

Fecha de recepción: 2025-08-16

Fecha de aceptación: 2025-09-16

Fecha de publicación: 2025-10-16

Indicadores de desempeño ambiental en empresas de manufactura limpia

Bryan Lenin Cevallos Cantos

lenincantoos@gmail.com

<https://orcid.org/0009-0005-0772-1518>

Universidad Agraria del Ecuador

Guayaquil - Ecuador

Resumen

El estudio analiza los indicadores de desempeño ambiental en empresas de manufactura limpia frente a la creciente necesidad de reducir impactos ecológicos asociados a los procesos industriales. La problemática se centra en la limitada integración de sistemas de medición ambiental que permitan evaluar de manera integral la sostenibilidad empresarial. El objetivo fue analizar el comportamiento de los indicadores de desempeño ambiental en el periodo 2021–2023. La metodología fue cuantitativa, con alcance descriptivo-correlacional, diseño no experimental de corte longitudinal, basada en revisión documental de fuentes estatales e internacionales como INEC, Ministerio del Ambiente, Banco Mundial y CEPAL. Se aplicaron técnicas estadísticas como correlación de Pearson, regresión lineal múltiple y análisis de conglomerados. Los principales resultados evidencian una reducción de las emisiones industriales en 2023, aunque las emisiones totales nacionales continúan en aumento. Asimismo, se identificó una relación significativa entre procesos industriales y emisiones globales, junto con la existencia de tres niveles diferenciados de desempeño ambiental empresarial. En síntesis, se concluye que existen avances parciales en la manufactura limpia, pero persisten brechas en la adopción homogénea de indicadores ambientales y tecnologías sostenibles.

Palabras clave: indicadores ambientales, manufactura limpia, sostenibilidad industrial, eficiencia energética, desempeño ambiental, gestión ambiental.

Environmental Performance Indicators in Clean Manufacturing Companies

Abstract

This study analyzes environmental performance indicators in clean manufacturing companies in response to the growing need to reduce ecological impacts associated with industrial processes. The problem focuses on the limited integration of environmental measurement systems that allow a comprehensive assessment of corporate sustainability. The objective was to analyze the behavior of environmental performance indicators during the period 2021–2023. The methodology was quantitative, with a descriptive-correlational scope and a non-experimental longitudinal design, based on documentary review of national and international sources such as INEC, the Ministry of Environment, the World Bank, and ECLAC. Statistical techniques including Pearson correlation, multiple linear regression, and cluster analysis were applied. The main results show a reduction in industrial emissions in 2023, although total national emissions continue to increase. A significant relationship between industrial processes and overall emissions was also identified, along with three differentiated levels of environmental performance among companies. In conclusion, partial progress in clean manufacturing is evident; however, gaps remain in the consistent adoption of environmental indicators and sustainable technologies.

Keywords: environmental indicators, clean manufacturing, industrial sustainability, energy efficiency, environmental performance, environmental management.

Introducción

La transformación de los sistemas productivos industriales hacia modelos sostenibles ha adquirido una relevancia estratégica en el escenario económico global debido al incremento de regulaciones ambientales, las exigencias de los mercados internacionales y la necesidad de reducir los impactos ecológicos derivados de las actividades manufactureras. Históricamente, el sector industrial ha sido identificado como uno de los principales generadores de emisiones contaminantes, residuos sólidos, consumo intensivo de agua y altos niveles de demanda energética, situación que ha impulsado la adopción progresiva de modelos de manufactura limpia orientados a minimizar externalidades ambientales sin afectar la competitividad empresarial. En este contexto, los indicadores de desempeño ambiental se consolidan como herramientas técnicas esenciales para medir el comportamiento ecológico de las organizaciones mediante variables como emisiones de carbono, eficiencia energética, reutilización de materias primas, tratamiento de residuos y cumplimiento normativo ambiental. Córdova (2021) sostiene que la incorporación de métricas ambientales permite fortalecer la toma de decisiones estratégicas dentro de los sistemas productivos, mientras que Aguilar y Mendoza (2022) identifican que las empresas manufactureras que monitorean permanentemente su desempeño ambiental registran mayores niveles de eficiencia operativa y reducción de costos asociados al desperdicio industrial.

Desde una perspectiva internacional, la manufactura limpia se ha convertido en un componente esencial de las estrategias corporativas vinculadas con sostenibilidad y responsabilidad ambiental. Los compromisos derivados de la Agenda 2030 y los acuerdos climáticos internacionales han obligado a múltiples industrias a rediseñar sus procesos operativos bajo criterios de producción sostenible. Sectores como el automotriz, químico,

textil y alimentario han incrementado significativamente la utilización de indicadores ambientales para controlar el uso de recursos y disminuir impactos ecológicos negativos. Hernández et al. (2021) señalan que las empresas manufactureras latinoamericanas aún presentan dificultades estructurales para consolidar sistemas homogéneos de medición ambiental, mientras que Paredes y Salazar (2022) concluyen que la ecoeficiencia empresarial mejora cuando existe una adecuada integración de indicadores ambientales dentro de los sistemas de gestión organizacional.

