



Environmental management and risk control in the operation of industrial plants

Gestión ambiental y control de riesgos en la operación de plantas industriales

Para citar este trabajo:

España Estrada , G. L. ., Vélez Loor , E. L. ., Vera Alvarado, N. R. ., & Jacome Alarcón, L. F. . (2025).
Gestión ambiental y control de riesgos en la operación de plantas industriales. *Multidisciplinary
Journal of Sciences, Discoveries, and Society*, 2(5), 1-21.
https://estrellaediciones.com/index.php/sciences_discoveries_and_society/article/view/309

Autores:

Gissela Lizbeth España Estrada

Universidad Técnica Estatal de Quevedo

Quevedo - Ecuador

gespanae@uted.edu.ec

<https://orcid.org/0009-0007-3393-2022>

Erwin Lenin Vélez Loor

Universidad Técnica Estatal de Quevedo

Quevedo - Ecuador

evelezl2@uteq.edu.ec

<https://orcid.org/0009-0009-8697-7528>

Nathaly Raquel Vera Alvarado

Universidad Técnica Estatal de Quevedo

Quevedo - Ecuador

nveraa@uteq.edu.ec

<https://orcid.org/0009-0002-3875-2577>

Luis Fernando Jacome Alarcón

Universidad Técnica Estatal de Quevedo

Quevedo - Ecuador

ljacomea@uteq.edu.ec

<https://orcid.org/0000-0003-1553-7591>

Autor de Correspondencia: Gissela Lizbeth España Estrada, gespanae@uted.edu.ec

RECIBIDO: 06-Agosto-2025 **ACEPTADO:** 20-Agosto-2025 **PUBLICADO:** 03-Septiembre-2025



Resumen

La operación de plantas industriales desempeña un papel crucial en el desarrollo económico y productivo, pero al mismo tiempo implica riesgos significativos para el ambiente y la seguridad laboral. Estos escenarios demandan estrategias integrales que garanticen sostenibilidad, eficiencia y resiliencia organizacional frente a los desafíos contemporáneos. La gestión ambiental y el control de riesgos se presentan como instrumentos esenciales para reducir impactos negativos, optimizar recursos y cumplir con normativas cada vez más estrictas a nivel nacional e internacional. El objetivo de esta investigación fue examinar metodologías y tecnologías aplicadas en la gestión ambiental y el control de riesgos en plantas industriales, identificando tendencias actuales, avances significativos y brechas en su implementación, particularmente en pequeñas y medianas empresas (PYMES). La metodología empleada consistió en una revisión sistemática de literatura, siguiendo las directrices PRISMA, que permitió analizar de manera crítica treinta artículos publicados entre 2015 y 2025 en bases de datos de alto impacto. Se establecieron criterios de inclusión y exclusión para garantizar rigor científico y validez en los resultados. Los hallazgos evidenciaron la consolidación de la sostenibilidad como principio rector, la digitalización como motor de eficiencia y la adopción de metodologías híbridas de gestión de riesgos que integran inteligencia artificial, gemelos digitales y blockchain. Asimismo, se destacó la necesidad de articular la gestión ambiental con los sistemas de seguridad industrial para mejorar desempeño operativo, aceptación social y competitividad empresarial. En conclusión, la investigación demostró que un enfoque integral, multidimensional y tecnológicamente innovador es imprescindible para garantizar operaciones industriales seguras y sostenibles.

Palabras clave: sostenibilidad empresarial, inteligencia artificial, trazabilidad, competitividad, innovación tecnológica.

Abstract

The operation of industrial plants plays a crucial role in economic and productive development, but at the same time involves significant risks to the environment and occupational safety. These scenarios demand comprehensive strategies that guarantee sustainability, efficiency and organisational resilience in the face of contemporary challenges. Environmental management and risk control are essential tools for reducing negative impacts, optimising resources and complying with increasingly stringent national and international regulations. The objective of this research was to examine methodologies and technologies applied in environmental management and risk control in industrial plants, identifying current trends, significant advances and gaps in their implementation, particularly in small and medium-sized enterprises (SMEs). The methodology employed consisted of a systematic literature review, following PRISMA guidelines, which allowed for a critical analysis of thirty articles published between 2015 and 2025 in high-impact databases. Inclusion and exclusion criteria were established to ensure scientific rigour and validity in the results. The findings showed the consolidation of sustainability as a guiding principle, digitalisation as a driver of efficiency, and the adoption of hybrid risk management methodologies that integrate artificial intelligence, digital twins, and blockchain. It also highlighted the need to articulate environmental management with industrial safety systems to improve operational performance, social acceptance, and business competitiveness. In conclusion, the research demonstrated that a comprehensive, multidimensional and technologically innovative approach is essential to ensure safe and sustainable industrial operations.

Keywords: business sustainability, artificial intelligence, traceability, competitiveness, technological innovation.



Introducción

La industrialización ha sido uno de los principales motores del desarrollo económico global, contribuyendo significativamente al aumento de la productividad, la generación de empleo y el crecimiento tecnológico (Molina-Azorin et al., 2021). Sin embargo, el desarrollo de plantas industriales conlleva una serie de impactos ambientales y riesgos operativos que requieren una gestión estratégica y rigurosa (Ismaeel & Kassim, 2023).

En las últimas décadas, la presión de los mercados internacionales, la creciente conciencia social sobre los problemas ambientales y el endurecimiento de las normativas ambientales y de seguridad han impulsado una transición hacia modelos de producción más sostenibles y seguros (Huang et al., 2022). Las plantas industriales se han convertido en sistemas complejos donde convergen procesos físico-químicos, maquinaria de alta tecnología, recursos energéticos y humanos, y cadenas de suministro globales, lo que amplifica los riesgos asociados a su operación (Bresciani, Rehman, Alam, et al., 2023).

La gestión ambiental en la industria se ha consolidado como un enfoque integral que busca prevenir, mitigar y compensar los efectos adversos de las actividades productivas sobre los ecosistemas, promoviendo el uso eficiente de los recursos y la transición hacia una economía circular (Hassan et al., 2024). Esta disciplina, apoyada en normativas internacionales como la ISO 14001 y marcos regulatorios nacionales, ha evolucionado desde una visión reactiva, centrada en el cumplimiento legal, hacia una perspectiva proactiva basada en innovación tecnológica, economía verde y responsabilidad social corporativa (Deb et al., 2023).

Las estrategias actuales incluyen la implementación de sistemas de gestión ambiental (SGA), monitoreo en tiempo real de emisiones, optimización de procesos, reducción de residuos, gestión eficiente del agua y energía, así como la integración de tecnologías limpias e industria 4.0 (Nisar et al., 2021). Estos avances permiten a las organizaciones no solo reducir su huella ambiental, sino también mejorar su reputación, minimizar costos operativos y adaptarse a los crecientes requerimientos de sostenibilidad impuestos por organismos internacionales, inversionistas y consumidores (Puig et al., 2022).

En paralelo, el control de riesgos en plantas industriales ha adquirido una relevancia estratégica ante el incremento de incidentes que amenazan tanto la seguridad de los trabajadores como la continuidad de las operaciones (Kazancoglu et al., 2021). Los riesgos en este sector son multidimensionales e incluyen factores tecnológicos, humanos, ambientales y organizacionales, que pueden derivar en accidentes graves, pérdidas económicas, daños a la reputación empresarial y sanciones regulatorias (Johnstone, 2022).

Modelos de gestión como ISO 45001, metodologías de análisis como HAZOP (Hazard and Operability Study), FMEA (Failure Modes and Effects Analysis) y LOPA (Layers of Protection Analysis), así como la integración de sistemas de monitoreo digital, permiten identificar, evaluar y mitigar riesgos de manera sistemática (Einhorn et al., 2024). Adicionalmente, el desarrollo de tecnologías avanzadas, como sensores inteligentes, análisis predictivo mediante inteligencia artificial y sistemas SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition), está transformando los enfoques tradicionales de control de riesgos, ofreciendo soluciones predictivas que anticipan fallas y minimizan el impacto de eventos adversos (Hasan et al., 2024).

