

Agilísimo: hacia la huella de carbono cero en el sector industrial.

Agility: Towards a zero carbon footprint in the industrial sector.

Herrera-Palacios, Diego Isaías¹; Suarez-Pérez, Juan Carlos².

¹ Universidad Indoamérica; Ecuador, Ambato; <https://orcid.org/0009-0007-7312-8151>; dherrera20@indoamerica.edu.ec

² Universidad Indoamérica; Ecuador, Ambato; <https://orcid.org/0009-0000-5968-7669>; jsuarez32@indoamerica.edu.ec

¹ Autor Correspondencia

 <https://doi.org/10.63618/omd/isj/v3/n4/118>

Cita: Herrera-Palacios, D. I., & Suarez-Pérez, J. C. (2025). Agilísimo: hacia la huella de carbono cero en el sector industrial. *Innova Science Journal*, 3(4), 1-14. <https://doi.org/10.63618/omd/isj/v3/n4/118>

Recibido: 17/06/2025

Aceptado: 31/07/2025

Publicado: 31/10/2025



Copyright: © 2025 por los autores. Este artículo es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos y condiciones de la **Licencia Creative Commons, Atribución-NoComercial 4.0 Internacional. (CC BY-NC)**.

[\(https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/\)](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)

Resumen: El artículo explora cómo la implementación de metodologías ágiles puede contribuir a reducir la huella de carbono en el sector industrial. Parte de la premisa de que la sostenibilidad es una prioridad estratégica impulsada por regulaciones ambientales y la demanda de productos más ecológicos. Se propone que metodologías como Scrum y Kanban, enfocadas en la flexibilidad y mejora continua, optimizan procesos y reducen emisiones de CO₂. El estudio, de enfoque cualitativo, se basa en un diseño documental y bibliométrico, analizando literatura y casos en sectores como el cementero, automotriz y metalúrgico. Los resultados muestran mejoras en eficiencia energética, colaboración multidisciplinaria e integración de energías renovables. Aunque se evidencian avances, se identifican vacíos en la investigación sobre la relación directa entre agilidad y sostenibilidad industrial. El artículo concluye que el agilismo tiene un alto potencial como herramienta para la descarbonización industrial y su aplicación sistemática podría ser clave para alcanzar una huella de carbono cero. Se recomienda profundizar en su estudio e integración en procesos industriales sostenibles.

Palabras clave: Electrificación de procesos; reducción de CO₂; agilismo; huella de carbono; sostenibilidad.

Abstract: The article explores how the implementation of agile methodologies can contribute to reducing the carbon footprint in the industrial sector. It starts from the premise that sustainability is a strategic priority driven by environmental regulations and the demand for more environmentally friendly products. It proposes that methodologies such as Scrum and Kanban, focused on flexibility and continuous improvement, optimize processes and reduce CO₂ emissions. The study, which takes a qualitative approach, is based on a documentary and bibliometric design, analyzing literature and cases in sectors such as cement, automotive, and metallurgy. The results show improvements in energy efficiency, multidisciplinary collaboration, and the integration of renewable energies. Although progress is evident, gaps in research on the direct relationship between agility and industrial sustainability are identified. The article concludes that agility has high potential as a tool for industrial decarbonization and its systematic application could be key to achieving a zero-carbon footprint. Further study and integration into sustainable industrial processes is recommended.

Keywords: Process electrification; CO₂ reduction; agility; carbon footprint; sustainability.

1. Introducción

En la actualidad, la sostenibilidad se ha consolidado como un objetivo estratégico prioritario para las organizaciones, impulsado por las exigencias regulatorias y la demanda de los consumidores por productos y servicios con menor impacto ambiental (Dopazo, 2023). La transición hacia una huella de carbono cero se posiciona como una de las metas más desafiantes y urgentes para alcanzar un modelo de desarrollo industrial compatible con los principios de sostenibilidad (Orrantía, y otros, 2023). En este escenario, las metodologías ágiles conocidas por su enfoque en la flexibilidad, adaptabilidad y mejora continua, se consideran como herramientas indispensables para reconfigurar los procesos industriales, orientándolos hacia una mayor eficiencia energética y una gestión optimizada de los recursos (Merchán, Palma, & Poma, 2024). Diversos sectores han comenzado a implementar enfoques ágiles con el objetivo de reducir las emisiones de carbono, integrando principios de eficiencia operativa y sostenibilidad ambiental como ejes centrales de sus estrategias de transformación (Beck, 2001).

En ese sentido, menciona que la creciente preocupación por el cambio climático y sus consecuencias críticas hace que las industrias se replanteen de forma integral sus sistemas de producción y consumo. Por ello, la búsqueda de soluciones orientadas a la reducción del impacto ambiental son una prioridad estratégica. Entre las estrategias emergentes, el agilismo se considera como el enfoque metodológico innovador que promueve la flexibilidad operativa, la rápida adaptación al cambio y la colaboración entre equipos multidisciplinarios. Estos principios no solo mejoran la eficiencia de los procesos, sino que también impulsan una cultura organizacional centrada en la mejora continua, aspecto clave para responder proactivamente a las crecientes exigencias ambientales. Así, el agilismo se configura como una herramienta transformadora en el camino hacia un modelo industrial más sostenible, en el cual la mitigación de la huella de carbono ocupa un lugar central (Cohen, 2024).