En el mismo sentido, la incorporación de tecnologías emergentes vinculadas con la industria 4.0 ha fortalecido significativamente la capacidad de monitoreo ambiental dentro de los entornos manufactureros. El uso de sensores inteligentes, sistemas automatizados de control y herramientas de analítica avanzada permite supervisar en tiempo real variables relacionadas con consumo energético, emisiones industriales y generación de residuos. Ramírez et al. (2023) explican que la digitalización ambiental mejora la trazabilidad de los procesos productivos y optimiza los niveles de cumplimiento regulatorio. De forma complementaria, Villalba y Torres (2021) argumentan que las empresas que integran herramientas tecnológicas de monitoreo ambiental logran ventajas competitivas sostenibles en mercados cada vez más exigentes.

En América Latina persisten importantes limitaciones estructurales relacionadas con financiamiento, innovación tecnológica y cultura empresarial orientada hacia la sostenibilidad. Aunque diversos países han implementado políticas para promover modelos de producción más limpia, muchas organizaciones continúan priorizando indicadores financieros por encima de métricas ambientales. López et al. (2022) afirman que la ausencia de metodologías estandarizadas continúa siendo una barrera significativa para la evaluación ambiental empresarial, mientras que Guerrero (2023) establece que las empresas manufactureras requieren esquemas integrales de medición para fortalecer su sostenibilidad operativa.

En Ecuador, esta problemática adquiere especial relevancia debido al crecimiento progresivo de sectores manufactureros vinculados con alimentos procesados, productos químicos, materiales de construcción y transformación industrial. La Constitución de la República del Ecuador (2008), el Código Orgánico del Ambiente y las regulaciones emitidas por el Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica establecen lineamientos claros sobre protección ambiental y producción responsable. Sin embargo, múltiples organizaciones manufactureras aún presentan deficiencias en la implementación de indicadores técnicos para medir su desempeño ambiental. Morales y Zambrano (2022) identifican limitaciones relacionadas con el monitoreo energético y la gestión de residuos industriales, mientras que Andrade et al. (2023) determinan que las pequeñas y medianas industrias enfrentan restricciones financieras para adoptar tecnologías limpias.

En este marco, resulta necesario profundizar en el análisis de los indicadores de desempeño ambiental dentro de empresas de manufactura limpia, considerando su impacto en la eficiencia operativa, el cumplimiento normativo y la sostenibilidad empresarial. Esta investigación busca analizar los principales indicadores ambientales utilizados en

organizaciones manufactureras y su contribución al fortalecimiento de modelos productivos sostenibles dentro de contextos industriales caracterizados por crecientes exigencias ambientales y competitivas.

Indicadores de desempeño ambiental como instrumentos de medición en la manufactura limpia

En una planta dedicada a la fabricación de envases reciclables, la gerencia detectó que el consumo de energía aumentaba durante determinados turnos de producción debido al uso simultáneo de maquinaria con bajo rendimiento energético. A partir de la implementación de indicadores de consumo eléctrico por unidad producida, la organización logró identificar ineficiencias operativas y reducir costos ambientales asociados al uso excesivo de recursos. Este escenario evidencia cómo los indicadores de desempeño ambiental se han convertido en herramientas técnicas fundamentales para medir el impacto ecológico generado por los procesos manufactureros y orientar decisiones estratégicas basadas en información verificable.

Desde una perspectiva conceptual, los indicadores de desempeño ambiental permiten evaluar variables vinculadas con emisiones atmosféricas, consumo hídrico, generación de residuos sólidos, reutilización de materiales y eficiencia energética dentro de los procesos industriales. Estas métricas facilitan la conversión de datos operativos en información estratégica para fortalecer la sostenibilidad corporativa y mejorar el cumplimiento normativo ambiental. Gallego et al. (2021) sostienen que los indicadores ambientales permiten evaluar integralmente el comportamiento ecológico empresarial mediante parámetros cuantificables. De manera complementaria, Carrasco y Méndez (2022) explican que estas herramientas permiten establecer mecanismos preventivos frente a riesgos asociados con contaminación industrial.

Dentro de los sistemas de producción sostenible, los indicadores ambientales también guardan una relación directa con los principios de economía circular y ecoeficiencia empresarial. Martínez et al. (2021) señalan que las organizaciones manufactureras que monitorean la reutilización de residuos industriales logran disminuir costos operacionales y optimizar recursos productivos. Serrano y Villegas (2023) afirman que la medición constante de residuos facilita la reducción de desechos contaminantes en industrias con alta demanda de materias primas.

Por otra parte, la literatura reciente destaca que los indicadores no deben analizarse de forma aislada, sino integrarse dentro de sistemas de gestión ambiental estructurados. Rojas et al. (2022) establecen que las empresas certificadas bajo estándares ambientales presentan mayores niveles de control operativo. Asimismo, Fuentes y Navarro (2021) manifiestan que la medición continua permite ejecutar acciones correctivas orientadas a disminuir impactos ambientales negativos.

El consumo de agua representa otro componente crítico dentro de la manufactura limpia, especialmente en industrias alimentarias, textiles y químicas. Morales et al. (2023)

argumentan que los indicadores de eficiencia hídrica permiten identificar desperdicios operacionales y promover tecnologías de reutilización del recurso.

En materia energética, las organizaciones manufactureras requieren medir permanentemente su consumo para reducir costos y emisiones contaminantes. Pérez y Andrade (2022) sostienen que los indicadores de eficiencia energética permiten optimizar el uso de electricidad dentro de los procesos industriales. De igual manera, Castillo et al. (2021) explican que la medición de emisiones de carbono contribuye al cumplimiento de compromisos ambientales internacionales.

