

# Cleaner and Sustainable Production in the Industry: A Literature Review

Ariana Lynn Sanchez Alvarez 

Departamento de Ingenierías de la Industria y el Ambiente, Escuela de Ingeniería Industrial, Universidad Católica San Pablo, Perú, [ariana.sanchez@ucsp.edu.pe](mailto:ariana.sanchez@ucsp.edu.pe)

*Abstract - The aim of study is to analyze how cleaner production strategies have been implemented across various industries, recognizing the need to enhance efficiency to mitigate environmental impacts. Additionally, this study aims to understand the benefits that sustainability contributes to industrial development. To achieve the research objectives, a literature review is proposed to identify and analyze relevant studies related to cleaner production and sustainability in various industries. The results indicate a significant increase in article publications in 2022, reflecting a growing interest in cleaner production and sustainability within the industry. Regarding the most utilized research method for studying the topic, surveys stand out, particularly in the category of cleaner production practices. The "Journal of Cleaner Production" plays a pivotal role in disseminating research on these themes. Another significant finding is the crucial role of technologies and the contributions now made by circular economy.*

*Keywords: Cleaner production, sustainability, industry, innovation, literature review.*

# Producción Más Limpia y Sostenible en la Industria: Una Revisión de Literatura

Ariana Lynn Sanchez Alvarez<sup>B</sup>

Departamento de Ingenierías de la Industria y el Ambiente, Escuela de Ingeniería Industrial, Universidad Católica San Pablo, Perú, [ariana.sanchez@ucsp.edu.pe](mailto:ariana.sanchez@ucsp.edu.pe)

**Resumen--** El objetivo de este estudio es analizar cómo se han implementado las estrategias de producción más limpia en diversas industrias, reconociendo la necesidad de mejorar la eficiencia para reducir los impactos ambientales; busca además comprender los beneficios que la sostenibilidad aporta al desarrollo industrial. Para alcanzar los objetivos de la investigación se propone realizar revisión de literatura a fin de identificar y analizar estudios relevantes relacionados con la producción más limpia y la sostenibilidad en diversas industrias. Los resultados muestran un aumento significativo en las publicaciones de artículos en 2022, reflejando un creciente interés en la producción más limpia y la sostenibilidad en la industria, en cuanto al método de investigación más utilizado para estudiar el tema resaltan las encuestas, especialmente en la categoría de prácticas de producción más limpia, y el "Journal of Cleaner Production" desempeña un papel central en la difusión de las investigaciones con estas temáticas. Otro resultado relevante es el papel crucial de las tecnologías y los aportes que ahora trae la economía circular.

**Palabras clave:** Producción más limpia, sustentabilidad, industria, innovación, revisión de literatura.

**Abstract -** The aim of study is to analyze how cleaner production strategies have been implemented across various industries, recognizing the need to enhance efficiency to mitigate environmental impacts. Additionally, this study aims to understand the benefits that sustainability contributes to industrial development. To achieve the research objectives, a literature review is proposed to identify and analyze relevant studies related to cleaner production and sustainability in various industries. The results indicate a significant increase in article publications in 2022, reflecting a growing interest in cleaner production and sustainability within the industry. Regarding the most utilized research method for studying the topic, surveys stand out, particularly in the category of cleaner production practices. The "Journal of Cleaner Production" plays a pivotal role in disseminating research on these themes. Another significant finding is the crucial role of technologies and the contributions now made by circular economy.

**Keywords:** Cleaner production, sustainability, industry, innovation, literature review.

## I. INTRODUCCIÓN

El aporte de la industria al desarrollo es indudable, sin embargo, este desarrollo ha generado a su vez impactos ambientales negativos y prácticas insostenibles, es por ello que el artículo pretende conocer algunas estrategias de producción más limpia y sostenibles para la industria a través de una revisión de literatura.

Es importante reconocer que la sostenibilidad industrial no se centra únicamente en la mitigación de impactos ambientales;

abarca también una mejora integral de las condiciones laborales, fomenta la responsabilidad social corporativa y busca innovaciones para una producción más eficiente y respetuosa con el entorno [1]. Este enfoque, además de ser ético, se revela como una estrategia económicamente acertada, alineándose con las expectativas y demandas de una sociedad comprometida con la responsabilidad ambiental y social.