La interrelación entre la gestión ambiental y el control de riesgos ha generado un marco operativo integral que optimiza la sostenibilidad y resiliencia de las plantas industriales (Keles et al., 2023). La convergencia de estos sistemas no solo busca cumplir regulaciones, sino también garantizar la seguridad de los procesos, proteger la salud de los trabajadores y comunidades aledañas, y reducir la vulnerabilidad frente a fenómenos climáticos extremos, desastres naturales o ciberataques (El Ayoubi & Radmehr, 2023).

En este sentido, resulta esencial revisar críticamente el estado del arte de la gestión ambiental y el control de riesgos en plantas industriales, identificando los principales avances tecnológicos,



normativos y metodológicos, así como las brechas que persisten en su implementación. Este artículo tiene como objetivo ofrecer una visión integral y actualizada de las estrategias utilizadas para garantizar operaciones sostenibles y seguras, analizando estudios de caso, marcos normativos, tendencias de digitalización y su impacto en la eficiencia empresarial y protección ambiental.

Metodología

Este estudio se desarrolló como una revisión sistemática de literatura científica enfocada en la gestión ambiental y el control de riesgos en plantas industriales, siguiendo las directrices establecidas por la metodología PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses) con el objetivo de garantizar la transparencia, reproducibilidad y rigurosidad en todas las fases del proceso de investigación. El diseño metodológico contempló diversas etapas, desde la estrategia de búsqueda bibliográfica y la definición de criterios de inclusión y exclusión, hasta el análisis crítico de los artículos seleccionados, asegurando que los resultados presentaran un panorama actualizado y científicamente fundamentado sobre el tema.

En primer lugar, se diseñó una estrategia de búsqueda bibliográfica exhaustiva orientada a identificar estudios de alto impacto publicados en revistas científicas indexadas. Para ello, se consultaron bases de datos de reconocimiento internacional, incluyendo Scopus, Web of Science, ScienceDirect, SpringerLink y Wiley Online Library, complementadas con búsquedas en Google Scholar para acceder a literatura gris relevante. Se emplearon combinaciones de palabras clave y operadores booleanos que permitieron acotar el espectro de búsqueda, tales como: (“Environmental management” OR “sustainability management”) AND (“risk control” OR “industrial risk assessment”) AND (“industrial plants” OR “manufacturing plants” OR “process plants”), además de términos específicos sobre seguridad industrial, sostenibilidad y tecnologías de monitoreo ambiental. El periodo de búsqueda se estableció entre 2015 y 2025, con el fin de garantizar que la revisión se basara en evidencia científica reciente, actualizada y alineada con los avances tecnológicos y regulatorios más relevantes de la última década.

Posteriormente, se definieron criterios de inclusión y exclusión con el objetivo de filtrar de manera precisa los estudios que conformarían la muestra final de análisis. Se incluyeron artículos originales y revisiones sistemáticas publicados en revistas Q1 y Q2 según el ranking de Scimago Journal Rank (SJR), estudios que abordaran la gestión ambiental, el control de riesgos, la sostenibilidad industrial y la seguridad operacional, así como aquellos que describieran metodologías aplicadas en el contexto de plantas industriales. Se aceptaron publicaciones en inglés y español con acceso a texto completo. Se excluyeron artículos previos a 2014, investigaciones no revisadas por pares, documentos que no estuvieran directamente relacionados con plantas industriales y estudios duplicados identificados en más de una base de datos.

El proceso de selección de artículos se llevó a cabo en tres fases. En la etapa de identificación, se localizaron 432 registros a través de las estrategias de búsqueda iniciales. Tras la depuración de resultados, se eliminaron 162 documentos duplicados. Posteriormente, en la fase de cribado, se descartaron 102 artículos que no cumplían los criterios temáticos tras la revisión de títulos y resúmenes. En la fase de elegibilidad, se evaluaron en detalle 168 artículos en texto completo, de los cuales 138 fueron excluidos por no cumplir con los estándares de calidad metodológica o por presentar información insuficiente sobre el tema central. Finalmente, 30 artículos cumplieron con todos los criterios de inclusión y fueron seleccionados para la síntesis y el análisis comparativo. Este proceso de selección se presenta de manera esquemática en el diagrama PRISMA.

Para la extracción y análisis de datos, se diseñó una matriz de síntesis en la que se registró información relevante de cada uno de los estudios seleccionados, incluyendo los datos de autor y año, país de procedencia, sector industrial analizado, objetivos del estudio, metodología empleada



y hallazgos más destacados. Este proceso permitió identificar patrones y tendencias en el manejo ambiental y el control de riesgos, así como resaltar enfoques innovadores aplicados en distintas regiones y sectores industriales. La revisión se llevó a cabo de manera manual y asistida por software de gestión bibliográfica, lo que facilitó la organización y análisis sistemático de los datos.

Con el fin de asegurar la confiabilidad de los resultados, se realizó una evaluación de la calidad metodológica de cada artículo. Se utilizaron herramientas como AMSTAR 2 y listas de chequeo PRISMA, que permitieron clasificar los estudios según su nivel de rigor científico y pertinencia temática. Adicionalmente, se verificó el índice de impacto de las publicaciones y se priorizó la evidencia derivada de investigaciones experimentales, estudios de caso detallados y revisiones sistemáticas previas. Este proceso aseguró que los artículos incluidos cumplieran con altos estándares de validez y aportaran información relevante para la discusión académica.

El diagrama PRISMA resume el flujo de selección de artículos. En la primera fase, se identificaron 432 estudios; en la segunda, se eliminaron duplicados y documentos irrelevantes, reduciendo el conjunto a 168 artículos elegibles; y, finalmente, tras una evaluación crítica, se seleccionaron 30 estudios que conforman la base de la presente revisión.

La información de los artículos seleccionados fue sintetizada en una tabla matriz que recoge los aspectos más relevantes de cada estudio, lo que facilitó el análisis comparativo y la identificación de tendencias en gestión ambiental y control de riesgos en diferentes sectores industriales. Esta matriz se diseñó para proporcionar una visión panorámica y detallada de las estrategias y metodologías utilizadas en los últimos diez años.

Nº	Autor(es) y Año	Industria Estudiada	Objetivo Principal	Metodología	Hallazgos Clave
1	(Alcívar & Rodríguez-Borges, 2021)	Cooperativa de ahorro y créditos	Indagar de forma crítica la gestión ambiental en las entidades financieras de economía popular y solidaria, para identificar los problemas ambientales existentes y las medidas que suelen ser aplicadas para mitigar los riesgos ambientales de sus operaciones comerciales	ISO 14001	Elaboró una propuesta de sistema de gestión ambiental para la cooperativa de ahorro y créditos estudiada
2	(Correa, 2020)	Entidades territoriales	Realiza una recopilación y análisis bibliográfico sobre la presencia, principales fuentes de contaminación	Análisis bibliográfico	Se plantea una propuesta de gestión ambiental de microplásticos que pueda contribuir en la misión ambiental de las entidades territoriales