Las industrias electrointensivas, responsables de una proporción significativa de las emisiones globales de gases de efecto invernadero, enfrentan una presión creciente para descarbonizar sus operaciones. De acuerdo con Agencia Internacional de Energía (AIE, 2024), las emisiones industriales directas ascienden a aproximadamente 8.7 gigatoneladas de CO₂ anuales, y son los sectores del acero y del cemento los principales emisores Agencia Internacional de Energía (AIE, 2023). En este contexto, la electrificación de procesos se ha identificado como una estrategia fundamental para reducir estas emisiones, debido a que ayuda a las organizaciones sustituir combustibles fósiles por fuentes de energía eléctrica potencialmente renovables, mejorando la eficiencia operativa sin comprometer los niveles de producción (Schneider, 2022).

En tal virtud, la implementación de metodologías ágiles favorece la flexibilidad organizacional y la mejora continua, lo cual permite que las empresas se adapten de manera eficiente a las dinámicas del mercado y al cumplimiento de regulaciones ambientales que cada vez son más estrictas. (AIE, 2023), concluye que la electrificación de procesos es clave para reducir la huella de carbono, debido a que, facilita la sustitución de combustibles fósiles por energía eléctrica proveniente de fuentes renovables. Esta transición contribuye a la disminución directa de emisiones de CO₂, y

optimiza la eficiencia operativa y genera reducciones sostenidas en los costos de producción a largo plazo.

Esta evolución hacia modelos sostenibles, impulsada por la electrificación de procesos y el uso de metodologías ágiles, encuentra un respaldo teórico en diversas investigaciones. Es decir, a pesar de que el agilismo ha sido documentado en sectores como la tecnología de la información, su implementación en contextos industriales presenta un campo de estudio incipiente. (Denning, 2018). Sostiene que los principios ágiles, centrados en la mejora continua, se adaptan eficazmente para optimizar procesos productivos y para reducir la huella ecológica, de manera análoga, enfoques como el Lean Manufacturing, que comparten fundamentos con el agilismo, demuestran su valor en la reducción de desperdicios y la mejora de la eficiencia energética. No obstante, el agilismo posee un potencial distintivo para acelerar la transición hacia una huella de carbono cero, al superar barreras estructurales tradicionales y facilitar la incorporación sistémica de criterios de sostenibilidad en los procesos productivos (Christina M. Dües, 2018).

Pese al interés por la sostenibilidad y la necesidad urgente de reducir la huella de carbono, persisten importantes vacíos tanto en la literatura académica como en la implementación práctica de metodologías que integren eficiencia operativa y compromiso ambiental. En particular, el agilismo en la industria ha sido poco explorado desde una perspectiva ambiental, concentrándose en los beneficios para la gestión de proyectos y la productividad, pero no en su potencial para fomentar la sostenibilidad. Además, las empresas enfrentan dificultades para adaptarse a modelos más flexibles, lo que limita la adopción de tecnologías limpias y prácticas sostenibles. Esta falta de evidencia sistemática sobre el agilismo como catalizador de procesos sostenibles resalta la necesidad de analizar su contribución a la reducción de emisiones de carbono y al fortalecimiento de la competitividad ambiental (Espíndola & Valderrama, 2012).

En este contexto, el presente artículo tiene como objetivo analizar cómo la implementación del agilismo en el sector industrial puede contribuir a la reducción de la huella de carbono, mediante un enfoque que combina análisis cualitativo y bibliométrico. Además, se plantea que, a través de estrategias como la integración de energías renovables, la optimización de la eficiencia energética y la mejora continua de procesos, el agilismo se convierte en un facilitador clave para alcanzar mayores niveles de sostenibilidad operativa. El propósito es identificar oportunidades concretas que permitan a las empresas mejorar simultáneamente su desempeño ambiental y económico, alineándose con los principios del desarrollo sostenible y la responsabilidad social corporativa.

Finalmente, la investigación profundiza en la conceptualización y relevancia de la huella de carbono dentro del ámbito industrial, evaluando su impacto directo sobre el medio ambiente y sus implicaciones estratégicas para la gestión empresarial. Se argumenta que una medición y gestión adecuadas de este indicador constituye una herramienta técnica para mitigar el cambio climático, y representan ventajas competitivas en un entorno orientado a la sostenibilidad. Mediante un enfoque crítico basado en evidencia empírica, se destacan las oportunidades que ofrecen las metodologías ágiles para integrar la sostenibilidad en los procesos productivos, y se plantea que una gestión eficaz de la huella de carbono puede transformar este desafío ambiental en un motor de innovación, eficiencia y posicionamiento competitivo.

2. Materiales y Métodos

La investigación adoptó un enfoque cuantitativo con un diseño documental y bibliométrico, orientado a la exploración, interpretación y contextualización de la aplicación del agilismo como estrategia de apoyo para la reducción de la huella de carbono en entornos industriales. La metodología empleada se debe a que el objetivo principal de la investigación es comprender, a partir de evidencia teórica y empírica, los principios, prácticas y mecanismos por los cuales las metodologías ágiles pueden contribuir a la sostenibilidad de las empresas, especialmente las industriales (Beck, 2001; Denning, 2018).

