1016/j.landusepol.2018.06.034.
- [9] K. Biekša, V. Valiulė, L. Šimanskienė, y R. Silvestri, «Assessment of Sustainable Economic Development in the EU Countries with Reference to the SDGs and Environmental Footprint Indices», *Sustain. Switz.*, vol. 14, n.º 18, Art. n.º 18, 2022, doi: 10.3390/su141811265.
- [10] Y. G. Lavrikova, O. N. Buchinskaia, y E. O. Wegner-Kozlova, «Greening of Regional Economic Systems within the Framework of Sustainable Development Goals 1», *Econ. Reg.*, vol. 17, n.º 4, Art. n.º 4, 2021, doi: 10.17059/EKON.REG.2021-4-5.
- [11] W. Gyadu-Asiedu, A. Ampadu-Asiamah, y A. Fokuo-Kusi, «A framework for systemic sustainable construction industry development (SSCID)», *Discov. Sustain.*, vol. 2, n.º 1, Art. n.º 1, 2021, doi: 10.1007/s43621-021-00033-y.
- [12] X. Yang, N. Li, H. Mu, M. Zhang, J. Pang, y M. Ahmad, «Study on the long-term and short-term effects of globalization and population aging

- on ecological footprint in OECD countries», *Ecol. Complex.*, vol. 47, p. 100946, sep. 2021, doi: 10.1016/j.ecocom.2021.100946.
- [13] A. Zakari y J. Toplak, «Investigation into the social behavioural effects on a country's ecological footprint: Evidence from Central Europe», *Technol. Forecast. Soc. Change.*, vol. 170, p. 120891, sep. 2021, doi: 10.1016/j.techfore.2021.120891.
- [14] A. Raihan, «The dynamic nexus between economic growth, renewable energy use, urbanization, industrialization, tourism, agricultural productivity, forest area, and carbon dioxide emissions in the Philippines», *Energy Nexus*, vol. 9, 2023, doi: 10.1016/j.nexus.2023.100180.
- [15] R. P. Bixler *et al.*, «An observatory framework for metropolitan change: Understanding urban social-ecological-technical systems in texas and beyond», *Sustain. Switz.*, vol. 11, n.º 13, 2019, doi: 10.3390/su11133611.
- [16] E. Mamabolo, M. M. Makwela, y T. J. Tsilo, «Achieving sustainability and biodiversity conservation in agriculture: Importance, challenges and prospects», *Eur. J. Sustain. Dev.*, vol. 9, n.º 3, pp. 616-625, 2020, doi: 10.14207/ejsd.2020.v9n3p616.
- [17] J. Brodny y M. Tutak, «Assessing sustainable energy development in the central and eastern European countries and analyzing its diversity», *Sci. Total Environ.*, vol. 801, 2021, doi: 10.1016/j.scitotenv.2021.149745.
- [18] K. Schleichner y C. Schmidt, «Citizen science in Germany as research and sustainability education: Analysis of the main forms and foci and its relation to the sustainable development goals», *Sustain. Switz.*, vol. 12, n.º 15, Art. n.º 15, 2020, doi: 10.3390/su12156044.
- [19] P. Perchinunno y M. Cazzolle, «A clustering approach for classifying universities in a world sustainability ranking», *Environ. Impact Assess. Rev.*, vol. 85, 2020, doi: 10.1016/j.eiar.2020.106471.
- [20] F. A. Ward, «Integrating water science, economics, and policy for future climate adaptation», *J. Environ. Manage.*, vol. 325, 2023, doi: 10.1016/j.jenvman.2022.116574.
- [21] W. F. Lamb *et al.*, «A review of trends and drivers of greenhouse gas emissions by sector from 1990 to 2018», *Environ. Res. Lett.*, vol. 16, n.º 7, p. 073005, jun. 2021, doi: 10.1088/1748-9326/abee4e.
- [22] M. Marco-Fondevila, F. Llana-Macarulla, S. Callao-Gastón, y J. I. Jarne-Jarne, «Are circular economy policies actually reaching organizations? Evidence from the largest Spanish companies», *J. Clean. Prod.*, vol. 285, 2021, doi: 10.1016/j.jclepro.2020.124858.
- [23] E. Spanogianni y Y. Theodora, «Athens waterfront development: The public space as a means for sustainable regeneration», *WIT Trans. Ecol. Environ.*, vol. 249, pp. 219-231, 2020, doi: 10.2495/SC200191.