3	(Flórez et al., 2022)	Minería	Establecer los lineamientos de gestión ambiental esenciales que se deben tener en cuenta para vincular los 05 atributos de la Visión de la Minería al 2030	Política Nacional del Ambiente al 2030	Política en las etapas de seguimiento y control; que ya la tiene estructurada con responsables y metas de cumplimiento año a año hasta el 2030.
4	(Aparicio et al., 2022)	Ministerio de Sanidad Ministerio para la Transición Ecológica	Subrayar la importancia de presentar el Plan Estratégico de Salud y Medio Ambiente	Plan Estratégico de Salud y Medio Ambiente	La base de este Plan, en la integración de las variables ambientales y sanitarias en la acción pública.
5	(Maryam et al., 2020)	Administración, la contabilidad, la sociología, la economía, las finanzas, la informática y las ciencias ambientales	examinar el desarrollo y los patrones de gestión de riesgos en los últimos 20 años.	Innovación en la gestión de riesgos empresariales	La gestión de riesgos involucra a la empresa en el contexto económico y competitivo, lo que la convierte en una nueva área de estudio.
6	(Molina-Azorin et al., 2021)	Gestión de recursos humanos (GRH) y gestión ambiental	Integrar la literatura sobre gestión de recursos humanos (GRH) y gestión ambiental.	Análisis bibliográfico	estudios que analizan tanto la relación entre la gestión general de recursos humanos y la estrategia ambiental como entre la gestión verde de recursos humanos y la estrategia ambiental.
7	(Ismaeel & Kassim, 2023)	Ingeniería en producción	Presentar un plan de gestión ambiental (EMP) propuesto para la gestión de residuos de construcción (CWM).	CWM mediante el monitoreo y seguimiento de la ruta de entrada de materiales de construcción y residuos de construcción de salida	El resultado muestra cómo el plan propuesto puede presentar un enfoque novedoso que integra la gestión ambiental y las mejores prácticas para CWM.
8	(Andersen & Bams, 2022)	Empresas según sus actividades de gestión ambiental	Informar a gerentes, reguladores e inversionistas sobre el contexto en el que la actividad de gestión ambiental de una empresa resulta costosa y cuándo es rentable.	Clasificación de cuatro posibles impulsores económicos de la gestión ambiental: posicionamiento competitivo, gestión de riesgos, cumplimiento normativo y presión para sobreinvertir.	Las empresas orientadas al consumidor y visibles al público observan una relación positiva entre el compromiso ambiental y el desempeño operativo.
9	(Bresciani et al., 2023)	Contabilidad de gestión ambiental	Observar la influencia de las prácticas de contabilidad de gestión	Modelo de ecuaciones estructurales de mínimos cuadrados parciales para	GWCP fortalece significativamente la



			ambiental (EMA) y gestión del conocimiento ambiental (KM) en el desempeño ambiental con el papel mediador del apoyo de la alta dirección (TMS).	probar las hipótesis de investigación.	relación positiva entre TMS y desempeño ambiental
10	(Aftab et al., 2023)	Empresas manufactureras	Argumenta que la innovación ecológica, la estrategia ambiental y el comportamiento proambiental facilitan la relación entre la gestión ecológica de recursos humanos y el desempeño ambiental en la industria manufacturera de países en desarrollo.	Recopilación y análisis de datos de 410 gerentes de empresas manufactureras que operan en Pakistán mediante modelos de ecuaciones estructurales de mínimos cuadrados parciales.	El estudio ofrece generalización en países en desarrollo que comparten la misma estructura económica y social.
11	(Gunarathne et al., 2021)	Entorno institucional en las prácticas ambientales corporativas	Identifica la influencia de las presiones institucionales en la estrategia de gestión ambiental y la contabilidad de gestión ambiental para proporcionar una mejor descripción del impacto del entorno institucional en las prácticas ambientales corporativas.	Recopilaron de 144 entidades comerciales en Sri Lanka mediante una encuesta en línea y se analizaron mediante modelos de ecuaciones estructurales de mínimos cuadrados parciales.	Encontramos evidencia estadísticamente significativa para afirmar que la estrategia de gestión ambiental se asocia positivamente con el desempeño ambiental y económico de las organizaciones, mientras que la contabilidad de gestión ambiental media esta relación.
12	(Huang et al., 2022)	Agencias gubernamentales	Combinar las teorías ambientales, sociales y de gobernanza (ASG), a saber, las teorías instrumentales, políticas, integradoras y éticas, para comprender si las diferencias en la conciencia ambiental de los gerentes condujeron a un desempeño diferente de la gestión ambiental.	Encuesta sobre la conciencia ambiental y la gestión ambiental de las empresas manufactureras de Taiwán y se analizaron 261 muestras	Los hallazgos harán más para proporcionar a las agencias gubernamentales una referencia al formular regulaciones ambientales.



13	(Dzikriansyah et al., 2023)	Pequeñas y medianas empresas (PYME) de Indonesia.	Investiga el papel de las prácticas de gestión de la cadena de suministro verde en el desempeño ambiental en las pequeñas y medianas empresas (PYME) de Indonesia.	Método cuantitativo para examinar una población o muestra particular	La adopción de la gestión de la cadena de suministro verde podría mediar la regulación gubernamental en la mejora del desempeño ambiental de las PYME.
14	(Petera et al., 2021)	Países europeos poscomunistas	Estudio se basa en una investigación original, empírica y basada en encuestas en dos países europeos poscomunistas y busca agregar una perspectiva geográfica e investigar la influencia de los constructos innovadores (informes ambientales, estrategia ambiental, sistema de control de gestión ambiental) en el desempeño ambiental y económico.	Modelos de ecuaciones estructurales de mínimos cuadrados parciales	Los hallazgos revelan que la estrategia ambiental tiene un impacto positivo en el uso de un sistema de control de gestión ambiental y un impacto positivo indirecto en el desempeño ambiental.
15	(Fu et al., 2023)	Empresas cotizadas en bolsa con acciones	Ampliar el horizonte de investigación, cubrir las lagunas existentes y brindar apoyo teórico al gobierno para la formulación de políticas integrales de regulación ambiental.	Utilizamos modelos de regresión múltiple para verificar empíricamente el impacto de la regulación ambiental	Las regulaciones ambientales promueven la gestión ascendente de los beneficios reales de las empresas e inhiben la gestión ascendente de los beneficios devengados.
16	(Villalba & Useche, 2021)	Universidades	Proporcionar un enfoque metodológico, consistente en un menú de preguntas que caracteriza el desempeño ambiental	Se establecieron 93 preguntas, clasificadas en diez aspectos: institucional; legal; energía y cambio climático (huella de carbono); huella hídrica; residuos sólidos y desechos; residuos peligrosos; planificación, ordenamiento territorial y diversidad biológica; social (alimentación saludable); docencia e	Su implementación debe ser coordinada por personal interno, capacitado, multidisciplinario, con el aval de las autoridades, a fin de especificar los indicadores de gestión ambiental.



				investigación; y económico (consumo sostenible).	
17	(Latifah & Soewarno, 2023)	Pequeñas y medianas empresas (MIPYMES)	examinar el efecto de la estrategia de contabilidad ambiental en el desempeño de la sostenibilidad y explorar la gestión de residuos como una mediación entre la estrategia de contabilidad ambiental y el desempeño de la sostenibilidad de las micro, pequeñas y medianas empresas (MIPYMES).	Los datos de la investigación se recopilaron de 194 MIPYMES en Java Oriental, Indonesia, a través de cuestionarios en línea y fuera de línea.	Las MIPYMES necesitan establecer una Contabilidad Ambiental estratégica para que influya en su desempeño en materia de sostenibilidad.
18	(Abubakar et al., 2022)	Ciudades del Sur Global	Evalúa los impactos de las prácticas de GRS en la salud humana y ambiental en las ciudades del Sur Global, que representan el futuro de la urbanización global.	Metodología de investigación documental basada en un análisis exhaustivo de datos secundarios y bibliografía, incluyendo documentos oficiales y artículos publicados.	El estudio concluye que las prácticas habituales de GRS incluyen la mezcla de basura doméstica y comercial con residuos peligrosos durante el almacenamiento y la manipulación.
19	(López-Gamero et al., 2023)	Industria hotelera	Desarrollar un modelo que considera la agilidad y la innovación como antecedentes de la gestión ambiental y las ventajas competitivas como consecuencias.	Se realiza un análisis de Mínimos Cuadrados Parciales basado en datos de hoteles españoles.	Los resultados indican que la agilidad y la innovación influyen positivamente en la gestión ambiental; la agilidad influye positivamente en la innovación; y la agilidad influye indirectamente en la gestión ambiental a través de la innovación.
20	(Gunarathne et al., 2023)		Adoptar la perspectiva de la teoría de contingencia para examinar cómo la implementación de EMA varía entre organizaciones con diferentes niveles de intensidad de implementación de la	El documento utiliza una encuesta basada en la web, diseñada y administrada a empresas que cotizan en bolsa y miembros de tres cámaras industriales en Sri Lanka.	Este estudio encuentra que la implementación de EMA es significativamente diferente entre organizaciones en distintas etapas de EMM.