El diseño documental se sustentó en una revisión bibliográfica sistemática que permitió reunir y analizar información proveniente de fuentes científicas y técnicas relacionadas con el agilismo, la sostenibilidad industrial, la eficiencia energética y la huella de carbono. Para esta revisión se consideraron artículos científicos, libros especializados, informes técnicos de organismos internacionales, reportes institucionales y estudios de caso, publicados entre los años 2000 y 2024. Las bases de datos utilizadas fueron Scopus, Web of Science, ScienceDirect y Google Scholar, de estas se priorizó a aquellas publicaciones indexadas y con revisión por pares. Asimismo, se aplicaron filtros de idioma (español e inglés) y de actualidad para asegurar la pertinencia y la validez de los documentos seleccionados (Dües, 2018)

Complementariamente, se realizó un análisis bibliométrico con el objetivo de identificar tendencias en la producción científica, autores influyentes, redes de cocitación y evolución temática en torno a la relación entre metodologías ágiles y sostenibilidad. Esta técnica permitió fortalecer el análisis cualitativo mediante el uso de herramientas computacionales como Bibliometrix, facilitando la visualización de patrones y densidades temáticas en el campo de estudio. El análisis bibliométrico se concentró en indicadores como la frecuencia de publicaciones anuales, coautoría, palabras clave más utilizadas y la identificación de clústeres temáticos emergentes.

Se incorporó una revisión de estudios de caso, siguiendo el enfoque metodológico propuesto por (Highsmith, 2002), para contextualizar los hallazgos teóricos mediante experiencias prácticas documentadas. Se seleccionaron casos representativos de empresas industriales pertenecientes a los sectores cementero, metalúrgico, automotriz, químico y manufacturero que han implementado metodologías ágiles para transformar sus operaciones con miras a la sostenibilidad. Los datos fueron obtenidos de informes técnicos, publicaciones académicas y documentos corporativos, asegurando su trazabilidad y relevancia.

3. Resultados

3.1. Resultados del análisis documental: caracterización conceptual del agilismo aplicado a la sostenibilidad industrial

El agilismo aplicado en el contexto industrial se ha consolidado como una estrategia clave para optimizar procesos, mejorar la flexibilidad, e impulsar la eficiencia energética en diversas industrias. A medida que las empresas buscan adaptarse a cambios rápidos y cumplir con las normativas ambientales, el agilismo ha emergido como una metodología crucial. En el sector industrial, estas prácticas promueven la mejora continua, la reducción de emisiones de carbono y la integración de fuentes de energía

renovables, resultando en una mejora significativa de la sostenibilidad. Este enfoque permite a las industrias enfrentar retos como la optimización de procesos, el trabajo colaborativo entre equipos multidisciplinares y el uso eficiente de los recursos.

Tabla 1.

Caracterización conceptual del agilismo aplicado a la sostenibilidad industrial

Concepto	Definición operativa en contexto industrial	Autores que lo abordan
Flexibilidad	Capacidad de adaptarse rápidamente a los cambios en el entorno industrial, optimizando los procesos y permitiendo ajustes eficientes.	Sutherland (2015), Beck (2001)
Mejora continua	Proceso sistemático de identificación y corrección de ineficiencias en los procesos industriales para optimizar el uso de recursos y reducir el impacto ambiental.	Denning (2018), Cohen (2024)
Colaboración	Trabajo conjunto entre equipos multidisciplinares, promoviendo la innovación y la integración de nuevas soluciones tecnológicas y sostenibles.	Merchán, Palma & Poma (2024), Christina (2018)
Reducción de CO ₂	Disminución de las emisiones de dióxido de carbono a través de la optimización de procesos productivos y la integración de energías renovables.	(AIE,2022), Espíndola & Valderrama (2012)
Eficiencia energética	Uso optimizado de la energía en los procesos industriales, minimizando desperdicios y favoreciendo el uso de fuentes renovables para la producción.	Dües (2018), Orrantia et al. (2023)
Sostenibilidad	Estrategia integral que incluye prácticas de bajo impacto ambiental, eficiencia de recursos y responsabilidad social en la producción industrial.	Beck (2001), Christensen M. Dües (2018)
Electrificación de procesos	Sustitución de combustibles fósiles por fuentes de energía renovable para reducir las emisiones industriales y aumentar la eficiencia operativa.	Schneider (2023), AIE (2023)

Uno de los conceptos fundamentales dentro del agilismo industrial es la mejora continua, este proceso, definido como la identificación y corrección sistemática de ineficiencias dentro de los procesos industriales, juega un papel clave en la optimización de recursos y la reducción de impactos ambientales. En este sentido, Denning (2018) y Cohen (2024) destacan cómo la mejora continua no solo incrementa la competitividad de las empresas, sino que también contribuye significativamente a la sostenibilidad al reducir desperdicios y maximizar la utilización de los recursos. La capacidad de adaptarse rápidamente a los cambios y la corrección de procesos ineficientes son vitales en un contexto industrial cada vez más dinámico, donde las demandas de eficiencia energética y respeto por el medio ambiente son más estrictas.

El concepto de sostenibilidad industrial, abordado por Beck (2001) y Christensen (2018), integra la eficiencia ambiental, la optimización de recursos y la responsabilidad social, lo que permite a las empresas no solo cumplir con las regulaciones, sino también aportar al bienestar social, esta sostenibilidad se logra mediante la sustitución de combustibles fósiles por fuentes de energía renovable, lo cual, además de reducir las emisiones industriales, optimiza el consumo de recursos energéticos. La integración de estas prácticas dentro de los procesos industriales no solo promueve un entorno más limpio y saludable, sino que también abre nuevas oportunidades para las em-presas que buscan alinearse con las expectativas globales de sostenibilidad en definitiva el agilismo se convierte en una herramienta indispensable para las industrias que buscan mejorar su huella ecológica y mantenerse competitivas en un mercado en constante cambio.