La expresión “producción más limpia” o “Cleaner Production”, surgió en 1990, y se define como la aplicación continua de acciones preventivas integradas a los procesos, productos y servicios para aumentar la eficiencia y reducir los riesgos para los seres humanos y el medio ambiente [2]. Contrastando con este enfoque, el término 'sostenibilidad' hace referencia a la capacidad desarrollada por las empresas mediante acciones destinadas a reducir su impacto ambiental, con el objetivo de establecer un equilibrio entre lo económico y lo ambiental. En el marco de la sostenibilidad industrial, se persigue el desarrollo sostenible, buscando armonizar aspectos económicos, sociales y medioambientales [3]. En este contexto, el término “industria” hace referencia a la actividad económica centrada en convertir materias primas en productos finales. Esta industria desempeña una función esencial al implementar acciones en los procesos productivos, fomentando prácticas que buscan la sostenibilidad [4]. El objetivo de esta revisión de literatura es abordar dos aspectos fundamentales; en primer lugar, se busca comprender cómo las estrategias de producción más limpia y sostenibilidad se han integrado en diversas industrias, reconociendo la necesidad imperante de mejorar la eficiencia y reducir los impactos ambientales. En segundo lugar, se indaga en los beneficios concretos que la sostenibilidad industrial aporta a las empresas y a la sociedad en general. Estas interrogantes son cruciales en un momento en el que la industria enfrenta la creciente presión de adoptar estrategias que no solo impulsen la rentabilidad económica, sino que también mitiguen su impacto negativo en el medio ambiente y promuevan condiciones laborales éticas.

Para llevar a cabo esta investigación, se realizó una de literatura y se siguieron los siguientes pasos: identificación, selección y análisis exhaustivo de estudios relevantes relacionados con la producción más limpia, sostenibilidad y sus aplicaciones en diversas industrias. La búsqueda se realizó en bases de datos especializadas, revisando investigaciones publicadas en revistas científicas. Se aplicaron criterios de inclusión y exclusión definidos previamente para garantizar la calidad y pertinencia de los estudios seleccionados. La síntesis de los hallazgos se llevó a cabo mediante un análisis comparativo, permitiendo obtener una visión integral de la

implementación de estas estrategias y sus beneficios en el ámbito industrial.

La revisión de la literatura revela un creciente interés en la producción más limpia y la sostenibilidad en la industria, evidenciado por el notable aumento de publicaciones en 2022. Destaca la influencia central del *"Journal of Cleaner Production"*, y la preferencia por encuestas como método de investigación; no obstante, se observan diferentes tipos de estudio que refleja diversidad metodológica para abordar el tema. Las prácticas de producción más limpia emergen como elementos clave vinculados a la innovación. La tecnología y la Economía Circular se destacan como pilares fundamentales, subrayando la necesidad de una integración armoniosa para avanzar hacia modelos industriales más sostenibles y eficientes. Estos hallazgos resaltan la importancia de la investigación y la acción en el contexto actual de desafíos ambientales.

## II. METODOLOGÍA

La investigación es una revisión de literatura, que analiza de forma estructurada las contribuciones académicas existentes sobre las estrategias de producción más limpia y sostenibilidad en diversas industrias. La revisión sigue un protocolo definido que incluye la identificación y selección rigurosa de estudios relevantes, la extracción y síntesis de datos clave. Este enfoque garantiza objetividad y reproducibilidad del proceso, permitiendo una comprensión actualizada del estado actual del conocimiento en el ámbito de estudio.

Se realizó un levantamiento de información relacionado a las estrategias de producción más limpia en distintas industrias, así como a los beneficios de la sostenibilidad en el ámbito industrial. Para ello se utilizaron las siguientes palabras clave: "cleaner production", "sustainable" e "industry". Siendo las bases de datos utilizadas: Dialnet, ScienceDirect y Scopus como bases de datos se basó en su reconocimiento académico y su capacidad para proporcionar una amplia gama de literatura relevante en el campo de la ingeniería.

En el proceso de búsqueda de artículos en las bases de datos, se emplearon técnicas convencionales de búsqueda booleana. El uso de comillas ( " ") aseguró la recuperación de resultados que contienen la frase exacta, mientras que el operador AND se utilizó para buscar resultados con palabras clave específicas. Además, el operador OR amplió la búsqueda a resultados que incluyeran cualquiera de las palabras especificadas. Complementariamente, el asterisco (\*) fue empleado como operador para representar cualquier conjunto de caracteres de una palabra, facilitando así la recuperación de resultados que contengan distintas formas de la palabra clave.