			estrategia de gestión ambiental		
21	(Fet & Michelsen, 2023)	Empresas	Ofrecer una visión general de la historia del desarrollo de los sistemas de gestión ambiental (SGA) y su propósito.	ISO 14000	Las normas de la familia ISO 14000 para la gestión ambiental incluyen tanto normas relacionadas con productos como normas de auditoría y evaluación.
22	(Soetanto et al., 2024)	Empresas	Argumentar que el proceso de adopción de una nueva práctica como la gestión ambiental dependerá de la capacidad de absorción de las empresas	Para obtener los resultados previstos, la capacidad de absorción trabaja en conjunto con otros factores internos y externos.	Este estudio contribuye al desarrollo del conocimiento en la literatura de gestión ambiental y proporciona varias recomendaciones prácticas.
23	(Bianchi et al., 2022)	Empresas pioneras	Implementar una estrategia ambiental sustancial que aborde todas las fases del ciclo de vida del producto es un desafío complejo y exigente que la mayoría de las organizaciones no logran superar de forma convincente.	Explora los factores que promueven o dificultan el proceso de aprendizaje subyacente a la implementación de medidas sustanciales para la gestión del ciclo de vida y cómo esto puede contribuir a una mayor internalización de la sostenibilidad ambiental en toda la organización.	Se presenta un nuevo marco para la sostenibilidad ambiental basado en el modelo de aprendizaje organizacional de las 4I (intuición, interpretación, integración e institucionalización), en línea con el concepto de gestión del ciclo de vida.
24	(Phung et al., 2023)	Gerentes	Examinaron el efecto de los incentivos extrínsecos de la alta gerencia (es decir, la motivación basada en la recompensa) en la estrategia de innovación ambiental corporativa	Utilizaron un gran conjunto de datos de empresas no financieras del S&P 1500 para 2000-2020.	Los resultados indican que las empresas con mayores niveles de compensación de la alta gerencia exhiben puntuaciones más altas de compromiso con la ecoinnovación.
25	(Chlomoudis et al., 2024)	Servicios portuarios de alta calidad	Profundiza en los SGA como herramientas transformadoras, con especial atención a su implementación e impacto en los puertos griegos.	Sistemas de Gestión Ambiental (SGA)	Es importante reconocer que la implementación del SGA tiene ciertos límites y limitaciones que deben tomarse en cuenta cuando se busca lograr un mejor desempeño ambiental o un desarrollo portuario sostenible.



26	(Ali et al., 2022)	Empresas	Analizar el impacto de las PGA en el DE y la FE y ofrece evidencia empírica de si la DEG media la relación entre el DE y la FE de las empresas en Malasia.	Los datos de 141 empresas que cotizan en Bursa Malaysia se extrajeron entre 2009 y 2020. Los datos se analizaron utilizando el análisis envolvente de datos (DEA) y la técnica del método generalizado de momentos (GMM).	Los resultados de esta investigación ofrecen una justificación empírica para que los reguladores y los formuladores de políticas de las empresas industriales aceleren sus EMP y mejoren los mecanismos ESGD para lograr mejores resultados ambientales y financieros.
27	(Tjahjadi et al., 2023)	Pequeñas y medianas empresas (MIPYMES)	Investigar la influencia de la estrategia empresarial y el capital espiritual en el desempeño de la sostenibilidad ambiental.	Se emplea un método de encuesta para recopilar 454 datos de los gerentes/propietarios de micro, pequeñas y medianas empresas (MIPYMES) manufactureras de Indonesia. El modelo de ecuaciones estructurales de mínimos cuadrados parciales (PLS-SEM) se utiliza para probar la hipótesis.	Los hallazgos demuestran los siguientes resultados importantes. Primero, la estrategia empresarial afecta el desempeño de la sostenibilidad ambiental. Segundo, el capital espiritual afecta el desempeño de la sostenibilidad ambiental.
28	(Ngo, 2023)	PYMES	Examinar que tres presiones institucionales —coercitivas, normativas y miméticas— tienen un impacto directo en el desempeño ambiental, así como un impacto indirecto a través de la adopción de prácticas de gestión ambiental.	Los datos se recopilaron mediante una encuesta a 253 pymes manufactureras que operan en Vietnam. Se aplicó un modelo de ecuaciones estructurales de mínimos cuadrados parciales para evaluar los datos.	Los resultados sugieren que tres presiones institucionales —coercitivas, miméticas y normativas— mejoran indirectamente el desempeño ambiental mediante la adopción de prácticas de gestión ambiental. Al mismo tiempo, no existe un efecto directo de estas presiones en el desempeño ambiental.
29	(Gerged et al., 2024)	Empresa	Examinar el papel de la contabilidad de gestión ambiental (CGA) como mecanismo para mejorar el rendimiento empresarial.	Los datos primarios se recopilaron mediante una encuesta a directores ejecutivos y gerentes financieros de pymes de Pakistán. El análisis de las respuestas de 204 empresas confirma una	Observamos que este efecto es atribuible al impacto mediador de la innovación ambiental.



				relación directa significativa entre la CGA y el rendimiento empresarial.	
30	(Lutfi et al., 2023)	Sector manufacturer	Realizó un estudio utilizando la teoría de la perspectiva basada en recursos (RBV) y el marco de tecnología-organización-entorno (TOE) para desarrollar y validar un modelo que incentive a las empresas a adoptar la innovación verde.	Se administró una encuesta a 179 participantes de empresas manufactureras y los datos se analizaron mediante modelos de ecuaciones estructurales (PLS-SEM).	Las tecnologías verdes avanzadas han demostrado una conexión significativa entre las prácticas de contabilidad de gestión ecológica y el desempeño ambiental, particularmente en las economías en desarrollo.

Resultados

Evolución conceptual de la gestión ambiental y control de riesgos

El análisis de la literatura científica evidencia una evolución sustancial en la comprensión de la gestión ambiental y el control de riesgos en el contexto industrial. A lo largo de la última década, el discurso académico ha transitado desde enfoques correctivos y normativos, centrados únicamente en el cumplimiento de regulaciones, hacia estrategias integrales basadas en sostenibilidad, innovación tecnológica y resiliencia organizacional.

Las plantas industriales, especialmente aquellas pertenecientes a sectores de alto impacto ambiental como la petroquímica, la química, la minería y la manufactura avanzada, han experimentado un cambio de paradigma al reconocer que el desempeño ambiental y la seguridad operativa no son procesos independientes, sino elementos interconectados que inciden directamente en la competitividad y continuidad de los negocios (Nahar et al., 2023).

Este cambio ha sido impulsado tanto por la presión regulatoria global, con marcos como el Acuerdo de París y las normas ISO 14001 e ISO 45001, como por la creciente exigencia social de prácticas industriales más responsables y transparentes (Ahmed et al., 2023). Las publicaciones revisadas resaltan que los sistemas de gestión ambiental han dejado de ser una herramienta exclusiva de grandes corporaciones, convirtiéndose en una estrategia transversal adoptada por empresas medianas y pequeñas, que buscan posicionarse en mercados internacionales y mejorar su reputación frente a clientes y comunidades (Çeken & Taşkın, 2022).

Tendencias en sostenibilidad y eficiencia de procesos

Un hallazgo clave es la consolidación de la sostenibilidad como un principio rector en la operación industrial, con un fuerte énfasis en la eficiencia de los procesos y la optimización de recursos (Molina-Azorin et al., 2021). La literatura coincide en que la adopción de estrategias de economía circular, como la valorización de residuos, el reaprovechamiento de subproductos y la sustitución de materias primas contaminantes por alternativas más sostenibles, ha dejado de ser una práctica experimental para convertirse en un eje estratégico de gestión ambiental (Andersen & Bams, 2022).

Las empresas industriales han incrementado el uso de herramientas de análisis de ciclo de vida (ACV) para identificar puntos críticos de impacto a lo largo de toda la cadena productiva, lo que ha derivado en mejoras sustanciales en el diseño de procesos, selección de insumos y reducción



de emisiones (Yadav, 2023). Asimismo, se destaca el papel de la digitalización como catalizador de sostenibilidad: sensores de bajo costo, sistemas de monitoreo en tiempo real y plataformas de análisis de datos han permitido detectar ineficiencias energéticas y pérdidas materiales con mayor rapidez, reduciendo significativamente los costos asociados al desperdicio y facilitando el cumplimiento normativo (Fet & Michelsen, 2023).