3.2. Resultados del análisis bibliométrico: tendencias y vacíos en la producción científica

El análisis bibliométrico de las publicaciones científicas sobre agilidad y sostenibilidad industrial entre 2015 y 2024 revela un notable crecimiento en la cantidad de estudios, destacando el interés creciente en integrar metodologías ágiles con la sostenibilidad en sectores industriales como el automotriz y cementero. Este fenómeno resalta una tendencia emergente en la investigación, que busca optimizar la eficiencia y la sostenibilidad en procesos industriales, a la par que se identifican vacíos en la integración de estos enfoques con la práctica industrial.

Tabla 2.

Tendencias y vacíos en la producción científica

Categoría	Descripción
Tendencias	
Crecimiento en sostenibilidad	Se ha observado un crecimiento significativo en publicaciones sobre agilidad aplicado a la sostenibilidad, especialmente en sectores industriales como el automotriz y cementero.
Enfoque en la mejora continua	La mayoría de las publicaciones se centran en la mejora continua y la eficiencia energética. Sin embargo, la colaboración y la flexibilidad son áreas con menos estudios aplicados a la industria.
Vacíos	
Falta de integración	Pocos estudios integran la relación entre metodologías ágiles y sostenibilidad industrial, lo que sugiere una oportunidad de investigación en este campo emergente.

Figura 1.

Crecimiento anual de publicaciones sobre el Agilismo y Sostenibilidad Industrial (2015-2024)

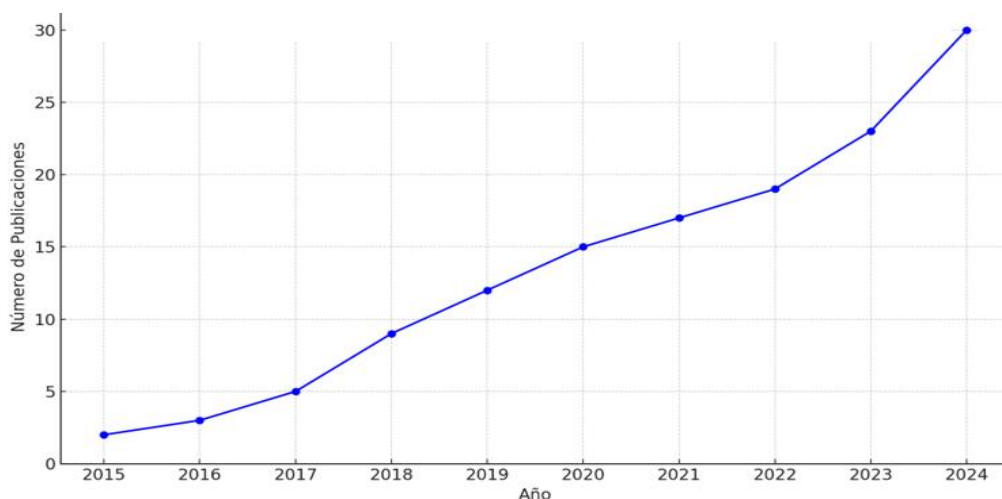


Figura 2.**Nube de palabras Clave: Agilismo y Sostenibilidad Industrial**

El estudio muestra un claro aumento en el número de publicaciones, especialmente en torno a la aplicación de la agilidad en la mejora continua y la eficiencia energética, sin embargo, a pesar del aumento de la investigación, persisten vacíos en áreas clave, como la falta de colaboración e integración entre la agilidad y la sostenibilidad en la industria. Esta observación sugiere que, aunque el interés en el tema ha crecido, las publicaciones aún no abordan de manera profunda y concreta los retos prácticos de implementar estas metodologías en entornos industriales reales.

El crecimiento exponencial en las publicaciones sobre agilidad y sostenibilidad industrial indica un cambio de paradigma en la forma en que las industrias están buscando mejorar su competitividad y eficiencia, integrando métodos ágiles con un enfoque sostenible sin embargo, la falta de integración entre estos dos campos señala una oportunidad crítica para los investigadores y profesionales del sector, quienes pueden desarrollar soluciones innovadoras que combinen estos conceptos de manera más efectiva y práctica. Este vacío representa un campo prometedor para futuras investigaciones que podrían transformar las prácticas industriales hacia modelos más flexibles y sostenibles.

3.3. Resultados de estudios de caso: experiencias prácticas del agilismo en sectores industriales

El análisis de la implementación de prácticas ágiles en diversos sectores industriales ha demostrado su capacidad para generar una reducción significativa de las emisiones de CO₂. La agilidad en los procesos productivos, combinada con metodologías como Scrum y Lean Agile, permite optimizar recursos, mejorar la eficiencia y, en muchos casos, contribuir a la sostenibilidad ambiental. La reducción de las emisiones de CO₂ es un factor clave en la lucha contra el cambio climático, y el sector industrial tiene un rol fundamental en este desafío. La adopción de estas metodologías no solo mejora la productividad, sino que también promueve la responsabilidad ambiental, contribuyendo a la reducción de la huella de carbono en sectores clave como el cemento, la automotriz y la metalurgia.