En la búsqueda inicial solo se consideró artículos de investigación completos publicados en revistas, llegando a obtener 708 artículos. Es importante destacar que en esta fase inicial no se incluyeron artículos de revisión de literatura. La distribución de la cantidad de artículos por base de datos se detalla en la Tabla I.

TABLA I  
ARTÍCULOS POR BASE DE DATOS

Términos	Dialnet	ScienceDirect	Scopus	Total
Cleaner production, sustainable, industry	6	335	42	383
Cleaner production, sustainability, industry	6	308	11	325
Total	12	643	53	708

En la Tabla II se puede observar que, tras la eliminación de los duplicados, la muestra se redujo a 383 artículos. Luego, se implementaron criterios de temporalidad, restringiendo la revisión al periodo de 2019 a 2023 para mantener la relevancia temporal de la literatura seleccionada, resultando en 365 artículos. Asimismo, se realizó una revisión de las revistas de origen, excluyendo aquellos que no estaban alineados con las áreas de ingeniería, y/o negocios, lo que disminuyó la muestra a 118 artículos. Posteriormente, se llevó a cabo un análisis de los títulos para la selección final, descartando aquellos cuyos enfoques no coincidían con el tema de investigación centrado en las estrategias de Producción Más Limpia en las industrias. Este proceso culminó con la identificación de 29 artículos seleccionados para análisis.

Respecto a los artículos procedentes de la base de datos Dialnet, fueron eliminados en el proceso detallado anteriormente. Tras la eliminación de duplicados, únicamente se conservaban 6 artículos de esta fuente, los cuales fueron excluidos durante la revisión de las fuentes y su alineación con las áreas de ingeniería y/o negocios.

TABLE II  
CRITERIOS DE EXCLUSIÓN

Criterio de exclusión	Nro. Inicial	Nro. de Excluidos	Nro. de artículos final
Artículos de busca inicial	708	-	708
Duplicados	708	325	383
Año (2019-2023)	383	18	365
Por nombre de revista	365	247	118
Por título y abstract	118	89	29

En la fase de organización y síntesis de información en esta revisión de literatura, se obtuvieron 29 artículos, de los cuales 7 fueron excluidos tras una lectura completa debido a enfoques no alineados a la investigación, quedando 22 artículos. Se empleó también la técnica de bola de nieve para incluir algunos artículos relevantes presentes en las referencias de los artículos iniciales., llegando a tener 25 artículos para análisis final.

### III. RESULTADO Y DISCUSIÓN

#### A. Análisis Cuantitativo

A seguir se muestran algunos datos cuantitativos relevantes de la selección de 25 artículos:

La Fig. 1 presenta la distribución de los artículos según la base de datos de origen. No se aprecia una diferencia significativa entre Scopus y ScienceDirect.

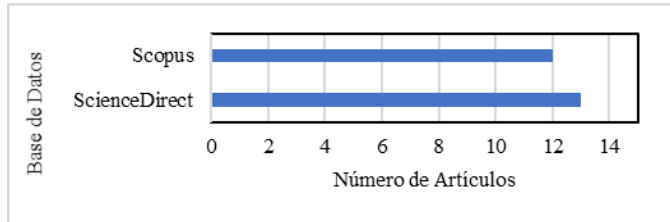


Fig. 1 Número de Artículos por Base de Datos

La Fig. 2 exhibe un gráfico de líneas que evidencia un incremento notable en la cantidad de artículos publicados durante el año 2022. Este fenómeno podría interpretarse como un indicio de un aumento significativo en el interés y la atención dedicados al tema de investigación en cuestión.