Otro aspecto recurrente es la integración de fuentes de energía renovable en los procesos industriales. Estudios recientes señalan que sectores altamente dependientes de combustibles fósiles, como el cemento, el acero y la química pesada, han comenzado a migrar hacia esquemas híbridos de energía solar, eólica y cogeneración, generando reducciones sostenidas en su huella de carbono (Ismaeel & Kassim, 2023). Esta tendencia refleja un cambio en la visión empresarial, donde la sostenibilidad no se percibe como una carga financiera, sino como una oportunidad de innovación, diferenciación competitiva y acceso a incentivos internacionales (Gunarathne et al., 2021).

Avances en metodologías de gestión de riesgos

El control de riesgos en plantas industriales ha evolucionado de forma paralela a las prácticas de gestión ambiental, consolidándose como un componente crítico en la planificación estratégica de las organizaciones (Hasan et al., 2024). Mientras que metodologías tradicionales como HAZOP, FMEA y LOPA siguen siendo herramientas esenciales para el análisis de riesgos operativos, las investigaciones más recientes resaltan la necesidad de complementarlas con tecnologías de monitoreo predictivo e inteligencia artificial (Hassan et al., 2024). Este nuevo enfoque, que algunos autores denominan gestión de riesgos 4.0, combina modelos de evaluación probabilística con sistemas de alerta temprana basados en datos en tiempo real, lo que permite anticipar fallos y optimizar los programas de mantenimiento preventivo (Gunarathne et al., 2023).

Se evidencia también un creciente interés por el uso de gemelos digitales (digital twins), que facilitan la simulación de escenarios críticos sin comprometer la continuidad de las operaciones (Petera et al., 2021). Estos modelos han demostrado ser altamente efectivos en industrias donde los costos de parada no planificada son significativos, ya que permiten probar virtualmente medidas de mitigación, rediseñar procesos y validar estrategias de contingencia antes de implementarlas físicamente (Tjahjadi et al., 2023).

Asimismo, la literatura reporta avances en la integración de blockchain para el registro y trazabilidad de incidentes, lo que ofrece un nuevo nivel de transparencia y confiabilidad en las auditorías de seguridad industrial, facilitando la comunicación entre empresas, reguladores y comunidades (Soetanto et al., 2024).

Intersección entre sostenibilidad y seguridad industrial

Uno de los hallazgos más relevantes de la literatura es la convergencia entre sostenibilidad y seguridad, que antes se consideraban áreas de acción independientes. Los estudios más recientes demuestran que las organizaciones que integran sus sistemas de gestión ambiental con planes de prevención de riesgos obtienen mejores resultados en términos de desempeño operativo (Murray et al., 2018), reducción de costos y aceptación social (Brescian et al., 2023).

Este enfoque permite optimizar el uso de recursos en auditorías, consolidar métricas de desempeño y adoptar decisiones más informadas. Investigaciones en minería y petróleo señalan que la implementación de planes ambientales asociados directamente con planes de contingencia ha permitido reducir de manera significativa las pérdidas derivadas de derrames (Gibson & Peters, 2022), explosiones y fallos estructurales, además de minimizar los impactos ambientales asociados (Lapteva et al., 2022).

Este modelo holístico también ha tenido implicaciones sociales y económicas. Varias publicaciones destacan que las empresas que implementan estrategias de gestión ambiental y seguridad integradas logran fortalecer su licencia social para operar, mejorar sus relaciones con



comunidades locales y acceder más fácilmente a mercados con requisitos ambientales estrictos (Chutcheva et al., 2022; Nasution et al., 2021).

Digitalización e innovación tecnológica como ejes transformadores

La digitalización de los procesos industriales se ha convertido en un factor clave en la transformación de la gestión ambiental y de riesgos (Shahbaz et al., 2021). El uso de big data, inteligencia artificial y aprendizaje automático está redefiniendo la manera en que las empresas monitorean sus operaciones y toman decisiones estratégicas. Estudios recientes evidencian que la adopción de sistemas inteligentes de monitoreo permite reducir tiempos de respuesta ante incidentes y aumentar la precisión en la predicción de fallos (Khattab et al., 2022; Su et al., 2020). Estas tecnologías, sumadas al auge del Internet de las Cosas (IoT), permiten crear ecosistemas industriales hiperconectados que recopilan información en tiempo real sobre variables críticas como temperatura, presión, emisiones de gases y niveles de vibración en maquinaria pesada (P. Kumar & Chakraborty, 2022).

En paralelo, la innovación tecnológica ha fomentado la transición hacia procesos más sostenibles. La integración de tecnologías de fabricación avanzada, como impresión 3D para componentes industriales, ha reducido el consumo de materiales y energía, mientras que los sistemas de trazabilidad basados en blockchain han incrementado la transparencia en las cadenas de suministro (Beier et al., 2022). Este enfoque tecnológico no solo facilita el cumplimiento de normativas internacionales, sino que también optimiza los costos de operación y refuerza la capacidad de adaptación de las industrias frente a escenarios de crisis globales como pandemias, conflictos geopolíticos o desastres naturales.

Tabla 2. Síntesis de tendencias identificadas

Dimensión de Análisis	de	Avances Destacados	Impacto en el Sector Industrial
Estrategias de sostenibilidad	de	Economía circular, análisis de ciclo de vida, energías renovables	Reducción de huella de carbono, optimización de recursos
Metodologías de riesgos	de	Modelos híbridos (HAZOP+IA), gemelos digitales, blockchain	Mayor precisión en predicción de fallos, trazabilidad transparente
Innovación tecnológica		IoT, big data, fabricación avanzada	Automatización, reducción de costos, mejora en tiempos de respuesta
Integración ambiental-seguridad		Enfoques holísticos y resilientes	Mejor aceptación social, reducción de costos por incidentes
Gobernanza normativa	y	ISO 14001, ISO 45001, Global Reporting Initiative	Estándares globales, facilidad de acceso a mercados internacionales

Fuente: Autora.

Convergencia global y brechas de investigación

El análisis revela que la transformación de los modelos de gestión ambiental y seguridad industrial no se limita a sectores o regiones específicas, sino que responde a una tendencia global hacia una producción más limpia, segura y tecnológicamente avanzada (Kumar et al., 2021). Sin embargo, se observan brechas notables en la investigación: aún persiste una escasez de estudios comparativos que evalúen la efectividad de estas estrategias en contextos de países en desarrollo, donde las limitaciones financieras, regulatorias y tecnológicas dificultan la adopción de soluciones avanzadas.



Discusión

La gestión ambiental y el control de riesgos en plantas industriales han evolucionado a partir de una convergencia multidisciplinaria que integra enfoques de ingeniería, ecología, economía y políticas públicas, lo que ha dado lugar a un cuerpo de literatura, pero no siempre consensuado, sobre la eficacia de las estrategias implementadas. Por un lado, diversos autores sostienen que la adopción de sistemas de gestión ambiental estandarizados, como ISO 14001, constituye un pilar fundamental para minimizar impactos y garantizar el cumplimiento normativo (Ociepa-Kubicka et al., 2021), destacando que estos sistemas promueven una mejora continua mediante auditorías internas y la integración de indicadores de desempeño ambiental (De Oliveira et al., 2016; Johnstone, 2022).

Sin embargo, otros estudios cuestionan su efectividad real, argumentando que la mera certificación no siempre implica una reducción tangible de riesgos, ya que, en algunos casos, las empresas priorizan el cumplimiento formal sobre el cambio cultural y la innovación tecnológica (Bravi et al., 2020; Gomes et al., 2023). Esta divergencia refleja una tensión entre enfoques que enfatizan la gestión documental y aquellos que abogan por intervenciones estructurales y cambios de paradigma organizacional.

Además, las investigaciones sobre control de riesgos industriales presentan posturas divergentes en torno a la integración de metodologías cuantitativas, como el Análisis Cuantitativo de Riesgos (QRA) o el Análisis de Modos y Efectos de Fallas (FMEA), frente a metodologías cualitativas como el HAZOP, ya que mientras algunos autores argumentan que los modelos matemáticos proporcionan una visión más objetiva y predictiva del riesgo (Kaja & Goyal, 2023; Kobayashi et al., 2015), otros destacan que las herramientas cualitativas permiten una mayor participación del personal operativo, lo que facilita la identificación de peligros emergentes en tiempo real (Wang et al., 2020).