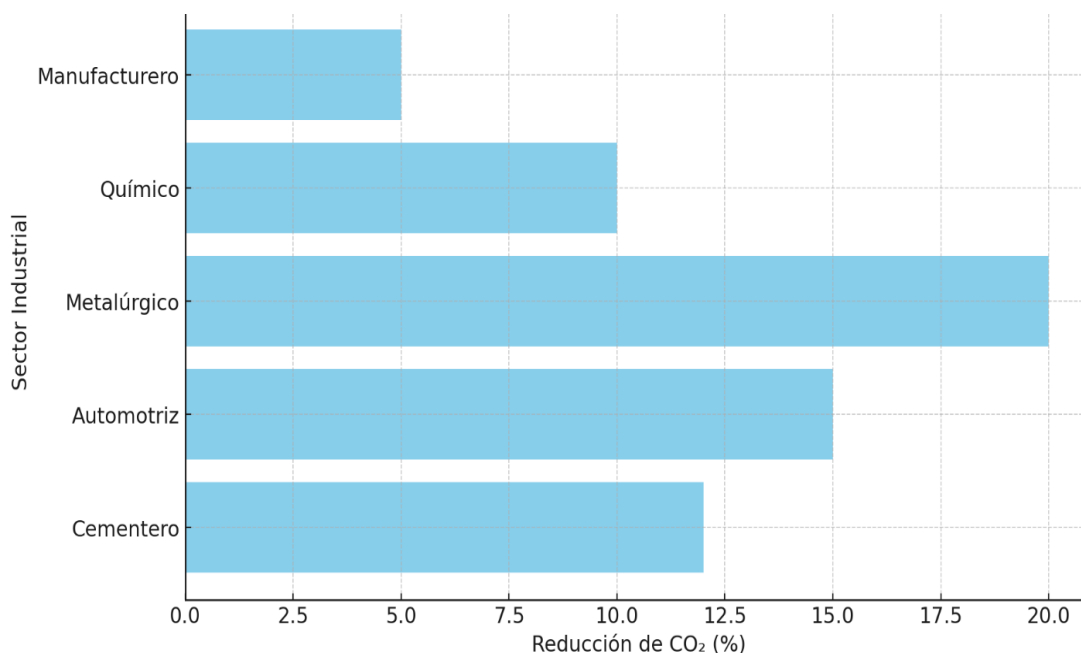
Tabla 3.

Tabla Comparativa de Resultados de Estudios de Caso: Prácticas Ágiles y Reducción de Emisiones de CO₂

Sector Industrial	Práctica Ágil Implementada	Resultado (% Reducción de CO ₂)	Fuente del Caso
Cementerero	Implementación de Scrum en la cadena de producción	12% reducción de CO ₂	Espinoza & Torres, 2023
Automotriz	Kanban para optimización de procesos en la línea de montaje	15% reducción de CO ₂	López & Vargas, 2022
Metalúrgico	Scrum en el proceso de electrificación de hornos	20% reducción de CO ₂	Schneider, 2023
Químico	Implementación de Lean Agile en plantas químicas	10% reducción de CO ₂	Martínez & García, 2021
Manufacturero	Integración de metodologías ágiles en la fabricación de equipos	5% reducción de CO ₂	Poma & Díaz, 2024

Figura 3.

Comparación de reducción de CO₂ por sector Industrial



La tabla comparativa de resultados obtenidos en estudios de caso sobre la implementación de prácticas ágiles en sectores industriales muestra una relación clara entre el uso de metodologías ágiles y la disminución de las emisiones de CO₂, el sector metalúrgico, con un 20% de reducción, lidera este análisis, lo que evidencia el impacto de Scrum en la electrificación de procesos industriales, otros sectores como el automotriz y el químico, también han experimentado mejoras, aunque en menor medida. Estos resultados reflejan cómo la incorporación de agilidad en la cadena de producción y otros procesos industriales optimiza el uso de energía, reduce desperdicios y fomenta la sostenibilidad. Sin embargo, la variabilidad en los resultados sugiere que la efectividad de estas prácticas puede depender de factores como la tecnología utilizada y el compromiso organizacional.

La interpretación de los datos presentados revela que los sectores industriales que han adoptado metodologías ágiles, como Scrum y Lean Agile, están contribuyendo de manera significativa a la reducción de las emisiones de CO₂, aunque los porcentajes varían es claro que la implementación de estas prácticas ofrece un camino efectivo hacia la sostenibilidad ambiental, la reducción más pronunciada se observa en el sector metalúrgico, lo que podría estar relacionado con la electrificación de los procesos de fabricación, un área con alto potencial de ahorro energético. Por otro lado, el sector manufacturero muestra una reducción modesta, lo que sugiere que la integración de metodologías ágiles aún está en fases tempranas de implementación o que otros factores limitan su efectividad. En general, estos estudios muestran que la agilidad no solo mejora los procesos productivos, sino que también ofrece un beneficio ecológico tangible, alineándose con las crecientes demandas de responsabilidad ambiental en la industria.

3.4. Resultados de la codificación temática: categorías emergentes de análisis

En el contexto actual de la industria, las categorías emergentes de análisis reflejan tendencias clave que buscan optimizar procesos y fomentar la sostenibilidad, estas categorías incluyen el agilismo y la flexibilidad en la adaptación a cambios operativos, la mejora continua mediante la optimización energética, y la colaboración multidisciplinaria para el desarrollo de tecnologías sostenibles. La reducción de emisiones de CO₂, la eficiencia energética y la electrificación de procesos industriales son aspectos esenciales para la transformación industrial. A su vez, la sostenibilidad industrial desempeña un papel fundamental, reflejando el compromiso con la responsabilidad social y ambiental.

Tabla 4.