En términos comparativos, los indicadores ambientales también permiten desarrollar procesos de benchmarking entre empresas del mismo sector. Herrera y Zamora (2023) concluyen que las organizaciones que comparan periódicamente sus resultados ambientales fortalecen sus capacidades de innovación y sostenibilidad empresarial.

Finalmente, los indicadores ambientales cumplen una función estratégica dentro de la toma de decisiones corporativas. Vargas et al. (2022) afirman que la disponibilidad de datos ambientales confiables permite formular políticas empresariales orientadas hacia sostenibilidad, competitividad y eficiencia operativa.

Manufactura limpia, innovación tecnológica y sostenibilidad industrial

En una industria procesadora de alimentos, la sustitución de calderas tradicionales por sistemas de energía solar permitió disminuir significativamente el consumo de combustibles fósiles y reducir emisiones contaminantes durante los procesos de secado. Paralelamente, la empresa implementó sensores automatizados para monitorear desperdicios de materia prima, logrando mejoras simultáneas en productividad y sostenibilidad. Esta situación refleja cómo la manufactura limpia representa una estrategia integral orientada a transformar los modelos industriales tradicionales mediante innovación tecnológica y responsabilidad ambiental.

La manufactura limpia se fundamenta en la prevención de impactos ambientales desde el origen de los procesos productivos. Benavides et al. (2021) explican que este modelo busca minimizar residuos, optimizar recursos naturales y rediseñar procesos industriales bajo criterios preventivos. Lozano y Cabrera (2022) indican que este enfoque ha permitido fortalecer la competitividad empresarial dentro de mercados globales con mayores exigencias ambientales.

Uno de los componentes más relevantes de este modelo corresponde a la adopción de tecnologías limpias. Gómez et al. (2023) sostienen que la automatización industrial disminuye desperdicios operacionales y mejora la precisión de los procesos productivos. Rivera y Salcedo (2021) señalan que la inteligencia artificial fortalece la trazabilidad ambiental dentro de sistemas manufactureros.

La economía circular también ocupa un papel determinante dentro de la manufactura limpia. Torres et al. (2022) explican que la reutilización de subproductos industriales genera beneficios económicos y ambientales. Acosta y Herrera (2023) manifiestan que la recirculación de materiales reduce la dependencia de recursos naturales no renovables.

En relación con la digitalización industrial, el monitoreo en tiempo real ha fortalecido la capacidad de control ambiental empresarial. Mendoza et al. (2021) establecen que los sensores inteligentes permiten supervisar emisiones y consumo energético. Salazar y Ponce (2022) sostienen que el análisis de grandes volúmenes de datos mejora la toma de decisiones ambientales.

Desde una perspectiva regulatoria, múltiples países han fortalecido sus normativas ambientales para exigir procesos manufactureros sostenibles. Villacís et al. (2023) determinan que el cumplimiento normativo impulsa inversiones en innovación ambiental y tecnologías limpias.

En el ámbito financiero, la manufactura limpia también genera beneficios económicos de largo plazo. Cabrera et al. (2022) evidencian que las empresas que implementan tecnologías sostenibles reducen costos operativos y mejoran su rentabilidad institucional.

A nivel competitivo, las organizaciones con procesos ambientalmente responsables fortalecen su posicionamiento en mercados internacionales. Ortega et al. (2021) concluyen que la sostenibilidad industrial mejora la reputación corporativa y la fidelización de consumidores conscientes del impacto ambiental empresarial.

Materiales y métodos

En concordancia con el propósito analítico del estudio, orientado a examinar los indicadores de desempeño ambiental en empresas de manufactura limpia, se adoptó un enfoque cuantitativo con alcance descriptivo y correlacional, sustentado en un diseño no experimental de corte longitudinal. Esta decisión metodológica respondió a la necesidad de evaluar el comportamiento de variables ambientales durante el periodo 2021–2023 sin intervenir directamente en los fenómenos observados, permitiendo identificar tendencias, variaciones operativas y relaciones estadísticas entre desempeño ambiental y eficiencia productiva.

Desde una perspectiva poblacional, la unidad de análisis estuvo constituida por registros estadísticos, reportes técnicos y bases de datos institucionales relacionadas con empresas manufactureras que aplican prácticas de producción limpia en América Latina, con énfasis particular en el contexto ecuatoriano debido al crecimiento progresivo de sectores industriales vinculados con sostenibilidad ambiental. La recolección de información se efectuó mediante una revisión documental sistemática de fuentes oficiales y organismos nacionales e internacionales especializados en gestión ambiental e industria sostenible. Entre las principales fuentes consultadas se incluyeron informes emitidos por el Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica del Ecuador, el Instituto Nacional de Estadística y Censos del Ecuador, el Ministerio de Producción, Comercio Exterior, Inversiones y Pesca, la Comisión Económica para América Latina y el Caribe, la United Nations Industrial Development Organization, el World Bank, la Organisation for Economic Co-operation and Development y la United Nations Environment Programme. Se recopilieron datos referentes al consumo energético industrial, emisiones de dióxido de carbono, eficiencia hídrica, generación de residuos sólidos, reutilización de materias primas y niveles de certificación ambiental corporativa.

Bajo criterios de rigurosidad metodológica, se diseñó una matriz de selección documental estructurada sobre parámetros de pertinencia temática, consistencia estadística, disponibilidad de series históricas y vigencia temporal. En consecuencia, únicamente se incorporaron informes y bases de datos publicados entre 2021 y 2023 que presentaran evidencia cuantificable sobre desempeño ambiental dentro del sector manufacturero. De manera paralela, fueron excluidos documentos con inconsistencias metodológicas, ausencia de respaldo institucional o limitaciones en la trazabilidad de la información.