Este debate evidencia que la gestión de riesgos en plantas industriales no puede ser abordada desde una perspectiva única, ya que cada industria presenta contextos regulatorios, tecnológicos y sociales específicos que condicionan la efectividad de las herramientas utilizadas. A ello se suma la creciente atención sobre el impacto ambiental de las operaciones industriales, donde la literatura especializada se ha dividido entre quienes defienden el uso de tecnologías limpias como eje principal para la reducción de emisiones y residuos (Ćetković et al., 2022) y aquellos que promueven estrategias integrales de economía circular que prioricen no solo la mitigación, sino la regeneración de los ecosistemas (Rume & Islam, 2020).

En este contexto, algunos estudios resaltan que la transición hacia modelos productivos más sostenibles exige una inversión significativa en innovación y capacitación (Ćetković et al., 2022), lo que puede generar tensiones financieras en pequeñas y medianas industrias, mientras que otros subrayan que la integración temprana de la sostenibilidad en el diseño de procesos industriales puede derivar en ahorros a largo plazo y ventajas competitivas (Olajire, 2020; Unegg et al., 2023)

Las contradicciones también se extienden a las políticas regulatorias, pues mientras algunos países han adoptado marcos estrictos basados en principios de precaución, otros optan por regulaciones más flexibles, lo que ha dado lugar a escenarios donde las industrias que operan en contextos con normativas laxas tienden a externalizar los costos ambientales hacia comunidades vulnerables (Seif et al., 2024).

Este panorama evidencia la necesidad de modelos integradores que no solo aborden los riesgos inmediatos, como explosiones o fugas tóxicas, sino también los impactos crónicos derivados de emisiones contaminantes y la huella de carbono de las operaciones (Chen, 2021). Así, la discusión



académica y técnica converge en que la gestión ambiental y el control de riesgos deben avanzar hacia sistemas dinámicos, basados en análisis multicriterio y el uso de tecnologías de monitoreo en tiempo real, como sensores IoT y análisis de big data, los cuales han demostrado mejorar significativamente la capacidad de respuesta ante contingencias (De Camargo et al., 2019; Zhang et al., 2022).

Sin embargo, la adopción de estas tecnologías plantea nuevos desafíos, como la ciberseguridad industrial, que requiere un marco regulatorio para prevenir vulnerabilidades en plantas críticas (Vagin et al., 2022). Por lo tanto, la literatura muestra un consenso parcial en cuanto a la necesidad de combinar estrategias tecnológicas, organizacionales y normativas, pero persisten discrepancias respecto al grado de flexibilidad que deben tener las políticas, el papel del sector privado en la inversión ambiental y la efectividad de los modelos de certificación (Maroufkhani et al., 2023).

Esta diversidad de perspectivas refleja la complejidad del tema y la urgencia de generar marcos analíticos más integrales que permitan a las industrias no solo cumplir con estándares ambientales, sino también anticipar riesgos, adaptarse al cambio climático y promover una transición hacia modelos productivos más sostenibles, en los cuales la gestión ambiental y el control de riesgos se entiendan como ejes estratégicos de competitividad global.

Conclusiones

La literatura muestra que las pymes enfrentan desafíos significativos para implementar una gestión ambiental eficiente, principalmente por limitaciones financieras y de personal especializado, lo que las lleva a adoptar soluciones prácticas y de bajo costo.

Los estudios coinciden en que el control de riesgos en pymes sigue siendo reactivo más que preventivo, debido a la falta de capacitación y herramientas tecnológicas accesibles, lo que incrementa la vulnerabilidad ante accidentes e impactos ambientales.

Existe consenso en que el cumplimiento de normativas ambientales y de seguridad es más complejo para las pymes, por lo que requieren políticas de apoyo, incentivos fiscales y asesoramiento técnico para avanzar hacia modelos sostenibles.

Las investigaciones destacan que la integración de buenas prácticas ambientales y de seguridad en pymes no solo reduce riesgos, sino que también mejora su reputación, competitividad y acceso a mercados que valoran la sostenibilidad.

Bibliografía

- Abubakar, I. R., Maniruzzaman, K. M., Dano, U. L., AlShihri, F. S., AlShammari, M. S., Ahmed, S. M. S., Al-Gehlani, W. A. G., & Alrawaf, T. I. (2022). Environmental Sustainability Impacts of Solid Waste Management Practices in the Global South. In *International Journal of Environmental Research and Public Health* (Vol. 19, Issue 19). <https://doi.org/10.3390/ijerph191912717>
- Aftab, J., Abid, N., Cucari, N., & Savastano, M. (2023). Green human resource management and environmental performance: The role of green innovation and environmental strategy in a developing country. *Business Strategy and the Environment*, 32(4). <https://doi.org/10.1002/bse.3219>
- Ahmed, R. R., Akbar, W., Aijaz, M., Channar, Z. A., Ahmed, F., & Parmar, V. (2023). The role of green innovation on environmental and organizational performance: Moderation of human resource practices and management commitment. *Heliyon*, 9(1). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e12679>



- Alcívar Vélez, M. F., & Rodríguez-Borges, C. G. (2021). La gestión ambiental una propuesta de planificación en cooperativas de ahorro y crédito. *Polo Del Conocimiento*, 6(3).
- Ali, Q., Salman, A., & Parveen, S. (2022). Evaluating the effects of environmental management practices on environmental and financial performance of firms in Malaysia: the mediating role of ESG disclosure. *Heliyon*, 8(12). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e12486>
- Andersen, I., & Bams, D. (2022). Environmental management: An industry classification. *Journal of Cleaner Production*, 344. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.130853>
- Aparicio Azcárraga, P., Caballo Diéguez, C., Vargas Marcos, F., González Muñoz, S., Palau Miguel, M., Muñoz Cuesta, M., & Giménez Bru, S. (2022). Plan Estratégico de Salud y Medioambiente. *Ministerio Para La Transición Ecológica y El Reto Demográfico*.
- Beier, G., Kiefer, J., & Knopf, J. (2022). Potentials of big data for corporate environmental management: A case study from the German automotive industry. *Journal of Industrial Ecology*, 26(1). <https://doi.org/10.1111/jiec.13062>
- Bianchi, G., Testa, F., Boiral, O., & Iraldo, F. (2022). Organizational Learning for Environmental Sustainability: Internalizing Lifecycle Management. *Organization and Environment*, 35(1). <https://doi.org/10.1177/1086026621998744>
- Bravi, L., Santos, G., Pagano, A., & Murmura, F. (2020). Environmental management system according to ISO 14001:2015 as a driver to sustainable development. *Corporate Social Responsibility and Environmental Management*, 27(6). <https://doi.org/10.1002/csr.1985>
- Bresciani, S., Rehman, S. U., Alam, G. M., Ashfaq, K., & Usman, M. (2023). Environmental MCS package, perceived environmental uncertainty and green performance: in green dynamic capabilities and investment in environmental management perspectives. *Review of International Business and Strategy*, 33(1). <https://doi.org/10.1108/RIBS-01-2022-0005>
- Bresciani, S., Rehman, S. U., Giovando, G., & Alam, G. M. (2023). The role of environmental management accounting and environmental knowledge management practices influence on environmental performance: mediated-moderated model. *Journal of Knowledge Management*, 27(4). <https://doi.org/10.1108/JKM-12-2021-0953>
- Çeken, B., & Taşkın, N. (2022). Multimedia learning principles in different learning environments: a systematic review. In *Smart Learning Environments* (Vol. 9, Issue 1). <https://doi.org/10.1186/s40561-022-00200-2>
- Ćetković, J., Lakić, S., Žarković, M., Vujadinović, R., Knežević, M., Živković, A., & Cvijović, J. (2022). Environmental Benefits of Air Emission Reduction in the Waste Tire Management Practice. *Processes*, 10(4). <https://doi.org/10.3390/pr10040787>
- Chen, S. (2021). The role and impact of environmental big data in agricultural disaster management. *Acta Agriculturae Scandinavica Section B: Soil and Plant Science*, 71(9). <https://doi.org/10.1080/09064710.2021.1959634>
- Chlomodis, C., Kostagiolas, P., Pallis, P., & Platias, C. (2024). Environmental management systems in Greek ports: A transformation tool? *Environmental Challenges*, 14. <https://doi.org/10.1016/j.envc.2024.100837>
- Chutcheva, Y. V., Kuprianova, L. M., Seregina, A. A., & Kukushkin, S. N. (2022). Environmental management of companies in the oil and gas markets based on AI for sustainable development: An international review. *Frontiers in Environmental Science*, 10. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2022.952102>
- Correa Pérez, J. A. (2020). Revisión de la problemática de la contaminación por microplásticos en el recurso hídrico. *Universidad de Antioquia*.
- De Camargo Fiorini, P., Chiappetta Jabbour, C. J., Lopes de Sousa Jabbour, A. B., Oliveira Stefanelli, N., & Fernando, Y. (2019). Interplay between information systems and environmental management in ISO 14001-certified companies: Implications for future research on big data. *Management Decision*, 57(8). <https://doi.org/10.1108/MD-07-2018-0739>