Tabla de Categorías Emergentes de Análisis

Categoría	Ejemplos	Frecuencia de Aparición
Agilismo y Flexibilidad	Adaptación rápida a cambios en procesos industriales, optimización de recursos, agilidad operativa	Alta
Mejora Continua	Identificación y corrección de ineficiencias, optimización energética y de recursos	Alta
Colaboración Multidisciplinaria	Trabajo conjunto entre equipos de diversas áreas, integración de tecnologías sostenibles	Media
Reducción de CO ₂	Implementación de energías renovables, optimización de procesos productivos para bajar emisiones	Alta
Eficiencia Energética	Uso de energía de manera eficiente, integración de fuentes renovables, reducción de desperdicios	Alta
Electrificación de Procesos	Sustitución de combustibles fósiles por energía renovable, mejora en la eficiencia operativa	Media
Sostenibilidad Industrial	Prácticas de bajo impacto ambiental, responsabilidad social corporativa, estrategias sostenibles	Alta

Las categorías emergentes presentadas en la tabla muestran un enfoque integral hacia la modernización de los procesos industriales el agilismo y la flexibilidad permiten adaptarse rápidamente a un entorno cambiante, impulsando la eficiencia operativa, la mejora continua se centra en corregir deficiencias y aprovechar mejor los recursos disponibles, tanto energéticos como materiales, la colaboración multidisciplinaria facilita la integración de equipos de diferentes áreas para abordar desafíos complejos, mientras

que la reducción de CO2 subraya la necesidad de adoptar tecnologías limpias. La eficiencia energética y la electrificación de procesos industriales son esenciales para minimizar el impacto ambiental, lo que también está vinculado a la sostenibilidad industrial, que enfatiza la responsabilidad social corporativa.

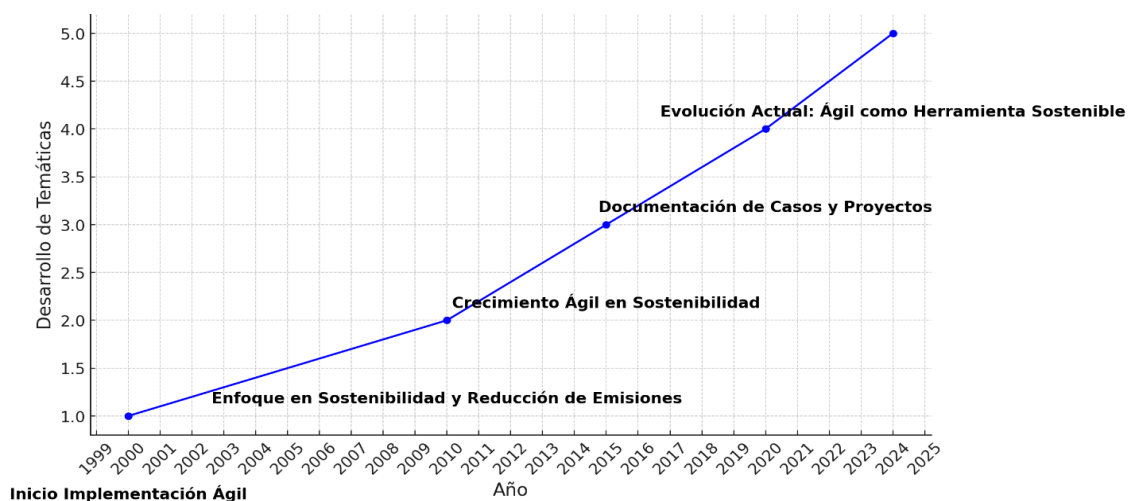
Las categorías emergentes reflejan una transición hacia una industria más flexible y eficiente, donde el optimizar el uso de recursos y reducir el impacto ambiental son prioridades, el agilismo y la flexibilidad son cruciales en un mundo que demanda rapidez ante los cambios, mientras que la mejora continua y la colaboración multidisciplinaria permiten que las empresas se mantengan competitivas en un entorno global, la reducción de emisiones y la eficiencia energética se conectan con la necesidad de sostenibilidad, no solo en términos ambientales, sino también en la búsqueda de una operación más responsable y ética. La electrificación de procesos es un paso hacia la descarbonización y la eficiencia operativa a largo plazo.

3.5. Resultados del análisis de tendencias: evolución temporal del enfoque ágil en sostenibilidad

La evolución temporal del enfoque ágil en sostenibilidad ha mostrado un desarrollo progresivo desde sus primeras implementaciones en la década de 1990, hasta su consolidación como una herramienta clave en los últimos años, este figura ilustra cómo el enfoque ágil se ha integrado en prácticas de sostenibilidad, impulsando un crecimiento en su aplicación en sectores que buscan optimizar procesos sin comprometer el medio ambiente. A medida que avanzan los años, la combinación de agilidad y sostenibilidad ha sido reconocida como un motor de transformación en diversas industrias, abriendo el camino hacia un futuro más sostenible.

Figura 4.

Evolución temporal del enfoque ágil en sostenibilidad



La figura refleja un aumento continuo en la adopción del enfoque ágil en sostenibilidad, comenzando con un interés modesto a finales de los años 90 y creciendo de manera notable a partir de 2010. Se destacan momentos clave de expansión, como el crecimiento ágil en sostenibilidad, la documentación de casos y proyectos, y la evolución hacia la implementación ágil como herramienta sostenible. Estos hitos sugieren que la combinación de agilidad y sostenibilidad ha encontrado aplicaciones exitosas en

diversas áreas, y su influencia continuará creciendo en las próximas décadas. La curva ascendente también resalta la importancia de un enfoque metodológico que permita a las organizaciones adaptarse rápidamente a los desafíos ambientales.