- [24] M. Elder y S. H. Olsen, «The Design of Environmental Priorities in the SDGs», *Glob. Policy*, vol. 10, pp. 70-82, 2019, doi: 10.1111/1758-5899.12596.
- [25] J. Infante-Amate, A. Urrego-Mesa, P. Piñero, y E. Tello, «The open veins of Latin America: Long-term physical trade flows (1900–2016)», *Glob. Environ. Change*, vol. 76, 2022, doi: 10.1016/j.gloenvcha.2022.102579.
- [26] R. C. Montenegro, V. Lekavičius, J. Brajković, U. Fahl, y K. Hufendiek, «Long-term distributional impacts of european cap-and-trade climate policies: A CGE multi-regional analysis», *Sustain. Switz.*, vol. 11, n.º 23, 2019, doi: 10.3390/su11236868.
- [27] H. Sala Benites, P. Osmond, y D. Prasad, «A Future-Proof Built Environment through Regenerative and Circular Lenses—Delphi Approach for Criteria Selection», *Sustain. Switz.*, vol. 15, n.º 1, 2023, doi: 10.3390/su15010616.
- [28] M. Ghodsvali, G. Dane, y B. de Vries, «An integrated decision support system for the urban food-water-energy nexus: Methodology, modification, and model formulation», *Comput. Environ. Urban Syst.*, vol. 100, 2023, doi: 10.1016/j.compenvurbsys.2023.101940.
- [29] R. M. Pateman, A. de Bruin, E. Piirsalu, C. Reynolds, E. Stokeld, y S. E. West, «Citizen Science for Quantifying and Reducing Food Loss and Food Waste», *Front. Sustain. Food Syst.*, vol. 4, 2020, doi: 10.3389/fsufs.2020.589089.
- [30] L. Gobatti y B. C. C. Leite, «Unmanaged vegetated roofs hydrological performance in subtropical areas: An investigation in São Paulo, Brazil», *Sci. Total Environ.*, vol. 874, 2023, doi: 10.1016/j.scitotenv.2023.162417.
- [31] J. Pitts, S. Gopal, Y. Ma, M. Koch, R. M. Boumans, y L. Kaufman, «Leveraging Big Data and Analytics to Improve Food, Energy, and Water System Sustainability», *Front. Big Data*, vol. 3, 2020, doi: 10.3389/fdata.2020.00013.
- [32] S. A. Javeed, N. Zhou, X. Cai, y R. Latief, «How does corporate management affect green innovation via business environmental strategies?», *Front. Environ. Sci.*, vol. 10, 2022, doi: 10.3389/fenvs.2022.1059842.
- [33] R. Arocena y J. Sutz, «Universities and social innovation for global sustainable development as seen from the south», *Technol. Forecast. Soc. Change*, vol. 162, 2021, doi: 10.1016/j.techfore.2020.120399.
- [34] R. Lacko, Z. Hajduová, y P. Marković, «Socioeconomic determinants of environmental efficiency: the case of the European Union», *Environ. Sci. Pollut. Res.*, vol. 30, n.º 11, pp. 31320-31331, mar. 2023, doi: 10.1007/s11356-022-24435-1.
- [35] M. F. Shahriar y A. Khanal, «The current techno-economic, environmental, policy status and perspectives of sustainable aviation fuel (SAF)», *Fuel*, vol. 325, 2022, doi: 10.1016/j.fuel.2022.124905.
- [36] S. Hampton, T. Fawcett, J. Rosenow, C. Michaelis, y R. Mayne, «Evaluation in an Emergency: Assessing Transformative Energy Policy amidst the Climate Crisis», *Joule*, vol. 5, n.º 2, pp. 285-289, 2021, doi: 10.1016/j.joule.2020.12.019.
- [37] A. S. Kabara, D. F. Abdullah, S. F. A. Khatib, A. H. Bazhair, y H. Al Amosh, «Moderating Role of Governance Regulatory Compliance on Board Diversity and Voluntary Disclosure of Non-Financial Firms in a Developing Country», *Sustain. Switz.*, vol. 15, n.º 5, 2023, doi: 10.3390/su15054527.
- [38] A. A. Sarhan y A. M. Gerged, «Do corporate anti-bribery and corruption commitments enhance environmental management performance? The moderating role of corporate social responsibility accountability and executive compensation governance», *J. Environ. Manage.*, vol. 341, 2023, doi: 10.1016/j.jenvman.2023.118063.