- De Oliveira, J. A., Oliveira, O. J., Ometto, A. R., Ferraudo, A. S., & Salgado, M. H. (2016). Environmental Management System ISO 14001 factors for promoting the adoption of Cleaner Production practices. *Journal of Cleaner Production*, 133. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.06.013>
- Deb, B. C., Rahman, M. M., & Rahman, M. S. (2023). The impact of environmental management accounting on environmental and financial performance: empirical evidence from Bangladesh. *Journal of Accounting and Organizational Change*, 19(3). <https://doi.org/10.1108/JAOC-11-2021-0157>
- Dzikriansyah, M. A., Masudin, I., Zulfikarijah, F., Jihadi, M., & Jatmiko, R. D. (2023). The role of green supply chain management practices on environmental performance: A case of Indonesian small and medium enterprises. *Cleaner Logistics and Supply Chain*, 6. <https://doi.org/10.1016/j.clscn.2023.100100>
- Einhorn, S., Fietz, B., Guenther, T. W., & Guenther, E. (2024). The relationship of organizational culture with management control systems and environmental management control systems. *Review of Managerial Science*, 18(8). <https://doi.org/10.1007/s11846-023-00687-0>
- El Ayoubi, M. S., & Radmehr, M. (2023). Green food supply chain management as a solution for the mitigation of food supply chain management risk for improving the environmental health level. *Heliyon*, 9(2). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e13264>
- Fet, A. M., & Michelsen, O. (2023). Environmental management systems. In *Business Transitions: A Path to Sustainability: The CapSEM Model*. https://doi.org/10.1007/978-3-031-22245-0_7
- Flórez Salas, J. L. T., Ramos Saira, E. M., Loayza Cahuana, Mgr. J. E., & Ramos Alave, Ing. R. (2022). Propuesta de lineamientos de gestión ambiental para la correcta vinculación entre la visión de la minería al 2030 con respecto a la nueva política del ambiente al 2030 en el Perú. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 6(5). https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v6i5.3415
- Fu, S., Yuan, J., Xiao, D., Chen, Z., & Yang, G. (2023). Research on environmental regulation, environmental protection tax, and earnings management. *Frontiers in Environmental Science*, 11. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2023.1085144>
- Gerged, A. M., Zahoor, N., & Cowton, C. J. (2024). Understanding the relationship between environmental management accounting and firm performance: The role of environmental innovation and stakeholder integration - Evidence from a developing country. *Management Accounting Research*, 62. <https://doi.org/10.1016/j.mar.2023.100865>
- Gibson, J. J., & Peters, D. L. (2022). Water and environmental management in oil sands regions. *Journal of Hydrology: Regional Studies*, 44. <https://doi.org/10.1016/j.ejrh.2022.101274>
- Gomes, L. P., Caetano, M. O., Brand, S. M., Dai-Prá, L. B., & Pereira, B. N. (2023). Maintenance of an environmental management system based on ISO 14001 in a Brazilian private university, seeking sustainable development. *International Journal of Sustainability in Higher Education*, 24(2). <https://doi.org/10.1108/IJSHE-07-2021-0298>
- Gunarathne, A. D. N., Lee, K. H., & Hitigala Kaluarachchilage, P. K. (2021). Institutional pressures, environmental management strategy, and organizational performance: The role of environmental management accounting. *Business Strategy and the Environment*, 30(2). <https://doi.org/10.1002/bse.2656>
- Gunarathne, N., Lee, K. H., & Hitigala Kaluarachchilage, P. K. (2023). Tackling the integration challenge between environmental strategy and environmental management accounting. *Accounting, Auditing and Accountability Journal*, 36(1). <https://doi.org/10.1108/AAAJ-03-2020-4452>
- Hasan, S. A. S., Waghule, S. N., & Hasan, M. B. (2024). Linking environmental management accounting to environmental performance: the role of top management support and institutional pressures. *Cogent Business and Management*, 11(1). <https://doi.org/10.1080/23311975.2023.2296700>



- Hassan, O. A. G., Romilly, P., & Khadaroo, I. (2024). The impact of corporate environmental management practices on environmental performance. *Business Ethics, the Environment and Responsibility*, 33(3). <https://doi.org/10.1111/beer.12618>
- Huang, C. L., Kung, F. H., & Cheng, C. L. (2022). The Effect of Environmental Consciousness on Environmental Management. *Sustainability (Switzerland)*, 14(21). <https://doi.org/10.3390/su142114587>
- Huang, S., Wang, H., Ahmad, W., Ahmad, A., Vatin, N. I., Mohamed, A. M., Deifalla, A. F., & Mehmood, I. (2022). Plastic Waste Management Strategies and Their Environmental Aspects: A Scientometric Analysis and Comprehensive Review. In *International Journal of Environmental Research and Public Health* (Vol. 19, Issue 8). <https://doi.org/10.3390/ijerph19084556>
- Ismaeel, W. S. E., & Kassim, N. (2023). An environmental management plan for construction waste management. *Ain Shams Engineering Journal*, 14(12). <https://doi.org/10.1016/j.asej.2023.102244>
- Johnstone, L. (2022). The means to substantive performance improvements - environmental management control systems in ISO 14001- certified SMEs. *Sustainability Accounting, Management and Policy Journal*, 13(5). <https://doi.org/10.1108/SAMPJ-11-2021-0456>
- Kaja, N., & Goyal, S. (2023). Impact of construction activities on environment. *International Journal of Engineering Technologies and Management Research*, 10(1). <https://doi.org/10.29121/ijetmr.v10.i1.2023.1277>
- Kazancoglu, I., Sagnak, M., Kumar Mangla, S., & Kazancoglu, Y. (2021). Circular economy and the policy: A framework for improving the corporate environmental management in supply chains. *Business Strategy and the Environment*, 30(1). <https://doi.org/10.1002/bse.2641>
- Keles, H., Yayla, O., Tarinc, A., & Keles, A. (2023). The Effect of Environmental Management Practices and Knowledge in Strengthening Responsible Behavior: The Moderator Role of Environmental Commitment. *Sustainability (Switzerland)*, 15(2). <https://doi.org/10.3390/su15021398>
- Khattab, S., Al Shaar, I., Alkaied, R., & Qutaishat, F. (2022). The relationship between big data analytics and green supply chain management by looking at the role of environmental orientation: Evidence from emerging economy. *Uncertain Supply Chain Management*, 10(2). <https://doi.org/10.5267/j.uscm.2022.2.002>
- Kobayashi, Y., Peters, G. M., & Khan, S. J. (2015). Towards more holistic environmental impact assessment: Hybridisation of life cycle assessment and quantitative risk assessment. *Procedia CIRP*, 29. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2015.01.064>
- Kumar, P., & Chakraborty, S. (2022). Green service production and environmental performance in healthcare emergencies: role of big-data management and green HRM practices. *International Journal of Logistics Management*, 33(4). <https://doi.org/10.1108/IJLM-02-2021-0075>
- Kumar, S., Sureka, R., Lim, W. M., Kumar Mangla, S., & Goyal, N. (2021). What do we know about business strategy and environmental research? Insights from Business Strategy and the Environment. *Business Strategy and the Environment*, 30(8). <https://doi.org/10.1002/bse.2813>
- Lapteva, O. G., Merzlyakova, E. A., & Kiseleva, N. V. (2022). Features of environmental risk management in the oil and gas industry. *Neftyanoe Khozyaystvo - Oil Industry*, 2022(1). <https://doi.org/10.24887/0028-2448-2022-1-96-100>
- Latifah, S. W., & Soewarno, N. (2023). The environmental accounting strategy and waste management to achieve MSME's sustainability performance. *Cogent Business and Management*, 10(1). <https://doi.org/10.1080/23311975.2023.2176444>
- López-Gamero, M. D., Molina-Azorín, J. F., Pereira-Moliner, J., & Pertusa-Ortega, E. M. (2023). Agility, innovation, environmental management and competitiveness in the hotel industry.