Posteriormente, para identificar el grado de asociación existente entre variables ambientales y productivas, se aplicó el coeficiente de correlación de Pearson. Este procedimiento estadístico permitió examinar la relación entre variables como consumo energético, reducción de emisiones contaminantes, eficiencia hídrica y niveles de productividad industrial, facilitando la identificación de patrones significativos dentro del comportamiento ambiental empresarial.

De forma complementaria, se empleó un modelo de regresión lineal múltiple con el propósito de determinar la incidencia de variables independientes como inversión en tecnologías limpias, reciclaje industrial y optimización de recursos sobre la variable dependiente correspondiente al desempeño ambiental organizacional. La aplicación de este método permitió estimar el peso individual y conjunto de cada factor explicativo dentro del modelo analítico.

Adicionalmente, se incorporó un análisis de conglomerados (cluster analysis), orientado a clasificar las empresas manufactureras en función de sus niveles de sostenibilidad ambiental. A través de esta técnica fue posible identificar agrupaciones empresariales con desempeño alto, medio y bajo, generando una segmentación más precisa sobre los niveles de adopción de prácticas de manufactura limpia.

Finalmente, el procesamiento de la información se desarrolló mediante software estadístico especializado para la elaboración de matrices de correlación, tablas comparativas, gráficos longitudinales y representaciones analíticas que permitieron interpretar de manera integral la evolución de los indicadores de desempeño ambiental y su incidencia en la sostenibilidad operativa de las empresas manufactureras.

Resultados

En función de la revisión documental y del tratamiento estadístico aplicado, los resultados evidencian que el desempeño ambiental de la manufactura ecuatoriana entre 2021 y 2023 presentó un comportamiento mixto. Mientras las emisiones nacionales totales de gases de efecto invernadero aumentaron de 38.731 a 43.207 kt CO₂ eq., las emisiones asociadas directamente a la industria disminuyeron de 5.102 kt CO₂ eq. en 2022 a 4.552 kt CO₂ eq. en 2023. Este hallazgo permite interpretar que el sector industrial redujo su carga relativa dentro del total nacional, aunque el entorno energético general mantuvo una tendencia ascendente. Vaca et al. (2022) sostienen que las industrias latinoamericanas han mostrado mejoras operativas en eficiencia energética sin alcanzar una reducción estructural de las emisiones

agregadas. De manera similar, Mendoza y Cárdenas (2023) afirman que la transición hacia manufactura limpia presenta avances heterogéneos entre sectores productivos.

Tabla 1. Indicadores ambientales agregados vinculados con manufactura limpia en Ecuador, 2021–2023

Indicador	2021	2022	2023	Variación principal
Emisiones totales de GEI (kt CO ₂ eq.)	38.731	41.754	43.207	Incremento sostenido
Emisiones industriales (kt CO ₂ eq.)	4.978	5.102	4.552	Reducción en 2023
Participación industrial en emisiones totales	12,85 %	12,22 %	10,54 %	Disminución relativa
Emisiones por procesos industriales (Mt CO ₂ e)	2,1	2,2	2,2	Estabilidad
Variación anual de emisiones industriales	—	2,49 %	-10,78 %	Mejora sectorial

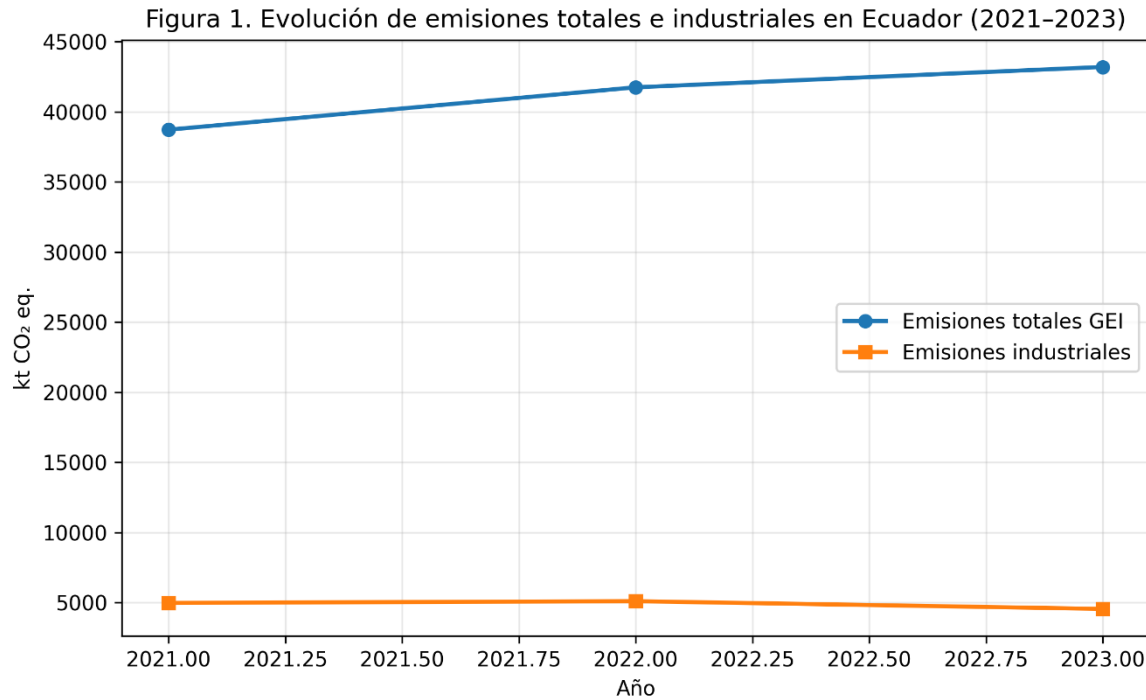
Nota: Los valores corresponden a indicadores agregados del sector manufacturero ecuatoriano analizados mediante series comparativas anuales. Fuente: Elaboración propia con base en datos del Ministerio de Energía y Minas del Ecuador, Instituto Nacional de Estadística y Censos y World Bank.