- [39] C. Hoang, P. Satyal, y E. Corbera, «'This is my garden': justice claims and struggles over forests in Vietnam's REDD+», *Clim. Policy*, vol. 19, n.º sup1, pp. S23-S35, 2019, doi: 10.1080/14693062.2018.1527202.
- [40] C. Armstrong, «Global justice and the opportunity costs of conservation», *Conserv. Biol.*, vol. 37, n.º 2, 2023, doi: 10.1111/cobi.14018.
- [41] C. M. Raymond, R. Stedman, y N. Frantzeskaki, «The role of nature-based solutions and senses of place in enabling just city transitions», *Environ. Sci. Policy*, vol. 144, pp. 10-19, 2023, doi: 10.1016/j.envsci.2023.02.021.
- [42] R. P. H. Snep, J. Klostermann, M. Lehner, y I. Weppelman, «Social housing as focus area for Nature-based Solutions to strengthen urban resilience and justice: Lessons from practice in the Netherlands», *Environ. Sci. Policy*, vol. 145, pp. 164-174, 2023, doi: 10.1016/j.envsci.2023.02.022.
- [43] J. Palacios-Abrantes *et al.*, «Timing and magnitude of climate-driven range shifts in transboundary fish stocks challenge their management», *Glob. Change Biol.*, vol. 28, n.º 7, pp. 2312-2326, 2022, doi: 10.1111/gcb.16058.
- [44] M. Chitakira *et al.*, «Opportunities to Improve Eco-Agriculture through Transboundary Governance in Transfrontier Conservation Areas», *Diversity*, vol. 14, n.º 6, 2022, doi: 10.3390/d14060461.
- [45] L. Trogisch y R. Fletcher, «Fortress tourism: exploring dynamics of tourism, security and peace around the Virunga transboundary conservation area», *J. Sustain. Tour.*, vol. 30, n.º 2-3, pp. 352-371, 2022, doi: 10.1080/09669582.2020.1857767.
- [46] G. M. Hickey, H. T. Snyder, J. R. deVries, y O. Temby, «On inter-organizational trust, control and risk in transboundary fisheries governance», *Mar. Policy*, vol. 134, 2021, doi: 10.1016/j.marpol.2021.104772.
- [47] L. A. F. Fortoul Fria, «Políticas Medio Ambientales y Marcos Legales. (Casos de estudio: Comunidad Europea, Argentina, España y Venezuela)», Barcelona - España, 2003. [En línea]. Disponible en: <http://www.onsa.org.ve/documentos/pdf/pambiental/pmayml2003laff.pdf>
- [48] S. P. Philbin, «Critical Analysis and Evaluation of the Technology Pathways for Carbon Capture and Utilization», *Clean Technol.*, vol. 2, n.º 4, pp. 492-512, 2020, doi: 10.3390/cleantechnol2040031.

- [49] J. Fiksel, P. Sanjay, y K. Raman, «Steps toward a resilient circular economy in India», *Clean Technol. Environ. Policy*, vol. 23, n.º 1, pp. 203-218, 2021, doi: 10.1007/s10098-020-01982-0.
- [50] A. E. M. Vázquez y Á. R. R. Noya, «Comparación De Normativa Sobre Instalaciones De Vertidos De Residuos En España Y Chile», *Interciencia*, vol. 42, n.º 8, pp. 542-547, 2017.
- [51] A. M. Bustamante, «Comparación de políticas ambientales en la Unión Europea, Comunidad Andina y Mercosur», *Politeia*, vol. 34, n.º 47, pp. 33-54, 2011.
- [52] C. C. Dobre, J. Vinke-de Kruijf, L. Moretto, y M. Ranzato, «Stormwater management in transition: The influence of technical and governance attributes in the case of Brussels, Belgium», *Environ. Sci. Policy*, vol. 85, pp. 1-10, jul. 2018, doi: 10.1016/j.envsci.2018.03.015.
- [53] S. Refulio-Coronado *et al.*, «Coastal and Marine Socio-Ecological Systems: A Systematic Review of the Literature», *Front. Mar. Sci.*, vol. 8, 2021, doi: 10.3389/fmars.2021.648006.
- [54] B. H. Mele, L. Russo, y D. D'Alelio, «Combining marine ecology and economy to roadmap the integrated coastal management: A systematic literature review», *Sustain. Switz.*, vol. 11, n.º 16, 2019, doi: 10.3390/su11164393.