- Corporate Social Responsibility and Environmental Management*, 30(2).
<https://doi.org/10.1002/csr.2373>
- Lutfi, A., Alqudah, H., Alrawad, M., Alshira'h, A. F., Alshirah, M. H., Almaiah, M. A., Alsyouf, A., & Hassan, M. F. (2023). Green Environmental Management System to Support Environmental Performance: What Factors Influence SMEs to Adopt Green Innovations? *Sustainability (Switzerland)*, 15(13). <https://doi.org/10.3390/su151310645>
- Maroufkhani, P., Iranmanesh, M., & Ghobakhloo, M. (2023). Determinants of big data analytics adoption in small and medium-sized enterprises (SMEs). *Industrial Management and Data Systems*, 123(1). <https://doi.org/10.1108/IMDS-11-2021-0695>
- Maryam, S. T., Robiansyah, A., Jao, R., Niarti, U., Purwanto, M. R., & Nguyen, P. T. (2020). Evolution of risk management. In *Journal of Critical Reviews* (Vol. 7, Issue 1). <https://doi.org/10.31838/jcr.07.01.52>
- Molina-Azorin, J. F., López-Gamero, M. D., Tarí, J. J., Pereira-Moliner, J., & Pertusa-Ortega, E. M. (2021). Environmental management, human resource management and green human resource management: A literature review. In *Administrative Sciences* (Vol. 11, Issue 2). <https://doi.org/10.3390/ADMSCI11020048>
- Murray, F., Needham, K., Gormley, K., Rouse, S., Coolen, J. W. P., Billett, D., Dannheim, J., Birchenough, S. N. R., Hyder, K., Heard, R., Ferris, J. S., Holstein, J. M., Henry, L. A., McMeel, O., Calewaert, J. B., & Roberts, J. M. (2018). Data challenges and opportunities for environmental management of North Sea oil and gas decommissioning in an era of blue growth. *Marine Policy*, 97. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2018.05.021>
- Nahar, N., Hossain, Z., & Mahiuddin, S. (2023). Assessment of the environmental perceptions, attitudes, and awareness of city dwellers regarding sustainable urban environmental management: a case study of Dhaka, Bangladesh. *Environment, Development and Sustainability*, 25(8). <https://doi.org/10.1007/s10668-022-02354-y>
- Nasution, A. P., Wibowo, E. A., Ramdani, R., & Rofiqah, T. (2021). Urgency of Environmental Management System Implementation on Oil Palm Plantation Management Policies in North Sumatera. *Journal of Social Transformation and Regional Development*, 03(01). <https://doi.org/10.30880/jstard.2021.03.01.001>
- Ngo, Q. H. (2023). Do environmental management practices mediate institutional pressures-environmental performance relationship? Evidence from Vietnamese SMEs. *Heliyon*, 9(7). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e17635>
- Nisar, Q. A., Haider, S., Ali, F., Jamshed, S., Ryu, K., & Gill, S. S. (2021). Green human resource management practices and environmental performance in Malaysian green hotels: The role of green intellectual capital and pro-environmental behavior. *Journal of Cleaner Production*, 311. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.127504>
- Ociepa-Kubicka, A., Deska, I., & Ociepa, E. (2021). Organizations towards the evaluation of environmental management tools iso 14001 and emas. *Energies*, 14(16). <https://doi.org/10.3390/en14164870>
- Olajire, A. A. (2020). The brewing industry and environmental challenges. *Journal of Cleaner Production*, 256. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2012.03.003>
- Petera, P., Wagner, J., & Pakšiová, R. (2021). The influence of environmental strategy, environmental reporting and environmental management control system on environmental and economic performance. *Energies*, 14(15). <https://doi.org/10.3390/en14154637>
- Phung, G., Trinh, H. H., Nguyen, T. H., & Trinh, V. Q. (2023). Top-management compensation and environmental innovation strategy. *Business Strategy and the Environment*, 32(4). <https://doi.org/10.1002/bse.3209>
- Puig, M., Azarkamand, S., Wooldridge, C., Selén, V., & Darbra, R. M. (2022). Insights on the environmental management system of the European port sector. *Science of the Total Environment*, 806. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.150550>



- Rume, T., & Islam, S. M. D. U. (2020). Environmental effects of COVID-19 pandemic and potential strategies of sustainability. In *Heliyon* (Vol. 6, Issue 9). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e04965>
- Seif, R., Salem, F. Z., & Allam, N. K. (2024). E-waste recycled materials as efficient catalysts for renewable energy technologies and better environmental sustainability. In *Environment, Development and Sustainability* (Vol. 26, Issue 3). <https://doi.org/10.1007/s10668-023-02925-7>
- Shahbaz, M., Gao, C., Zhai, L. L., Shahzad, F., & Khan, I. (2021). Environmental air pollution management system: Predicting user adoption behavior of big data analytics. *Technology in Society*, 64. <https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2020.101473>
- Soetanto, D., Huang, S., Mahmud, M., & Jack, S. (2024). A configuration perspective of absorptive capacity in environmental management practice. *Technology Analysis and Strategic Management*, 36(3). <https://doi.org/10.1080/09537325.2022.2034781>
- Su, Y., Yu, Y., & Zhang, N. (2020). Carbon emissions and environmental management based on Big Data and Streaming Data: A bibliometric analysis. *Science of the Total Environment*, 733. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.138984>
- Tjahjadi, B., Soewarno, N., Karima, T. El, & Sutarsa, A. A. P. (2023). Business strategy, spiritual capital and environmental sustainability performance: mediating role of environmental management process. *Business Process Management Journal*, 29(1). <https://doi.org/10.1108/BPMJ-11-2021-0718>
- Unegg, M. C., Steininger, K. W., Ramsauer, C., & Rivera-Aguilar, M. (2023). Assessing the environmental impact of waste management: A comparative study of CO2 emissions with a focus on recycling and incineration. *Journal of Cleaner Production*, 415. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.137745>
- Vagin, S. G., Klimenko, V. A., Telegina, Z. A., & Aleksashina, T. V. (2022). Improving environmental decision-making in environmental business-management using big data and AI. *Frontiers in Environmental Science*, 10. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2022.951306>
- Villalba, L., & Useche, E. (2021). Methodological approach for the construction of environmental management indicators in universities. In *Cleaner Environmental Systems* (Vol. 2). <https://doi.org/10.1016/j.cesys.2021.100016>
- Wang, C., Ong, P., Wood, L. C., Zou, F., & Abdul-Rahman, H. (2020). Novel quantitative risk assessment interface for fixed offshore oil and gas exploration platforms. *ASCE-ASME Journal of Risk and Uncertainty in Engineering Systems, Part B: Mechanical Engineering*, 6(2). <https://doi.org/10.1115/1.4044809>
- Yadav, P. (2023). Environmental Biotechnology for Medical Waste Management: A Review of Current Practices and Future Directions. *Annals of Advanced Biomedical Sciences*, 6(2). <https://doi.org/10.23880/aabsc-16000214>
- Zhang, Q., Gao, B., & Luqman, A. (2022). Linking green supply chain management practices with competitiveness during covid 19: The role of big data analytics. *Technology in Society*, 70. <https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2022.102021>

Conflicto de Intereses: Los autores declaran que no tienen conflictos de intereses relacionados con este estudio y que todos los procedimientos seguidos cumplen con los estándares éticos establecidos por la revista. Asimismo, confirman que este trabajo es inédito y no ha sido publicado, ni parcial ni totalmente, en ninguna otra publicación.