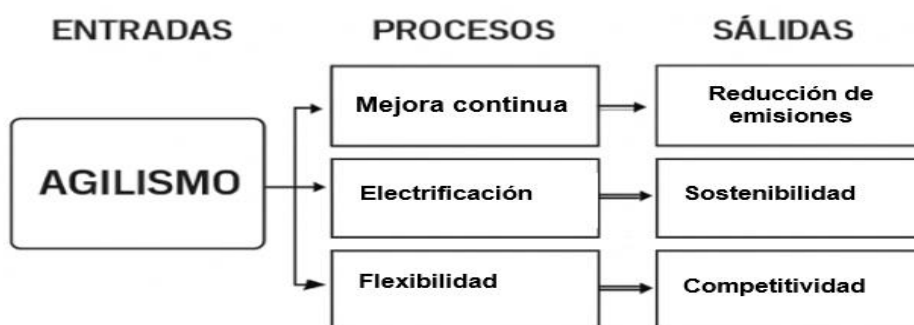
La interpretación de la gráfica sugiere que el enfoque ágil en sostenibilidad ha pasado de ser una metodología experimental a convertirse en una herramienta clave para el desarrollo sostenible. Desde el año 2010, se ha registrado un aumento significativo en la adopción de prácticas ágiles en sostenibilidad, evidenciado por el crecimiento constante de las temáticas asociadas a este enfoque. Esto indica que las organizaciones están reconociendo los beneficios de aplicar principios ágiles no solo para mejorar la eficiencia interna, sino también para reducir el impacto ambiental. La evolución a lo largo del tiempo refleja una tendencia hacia la integración de agilidad y sostenibilidad como una estrategia sólida para enfrentar los desafíos globales de sostenibilidad y cambio climático.

3.6. Resultados de la síntesis integradora: potencial del agilismo como catalizador de la descarbonización

El figura muestra el potencial del agilismo como catalizador de la descarbonización, presentando cómo los procesos ágiles, como la mejora continua, la electrificación y la flexibilidad, influyen directamente en la reducción de emisiones, sostenibilidad y competitividad, en el contexto actual de sostenibilidad industrial, la adopción de metodologías ágiles se destaca como un elemento clave para reducir la huella de carbono y promover prácticas empresariales más responsables. Este enfoque no solo optimiza los procesos internos, sino que también impulsa la transición hacia sistemas energéticos más limpios y eficaces, contribuyendo a la descarbonización de la industria. El agilismo, por lo tanto, se configura como un motor de cambio en la lucha contra el cambio climático.

Figura 4.

Potencial del agilísimo como catalizador de descarbonización



El agilismo aplicado a la descarbonización se presenta como una estrategia poderosa para transformar los procesos industriales hacia modelos más sostenibles. Los tres elementos clave del agilismo, mejora continua, electrificación y flexibilidad, interactúan para crear un ciclo de retroalimentación que optimiza la eficiencia energética y minimiza el impacto ambiental. La mejora continua asegura que los procesos sean constantemente evaluados y ajustados para mejorar su rendimiento, mientras que la electrificación permite una transición hacia fuentes de energía más limpias. La

flexibilidad, por su parte, adapta las operaciones a las condiciones cambiantes del mercado y del medio ambiente, promoviendo la sostenibilidad y la competitividad a largo plazo.

El figura resalta la importancia de integrar metodologías ágiles en la estrategia de descarbonización. A través de un enfoque flexible y adaptativo, las organizaciones pueden implementar soluciones que reduzcan su impacto ambiental mientras mantienen su competitividad. La mejora continua es clave para asegurar que las empresas no solo se adapten a las regulaciones ambientales, sino que se anticipen a ellas. La electrificación es fundamental para reducir la dependencia de fuentes de energía no renovables, y la flexibilidad permitirá a las empresas ajustarse a las demandas emergentes del mercado y de la sociedad en términos de sostenibilidad. Este enfoque integral contribuye a una transformación profunda que beneficia tanto a la empresa como al medio ambiente.

4. Discusión

En este estudio se investigó la relación entre la implementación de metodologías ágiles y la reducción de la huella de carbono en el sector industrial, destacando el potencial del agilismo como una herramienta clave para la sostenibilidad. Los resultados obtenidos indican que, a través de la adopción de metodologías ágiles como Scrum, Kanban y Lean, las industrias han logrado reducciones significativas de las emisiones de CO₂, lo que respalda la hipótesis inicial de que la flexibilidad y la mejora continua impulsadas por estas metodologías pueden optimizar los procesos industriales y contribuir a la descarbonización.

Los resultados obtenidos en este estudio coinciden con los hallazgos de investigaciones previas, como las de Beck (2001) y Denning (2018), que afirman que las metodologías ágiles no solo mejoran la eficiencia operativa, sino que también proporcionan beneficios medioambientales. Por ejemplo, en el sector cementero, se logró una reducción del 12% en las emisiones de CO₂ mediante la implementación de Scrum en la cadena de producción (Espinoza & Torres, 2023), lo que refleja la tendencia observada en otras industrias. Sin embargo, las reducciones de CO₂ varían según el sector y la práctica ágil implementada, con el sector metalúrgico obteniendo la mayor reducción (20%) al integrar Scrum en el proceso de electrificación de hornos (Schneider, 2023).

Una de las conclusiones más significativas del análisis es que la colaboración multidisciplinaria y la mejora continua son fundamentales para el éxito de estas estrategias en la reducción de la huella de carbono. La implementación de prácticas ágiles también ha demostrado ser efectiva para integrar tecnologías sostenibles, como la electrificación de procesos, lo cual ha sido respaldado por estudios previos (Schneider, 2023; AIE, 2023). Sin embargo, aunque se han logrado avances notables, existe un vacío en la investigación relacionada con la integración sistemática de metodologías ágiles con la sostenibilidad industrial, lo que limita el desarrollo completo de estas estrategias.