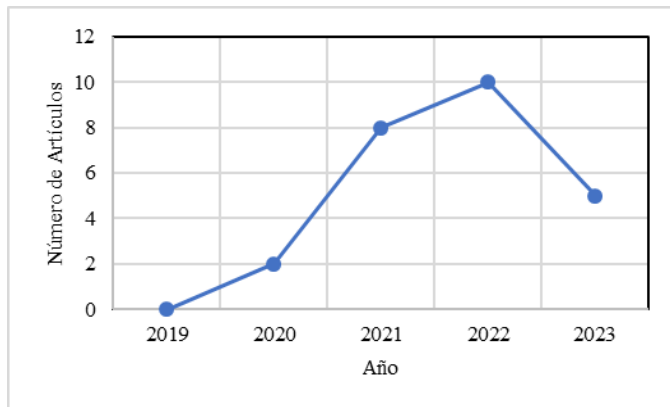


Fig. 2 Número de Artículos por Año

Asimismo, se verificó las principales metodologías empleadas por los investigadores, las cuales se encuentran resumidas en la Fig. 3. Dicha figura establece una relación entre los artículos y los tipos de metodologías utilizadas. Es crucial tener en cuenta que cada artículo puede haber empleado más de una metodología. Asimismo, se destaca una incidencia significativamente mayor en el uso de la metodología de “Encuesta”, evidenciando su prevalencia en el conjunto de estudios analizados.

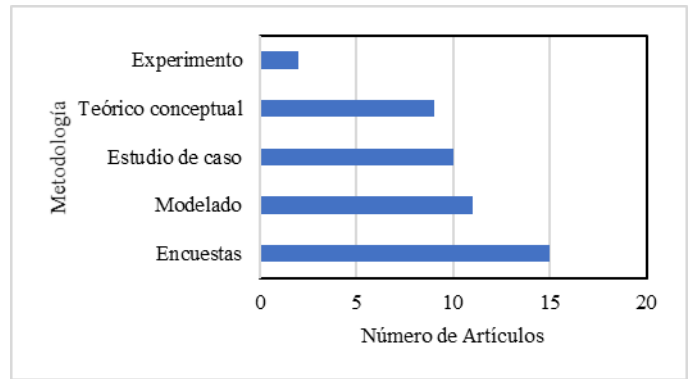


Fig. 3 Número de Artículos por Tipo de Metodología

En lo que respecta a la clasificación de los artículos por revista, los resultados se exponen en la Tabla III. Como se observa en la tabla, se presenta el número de artículos según la revista a la que están adscritos. Destaca una clara predominancia del “Journal of Cleaner Production”, con un 60% de artículos vinculados a sus publicaciones.

TABLA III  
NÚMERO DE ARTÍCULOS POR REVISTA

Revista	Cantidad de artículos	Porcentaje (%)
Journal of Cleaner Production	15	60
Sustainable Production and Consumptions	3	12
Sustainability (Switzerland)	2	8
Computers in Industry	1	4
Advanced Industrial and Engineering Polymer Research	1	4
International Journal of Production Economics	1	4
Journal of Innovation and Knowledge	1	4
Resources, Conservation and Recyclings	1	4

La Fig. 4 representa el tipo de metodología aplicada según la categoría de estudio. Se destaca que en la categoría de “Prácticas de Producción Más Limpia”, se encontró una mayor aplicación de estudios de caso. En contraste, en las categorías de “Beneficios para la sostenibilidad industrial” y “Tecnologías y herramientas para la sostenibilidad industrial”, se observa una mayor prevalencia de la metodología de encuestas.

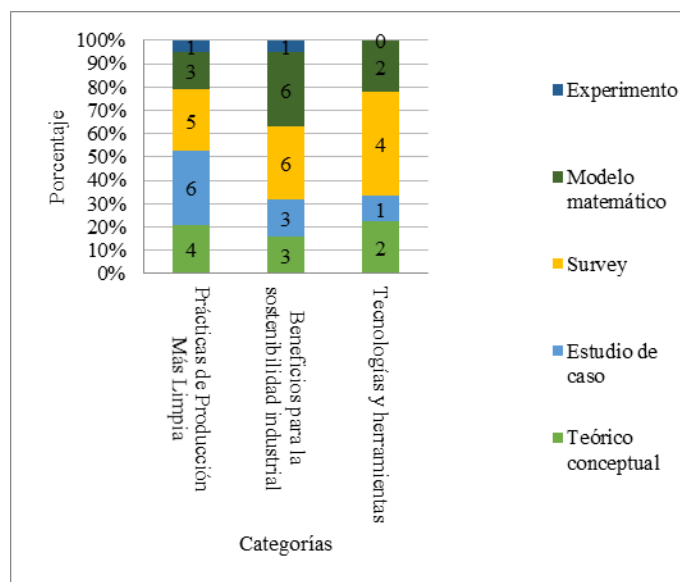


Fig. 4 Relación de Metodologías y Categorías de Estudio

La sección siguiente presenta un análisis de contenido de los 25 artículos cuyo eje de análisis es en torno a las estrategias de producción más limpia y su impacto en la sostenibilidad en la industria. Las Fig. 5 y Fig. 6 delimitan el alcance de la revisión, mostrando gráficamente la relación de los artículos en base a las palabras clave más destacadas.