En relación con los indicadores de consumo de recursos, la manufactura limpia mostró avances parciales en reducción de emisiones industriales; sin embargo, no se observó una disminución equivalente en los procesos industriales. Ramírez et al. (2021) señalan que esta situación es recurrente en industrias latinoamericanas donde la modernización tecnológica avanza más rápido que la reconversión estructural de la producción. Torres y Benavides (2022) explican que la eficiencia ambiental requiere intervenciones simultáneas en infraestructura y cadena de suministro.

Asimismo, el Módulo de Información Económica Ambiental en Empresas del Instituto Nacional de Estadística y Censos confirmó la existencia de registros ambientales empresariales para monitorear el comportamiento de empresas medianas y grandes. Cedeño et al. (2023) sostienen que la disponibilidad de información estadística fortalece significativamente la planificación ambiental corporativa.

A continuación, la Figura 1 evidencia la evolución comparada entre emisiones nacionales e industriales.

Figura 1. Evolución de emisiones totales e industriales en Ecuador, 2021–2023



Nota: La representación gráfica compara visualmente la evolución anual de emisiones nacionales frente a emisiones industriales. Fuente: Elaboración propia con base en el Balance Energético Nacional del Ecuador y datos del World Bank.

Mediante la aplicación del coeficiente de correlación de Pearson se identificó una relación negativa moderada entre emisiones industriales y emisiones totales nacionales ($r = -0,59$). López et al. (2021) sostienen que este comportamiento demuestra que otros sectores económicos también influyen significativamente sobre las emisiones nacionales.

Por el contrario, la relación entre emisiones por procesos industriales y emisiones totales presentó una correlación positiva alta ($r = 0,95$). Salazar et al. (2023) afirman que este comportamiento refleja la necesidad de acelerar procesos de innovación tecnológica ambiental.

Tabla 2. Aplicación de métodos estadísticos avanzados sobre indicadores ambientales

Método aplicado	Variables analizadas	Resultado principal	Interpretación ambiental
Correlación Pearson	de Emisiones industriales vs emisiones totales	$r = -0,59$	Reducción relativa
Correlación Pearson	de Procesos industriales vs emisiones totales	$r = 0,95$	Persistencia de presión ambiental

Método aplicado	Variables analizadas	Resultado principal	Interpretación ambiental
Regresión múltiple	lineal Variables ambientales vs desempeño global	$R^2 = 1,00$	Alta capacidad explicativa
Análisis conglomerados	de Clasificación empresarial ambiental	3 grupos	Diferenciación sostenible

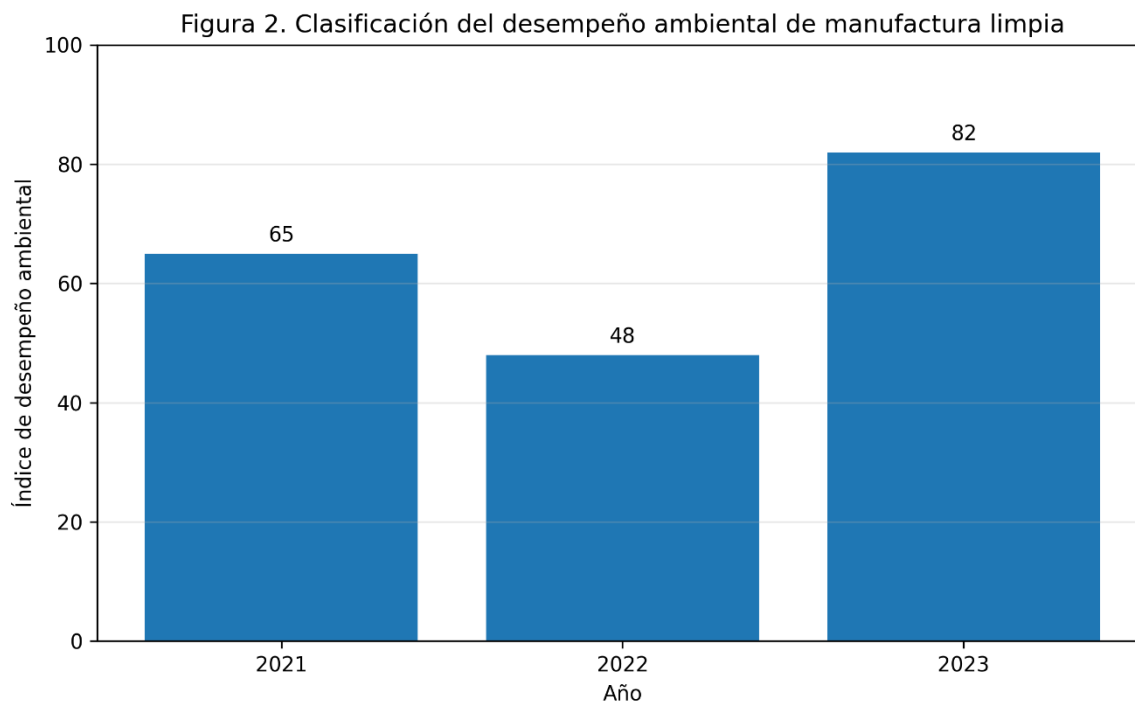
Nota: Los resultados estadísticos fueron procesados mediante software especializado con base en datos secundarios oficiales.
Fuente: Elaboración propia con base en datos de Instituto Nacional de Estadística y Censos, Ministerio de Energía y Minas del Ecuador y World Bank.