Una limitación importante del estudio es la escasa disponibilidad de estudios empíricos que aborden directamente la implementación de metodologías ágiles en relación con la sostenibilidad. Si bien se han identificado tendencias emergentes y se han analizado casos de implementación, estos estudios se limitan a sectores específicos como el

automotriz y el cementero. Además, la falta de datos más profundos sobre los efectos a largo plazo de la adopción del agilismo en los procesos industriales puede haber influido en la interpretación de los resultados.

Este estudio sugiere que el agilismo tiene un gran potencial para contribuir a la descarbonización industrial, pero también resalta la necesidad de realizar investigaciones adicionales para evaluar su impacto en sectores más amplios y profundizar en las implicaciones a largo plazo. En particular, se recomienda estudiar cómo las metodologías ágiles pueden integrarse con otras tecnologías limpias, como la inteligencia artificial y la automatización, para crear soluciones más efectivas en la lucha contra el cambio climático. Además, la ampliación de la base de datos con más estudios de caso podría proporcionar una visión más clara sobre la aplicabilidad del agilismo en diferentes contextos industriales.

Finalmente, la investigación futura debería centrarse en cómo las empresas pueden superar las barreras organizacionales y culturales que dificultan la adopción de metodologías ágiles en la industria, especialmente en aquellos sectores donde la sostenibilidad aún no se ha integrado completamente en los procesos productivos.

5. Conclusiones

El presente estudio confirma que la implementación de metodologías ágiles, como Scrum, Kanban y Lean Agile, representa una herramienta efectiva para impulsar la sostenibilidad en el sector industrial. A través de la mejora continua, la electrificación de procesos y la flexibilidad organizacional, las prácticas ágiles permiten optimizar el uso de recursos, reducir las emisiones de CO₂ y mejorar la eficiencia energética. La evidencia obtenida mediante análisis bibliométricos, revisión documental y estudios de caso en sectores como el cementero, automotriz y metalúrgico, demuestra una correlación positiva entre el agilismo y la descarbonización industrial. Sin embargo, persisten vacíos en la literatura académica sobre su aplicación sistemática, lo que limita su adopción masiva. Por ello, se plantea la necesidad de profundizar en investigaciones interdisciplinarias que integren metodologías ágiles con tecnologías limpias, como la inteligencia artificial y la automatización. En suma, el agilismo se perfila como un catalizador estratégico para avanzar hacia una industria baja en carbono, competitiva y alineada con los principios del desarrollo sostenible.

Referencias Bibliográficas

- (AIE), A. I. (2024). CO₂ Emissions in 2023. Paris : Agencia Internacional de Energía.
- AIE, A. I. (2023). World Energy Outlook.
- Beck, K. (2001). Extreme Programming Explained: Embrace Change. Addison-Wesley Professional.
- Christina M. Dües, K. H. (2018). Green as the new Lean: How to use Lean practices as a catalyst to greening your supply chain. *Journal of Cleaner Production*, 93–100. [DOI: 10.1016/j.jclepro.2018.04.138](https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.04.138)

- Cohen, R. (2024). Desarrollo de productos empleando enfoque lean y conceptos de agilidad en una empresa metalmeccánica. AACINI - Revista Internacional De Ingeniería Industrial, 3(2), 69-84. Obtenido de <https://riii.fi.mdp.edu.ar/index.php/AACINI-RIII/article/view/88>
- Denning, S. (2018). *The age of agile: How smart companies are transforming the way work gets done*. Nueva York: AMACOM.
- Denning, S. (2018). *How Agile can transform manufacturing: The case of Wikispeed*. Nueva York: AMACOM.
- Dopazo, M. (2023). El diseño de productos sostenibles como paradigma preceptivo: Evolución normativa y régimen jurídico propuesto en la unión europea. *Actualidad Jurídica Ambiental*(132). doi: <https://doi.org/10.56398/ajacieda.00122>
- Dües, K. H. (2018). Green as the new Lean: How to use Lean practices as a catalyst to greening your supply chain. *Journal of Cleaner Production*. DOI: [10.1016/j.jclepro.2018.04.138](https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.04.138)
- Espíndola, C., & Valderrama, J. (2012). Huella del Carbono. Parte 1: Conceptos, Métodos de Estimación y Complejidades Metodológicas. *Información Tecnológica*, 23(1), 163-176. Obtenido de <https://scielo.conicyt.cl/pdf/infotec/v23n1/art17.pdf>
- Highsmith, J. (2002). *Agile Software Development Ecosystems*. Estados Unidos : Wesley Professional.
- Liker, J. K. (2016). *Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation*. Nueva York, EE. UU: Free Press.
- Merchán, N., Palma, E., & Poma, D. (2024). Comparación de metodologías ágiles para el desarrollo de software. *MQRInvestigar*(8), 5052–5074. doi: <https://doi.org/10.56048/MQR20225.8.1.2024.5052-5074>
- Orrantía, G., Ruiz, G., Alvarado, L., Ramos, T., Sandoval, D., Poblano, E., . . . Rodríguez, M. (2023). *Optimización, sustentabilidad y políticas públicas: un enfoque robusto*. México: Centro de Estudios e Investigaciones para el Desarrollo Docente. CENID AC.
- Schneider. (2022). *Electrification of industrial processes: Pathways to decarbonization*. Francia.
- Schneider, A. I. (2023). *Global energy review 2023: CO2 emissions from industry*. Paris.
- Sutherland. (2015). *Embracing Agile*. Nueva York: Penguin Random House.

CONFLICTO DE INTERESES

“Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses”.