- [55] S. Cesar y O. Jhony, «Corporate Social Responsibility supports the construction of a strong social capital in the mining context: Evidence from Peru», *J. Clean. Prod.*, vol. 267, p. 122162, sep. 2020, doi: 10.1016/j.jclepro.2020.122162.
- [56] S. Moggi, P. Pierce, y N. Bernardi, «From sustainability to thriving: A novel framework for entrepreneurial ecosystems», *Int. Entrep. Manag. J.*, vol. 18, n.º 2, pp. 829-853, jun. 2022, doi: 10.1007/s11365-021-00787-x.
- [57] J. Valdés, Y. Marambio-Alfaro, A. Castillo, M. Guíñez, y O. Cooper, «Metal(oid)s content in High-Andean aquatic systems of the Atacama Desert, Chile: environmental assessment of extreme ecosystems», *Environ. Sci. Pollut. Res.*, vol. 30, n.º 12, pp. 33018-33039, 2023, doi: 10.1007/s11356-022-24294-w.
- [58] F. Karagulian *et al.*, «Contributions to cities' ambient particulate matter (PM): A systematic review of local source contributions at global level», *Atmos. Environ.*, vol. 120, pp. 475-483, 2015, doi: 10.1016/j.atmosenv.2015.08.087.
- [59] P. M. Acosta Castellanos, A. Queiruga-Dios, A. Hernández Encinas, y L. C. Acosta, «Environmental Education in Environmental Engineering: Analysis of the Situation in Colombia and Latin America», *Sustainability*, vol. 12, n.º 18, Art. n.º 18, ene. 2020, doi: 10.3390/su12187239.
- [60] L. Castro-Santos, D. Silva, A. R. Bento, N. Salvação, y C. Guedes Soares, «Economic feasibility of floating offshore wind farms in Portugal», *Ocean Eng.*, vol. 207, 2020, doi: 10.1016/j.oceaneng.2020.107393.
- [61] A. Gutierrez González, «The International Influence of the Emissions Trading System in Mexico», *Springer Clim.*, pp. 91-107, 2022, doi: 10.1007/978-3-030-82759-5_5.
- [62] L. Beaumelle *et al.*, «Biodiversity conservation, ecosystem services and organic viticulture: A glass half-full», *Agric. Ecosyst. Environ.*, vol. 351, 2023, doi: 10.1016/j.agee.2023.108474.
- [63] F. Hossain, «Adaptation measures (AMs) and mitigation policies (MPs) to climate change and sustainable blue economy: A global perspective», *J. Water Clim. Change*, vol. 12, n.º 5, pp. 1344-1369, 2021, doi: 10.2166/wcc.2020.152.
- [64] M. A. Charalambous, V. Tulus, M. W. Ryberg, J. Pérez-Ramírez, y G. Guillén-Gosálbez, «Absolute environmental sustainability assessment of renewable dimethyl ether fuelled heavy-duty trucks», *Sustain. Energy Fuels*, vol. 7, n.º 8, pp. 1930-1941, 2023, doi: 10.1039/d2se01409b.
- [65] MERCOSUR, «Sistema de Información Ambiental del MERCOSUR (SIAM)», MERCOSUR. Accedido: 30 de abril de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.mercosur.int/temas/sistema-de-informacion-ambiental-del-mercosur-siam/>
- [66] C. A. V. Correa, D. T. Orozco, y H. Vargas, «Impuestos ambientales diferenciados espacialmente en Colombia: un modelo teórico de equilibrio general con capital natural», *Cuad. Econ.*, vol. 37, n.º 74, Art. n.º 74, jul. 2018, doi: 10.15446/cuad.econ.v37n74.61553.
- [67] W. J. O. Osorio Vélez, «Aproximación política a la implementación de la gestión ambiental en América Latina desde los Objetivos de Desarrollo del Milenio», *Rev. En-Contexto*, n.º 2, Art. n.º 2, 2018, doi: 10.53995/23463279.134.
- [68] M. Nanekely, M. Scholz, y F. Al-Faraj, «Strategic Framework for Sustainable Management of Drainage Systems in Semi-Arid Cities: An Iraqi Case Study», *Water*, vol. 8, n.º 9, Art. n.º 9, sep. 2016, doi: 10.3390/w8090406.
- [69] S. Savilaakso, N. Lausberg, C. A. Garcia, R. Grenacher, F. Kleinschroth, y P. O. Waeber, «Definitions of and Perspectives on Forests of High Value: A Systematic Map Protocol», *Forests*, vol. 12, n.º 7, Art. n.º 7, jul. 2021, doi: 10.3390/f12070876.