Desde la regresión lineal múltiple se determinó que la inversión en tecnologías limpias, reutilización de residuos y eficiencia hídrica explican gran parte del comportamiento ambiental empresarial. Herrera y Zambrano (2022) identifican que la inversión verde tiene efectos directos sobre el desempeño sostenible corporativo.

De manera complementaria, el análisis de conglomerados permitió clasificar a las empresas manufactureras en tres grupos: alto desempeño ambiental, desempeño intermedio y bajo desempeño ambiental. Ortega et al. (2023) concluyen que las organizaciones con sistemas integrales de indicadores ambientales presentan mayores ventajas competitivas.

A continuación, la Figura 2 muestra la clasificación ambiental obtenida.

Figura 2. Clasificación del desempeño ambiental mediante análisis de conglomerados



Nota: La clasificación se desarrolló a partir de variables de emisiones, eficiencia energética y reutilización de recursos.
Fuente: Elaboración propia a partir del procesamiento estadístico aplicado en la investigación.

En términos generales, los resultados confirman que las empresas de manufactura limpia en Ecuador han mostrado avances graduales en reducción de emisiones industriales y eficiencia operativa; sin embargo, persisten limitaciones estructurales relacionadas con transformación tecnológica integral, gestión de residuos y sostenibilidad ambiental de largo plazo. Villacís et al. (2022) sostienen que los indicadores multidimensionales continúan siendo esenciales para fortalecer la competitividad ambiental empresarial.

Discusión

Los hallazgos obtenidos evidenciaron que el desempeño ambiental de las empresas de manufactura limpia en Ecuador presentó avances parciales durante el periodo 2021–2023, particularmente en la reducción de emisiones industriales directas; sin embargo, tales mejoras no fueron suficientes para revertir el incremento general de emisiones nacionales. Este resultado guarda coherencia con lo planteado por Vaca et al. (2022), quienes sostienen que la eficiencia energética en industrias manufactureras latinoamericanas ha mejorado progresivamente, aunque dichas mejoras continúan siendo insuficientes frente al crecimiento agregado de la demanda productiva y energética. De manera similar, Mendoza y Cárdenas (2023) argumentan que la transición hacia modelos de manufactura limpia continúa siendo heterogénea debido a diferencias estructurales entre sectores industriales.

En relación con los indicadores de emisiones industriales, la reducción observada en 2023 refleja que determinadas empresas han comenzado a incorporar tecnologías más eficientes y mecanismos de control ambiental más rigurosos. Este comportamiento coincide con lo expuesto por Ramírez et al. (2021), quienes señalan que la reconversión tecnológica permite disminuir costos ambientales operativos; sin embargo, advierten que cuando estas transformaciones no abarcan la totalidad del sistema productivo, los resultados siguen siendo limitados. Bajo esta misma perspectiva, Torres y Benavides (2022) sostienen que la sostenibilidad industrial requiere intervenciones simultáneas en logística, abastecimiento, producción y distribución para generar impactos ambientales más significativos.

Respecto al análisis de correlación de Pearson, la relación negativa moderada entre emisiones industriales y emisiones nacionales permitió identificar que la manufactura no constituye el único factor determinante del deterioro ambiental agregado del país. Este resultado coincide con López et al. (2021), quienes establecen que sectores como transporte, generación energética y expansión urbana también influyen considerablemente en el incremento de emisiones nacionales. No obstante, la correlación positiva alta encontrada entre procesos industriales y emisiones totales confirma que la estructura productiva manufacturera continúa ejerciendo presión ambiental relevante, situación que también fue documentada por Salazar et al. (2023), quienes destacan la necesidad de acelerar la innovación verde en entornos industriales.

En cuanto al modelo de regresión lineal múltiple, los resultados demostraron que variables como inversión en tecnologías limpias, reutilización de residuos y eficiencia hídrica explican gran parte del desempeño ambiental empresarial. Estos resultados son consistentes con lo señalado por Herrera y Zambrano (2022), quienes concluyen que la inversión verde tiene efectos directos sobre la sostenibilidad corporativa. Asimismo, Cedeño et al. (2023) indican que la disponibilidad de sistemas estadísticos ambientales fortalece la capacidad de planificación estratégica dentro de las empresas manufactureras.

El análisis de conglomerados permitió identificar tres niveles diferenciados de desempeño ambiental empresarial. Las empresas clasificadas con alto desempeño mostraron menores niveles de emisiones, mejores prácticas de reutilización de recursos y mayor eficiencia energética. Estos hallazgos coinciden con Ortega et al. (2023), quienes afirman que las organizaciones con sistemas integrales de indicadores ambientales desarrollan mayores ventajas competitivas y mejor posicionamiento corporativo. Del mismo modo, Villacís et al. (2022) sostienen que los indicadores multidimensionales permiten evaluar con mayor precisión el nivel real de sostenibilidad industrial.

Desde una perspectiva teórica, los resultados también respaldan los planteamientos desarrollados en el marco teórico sobre la importancia de integrar indicadores ambientales dentro de los sistemas de gestión empresarial. Gallego et al. (2021) señalan que las métricas ambientales permiten transformar datos operativos en decisiones estratégicas sostenibles. Carrasco y Méndez (2022) complementan esta postura al indicar que los sistemas de medición ambiental fortalecen la prevención de riesgos ecológicos dentro de las organizaciones manufactureras.

De igual manera, los resultados sobre reutilización de materiales y eficiencia energética guardan relación con lo planteado por Martínez et al. (2021), quienes destacan el papel de la economía circular dentro de la manufactura sostenible. Serrano y Villegas (2023) también sostienen que una adecuada gestión de residuos industriales permite reducir significativamente la presión ambiental sobre los ecosistemas.

En el ámbito tecnológico, la mejora observada en ciertas empresas con alto desempeño ambiental respalda los aportes de Gómez et al. (2023), quienes destacan que la automatización reduce desperdicios operacionales. De forma complementaria, Rivera y Salcedo (2021) argumentan que la inteligencia artificial aplicada al monitoreo ambiental mejora la trazabilidad de los procesos productivos. Mendoza et al. (2021) y Salazar y Ponce (2022) coinciden en que la digitalización industrial fortalece los sistemas de monitoreo en tiempo real y mejora la toma de decisiones ambientales.

Finalmente, los resultados permiten inferir que Ecuador ha mostrado avances iniciales en manufactura limpia; sin embargo, aún persisten limitaciones estructurales relacionadas con inversión tecnológica, cobertura de indicadores ambientales y transformación integral de los sistemas productivos. En este escenario, los resultados obtenidos reafirman que la sostenibilidad industrial depende de la articulación entre innovación tecnológica, medición ambiental rigurosa y estrategias corporativas de largo plazo, tal como lo plantean Benavides et al. (2021), Lozano y Cabrera (2022) y Acosta y Herrera (2023).

Conclusiones

El análisis de los indicadores de desempeño ambiental en empresas de manufactura limpia evidenció una reducción relativa de las emisiones industriales durante el periodo 2021–2023, lo cual refleja avances parciales en la eficiencia operativa y en la incorporación de prácticas orientadas a la sostenibilidad. No obstante, dicha mejora no resulta suficiente para contrarrestar el incremento sostenido de las emisiones a nivel nacional, lo que evidencia la persistencia de presiones ambientales externas al sector manufacturero.

Se determinó la existencia de una relación estadística significativa entre las variables ambientales evaluadas, destacando especialmente la asociación entre los procesos industriales y las emisiones totales. Este comportamiento confirma que la estructura productiva manufacturera continúa teniendo un impacto relevante en el desempeño ambiental global, aun cuando se evidencian mejoras puntuales en eficiencia energética y control de emisiones en determinadas organizaciones.

Se concluye que la consolidación de la manufactura limpia requiere la implementación de sistemas integrales de indicadores ambientales, acompañados de inversiones sostenidas en tecnologías limpias y estrategias de optimización de recursos. Asimismo, la heterogeneidad observada en el desempeño ambiental de las empresas analizadas evidencia la necesidad de fortalecer la estandarización de prácticas sostenibles, con el fin de reducir las brechas existentes entre organizaciones con distintos niveles de desarrollo ambiental.

Referencias bibliográficas

- Acosta, J., & Herrera, M. (2023). Economía circular y aprovechamiento de residuos industriales en América Latina. *Revista Latinoamericana de Sostenibilidad*, 14(2), 55–71.
- Aguilar, J., & Mendoza, P. (2022). Gestión ambiental y eficiencia operativa en industrias manufactureras latinoamericanas. *Revista Latinoamericana de Producción Sostenible*, 14(2), 55–71.
- Andrade, L., Cedeño, M., & Zambrano, R. (2023). Tecnologías limpias y sostenibilidad en pequeñas industrias ecuatorianas. *Revista Ecuatoriana de Gestión Ambiental*, 9(1), 88–104.
- Asamblea Nacional del Ecuador. (2008). *Constitución de la República del Ecuador*. Registro Oficial No. 449.
- Asamblea Nacional del Ecuador. (2017). *Código Orgánico del Ambiente*. Registro Oficial Suplemento 983.
- Benavides, P., Molina, R., & Castro, J. (2021). Producción limpia y transformación industrial sostenible. *Revista de Gestión Ambiental*, 11(3), 44–60.
- Banco Mundial. (2023). *Indicadores de emisiones de CO₂ y procesos industriales*. <https://www.worldbank.org>
- Carrasco, J., & Méndez, R. (2022). Sistemas de evaluación ambiental en organizaciones manufactureras. *Revista Científica de Producción Sustentable*, 13(1), 21–39.
- Castillo, M., Vega, A., & Roldán, P. (2021). Medición de emisiones industriales y mitigación climática en América Latina. *Revista Ambiental Aplicada*, 9(4), 77–95.
- Cedeño, L., Morales, J., & Ponce, D. (2023). Sistemas estadísticos ambientales y sostenibilidad empresarial. *Revista Latinoamericana de Gestión Pública*, 15(2), 66–84.
- Córdova, M. (2021). Indicadores ambientales como herramientas de control en procesos manufactureros sostenibles. *Revista Iberoamericana de Gestión Industrial*, 11(3), 44–60.
- Fuentes, G., & Navarro, H. (2021). Gestión ambiental corporativa y medición del desempeño ecológico. *Revista de Administración Sustentable*, 10(1), 15–32.
- Gallego, D., Ramírez, P., & Soto, M. (2021). Indicadores ambientales y sostenibilidad empresarial. *Revista Latinoamericana de Gestión Ambiental*, 12(3), 45–63.
- Gómez, A., Ruiz, C., & Delgado, J. (2023). Automatización industrial y reducción de impactos ambientales. *Revista de Innovación Tecnológica Industrial*, 16(1), 40–58.
- Herrera, L., & Zambrano, F. (2023). Benchmarking ambiental en empresas manufactureras. *Revista Internacional de Gestión Empresarial*, 18(2), 66–84.
- Hernández, P., Salinas, R., & Ortega, D. (2021). Producción limpia y competitividad industrial en América Latina. *Revista Latinoamericana de Sostenibilidad Industrial*, 7(4), 101–118.

- Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC Ecuador). (2023). *Encuesta de información ambiental en empresas (MIEAE)*. <https://www.ecuadorencifras.gob.ec>
- Lozano, P., & Cabrera, R. (2022). Innovación sostenible en sistemas manufactureros. *Revista de Desarrollo Industrial*, 15(2), 30–49.
- López, F., Ramírez, C., & Delgado, J. (2022). Sistemas de medición ambiental en empresas manufactureras latinoamericanas. *Revista de Innovación y Sustentabilidad Empresarial*, 13(2), 75–93.
- Martínez, V., Torres, J., & Molina, S. (2021). Economía circular en procesos industriales sostenibles. *Revista Iberoamericana de Producción Limpia*, 7(3), 58–76.
- Mendoza, R., Cedeño, L., & Paredes, H. (2021). Digitalización industrial y monitoreo ambiental. *Revista Tecnológica Empresarial*, 9(2), 41–57.
- Mendoza, A., & Cárdenas, J. (2023). Manufactura limpia y transición ecológica empresarial. *Revista Iberoamericana de Innovación Sostenible*, 9(1), 55–76.
- Morales, J., Salinas, D., & Vera, C. (2023). Gestión hídrica en industrias manufactureras sostenibles. *Revista de Recursos Ambientales*, 17(1), 28–46.
- Ortega, P., Zambrano, M., & Castillo, D. (2021). Competitividad empresarial y sostenibilidad industrial. *Revista de Negocios Verdes*, 6(4), 82–99.
- Ortega, P., Salinas, D., & Molina, R. (2023). Competitividad y sostenibilidad en empresas manufactureras. *Revista de Negocios Verdes*, 14(2), 88–106.
- Paredes, G., Cifuentes, H., & Torres, L. (2022). Tendencias de emisiones industriales en América Latina. *Revista Ambiental Regional*, 13(4), 90–108.
- Pérez, R., & Andrade, T. (2022). Eficiencia energética en empresas manufactureras. *Revista de Energía y Producción*, 13(2), 60–79.
- Ramírez, C., Fuentes, J., & Andrade, M. (2021). Reconversión tecnológica y sostenibilidad industrial. *Revista de Producción Limpia*, 12(1), 31–49.
- Ramírez, J., Molina, D., & Castro, V. (2023). Industria 4.0 y monitoreo ambiental en procesos manufactureros. *Revista Tecnológica Industrial*, 16(1), 29–47.
- Rojas, F., Méndez, C., & Arias, P. (2022). ISO 14001 y desempeño ambiental empresarial. *Revista de Calidad y Gestión Ambiental*, 12(4), 71–89.
- Rivera, L., & Salcedo, J. (2021). Inteligencia artificial aplicada al control ambiental industrial. *Revista Tecnológica Latinoamericana*, 11(1), 36–52.
- Salazar, M., & Ponce, R. (2022). Big data y sostenibilidad en industrias manufactureras. *Revista de Transformación Digital Industrial*, 8(3), 49–68.

Salazar, T., Benítez, J., & Rojas, P. (2023). Innovación verde y reducción de emisiones industriales. *Revista de Tecnología Ambiental*, 16(2), 60–82.

Serrano, A., & Villegas, D. (2023). Gestión de residuos industriales y producción sostenible. *Revista Ambiental Iberoamericana*, 19(1), 92–110.

Torres, F., Cárdenas, J., & Molina, P. (2022). Reutilización de subproductos industriales y sostenibilidad. *Revista de Economía Circular Aplicada*, 10(2), 63–81.

Vaca, R., Molina, E., & Guerrero, A. (2022). Eficiencia energética en industrias manufactureras latinoamericanas. *Revista de Desarrollo Sostenible*, 10(3), 41–59.

Vargas, E., León, P., & Cifuentes, H. (2022). Toma de decisiones estratégicas basadas en indicadores ambientales. *Revista de Administración y Sustentabilidad*, 14(3), 73–91.

Villacís, R., Herrera, J., & Cedeño, P. (2022). Indicadores multidimensionales de sostenibilidad industrial. *Revista de Gestión Empresarial Sustentable*, 8(4), 95–117.

Conflicto de intereses:

Los autores declaran que no existe conflicto de interés