La Fig. 5 destaca la importancia central de términos como "desarrollo sostenible", "economía circular", "producción más limpia", "innovación" y "tecnología". Estos conceptos están interconectados y agrupados en todos los colores, indicando su relevancia integral en la literatura revisada. La convergencia temática sugiere que estos términos son fundamentales y transversales en el campo de estudio, actuando como nodos centrales que unifican diversas perspectivas y enfoques.

La Fig. 6 resalta una mayor concentración de términos en "producción más limpia", "innovación", "desarrollo", "tecnología" y "sostenibilidad". Estos términos muestran una densidad más pronunciada en comparación con otros, indicando que son áreas temáticas centrales y frecuentemente abordadas en la literatura revisada. Esta observación sugiere un enfoque significativo en la intersección de la producción sostenible, la innovación, el desarrollo, la tecnología y la sostenibilidad en los artículos analizados.

### B. Análisis cualitativo

La síntesis y análisis de información se hizo mediante fichas de resumen estructuradas para los 25 artículos finales, organizados en un formato tabular para facilitar la comparación y el análisis.

*Prácticas de producción más limpia.* En la búsqueda de estrategias para impulsar la sostenibilidad empresarial, la adopción de prácticas de producción más limpia se destaca como un elemento central en diversas industrias. Se han

identificado convergencias que trazan un camino hacia la sostenibilidad, así como las tendencias en el campo de la innovación empresarial y sostenibilidad a través de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), identificando brechas y oportunidades para futuras investigaciones [5], [6]. Las estrategias de PML y la implementación de la industria 4.0 son elementos clave para mejorar la sostenibilidad en la fabricación, relacionándose la implementación práctica de estas estrategias sostenibles con la introducción de enfoques innovadores en el proceso [7].

Por ejemplo, de acuerdo con el estudio [8], la integración de tecnologías y metodologías apropiadas puede mejorar la sostenibilidad de operaciones de fabricación. Estos resultados respaldan la noción de que la adopción de prácticas sostenibles no solo puede proporcionar una guía para los fabricantes en la implementación de operaciones más sostenibles, sino que también se concreta mediante la incorporación de prácticas específicas de PML.

La economía colaborativa surge como un impulsor significativo para la sostenibilidad, identificando industrias específicas con el potencial de generar un impacto positivo en la PML. Este enfoque va más allá de la eficiencia económica, abordando directamente la sostenibilidad y la PML. Se identificaron cambios positivos en las conexiones industriales, subrayando la importancia de evaluar los beneficios sostenibles y la identificación de factores críticos de éxito en la gestión de emergencias [5]. Este enfoque integrado proporciona una comprensión más profunda de la interconexión entre la economía colaborativa y la sostenibilidad, permitiendo la identificación de industrias relevantes para impulsar la PML. Además, los datos transversales indican que las actividades de intercambio aumentan moderadamente de intercambio aumentan moderadamente la importancia de la industria, promoviendo la limpieza y conservación de recursos en las conexiones industriales. El análisis holístico de los efectos sostenibles es esencial para mejorar la eficiencia económica y contribuir con la transformación de estructura industrial [5].

La innovación y la tecnología verde desempeñan roles fundamentales en el impulso de prácticas sostenibles. Sistemas de clasificación como el Classification System of Green Technology (CSGT) proporcionan una estructura para la comprensión de tecnologías verdes, destacando su diversidad y la necesidad de abordar desafíos sostenibles [9]. La innovación en tecnologías verdes no se limita a la eficiencia operativa; su contribución se extiende a abordar los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), asegurando que la innovación esté alineada con metas globales de sostenibilidad.

La consideración integral del ciclo de vida se revela como un aspecto esencial en la búsqueda de la sostenibilidad. Las limitaciones observadas en los sistemas de indicadores existentes, que a menudo se centran exclusivamente en la etapa de producción, no tienen en cuenta las emisiones de carbono en áreas más allá de la producción, resaltan la importancia de una

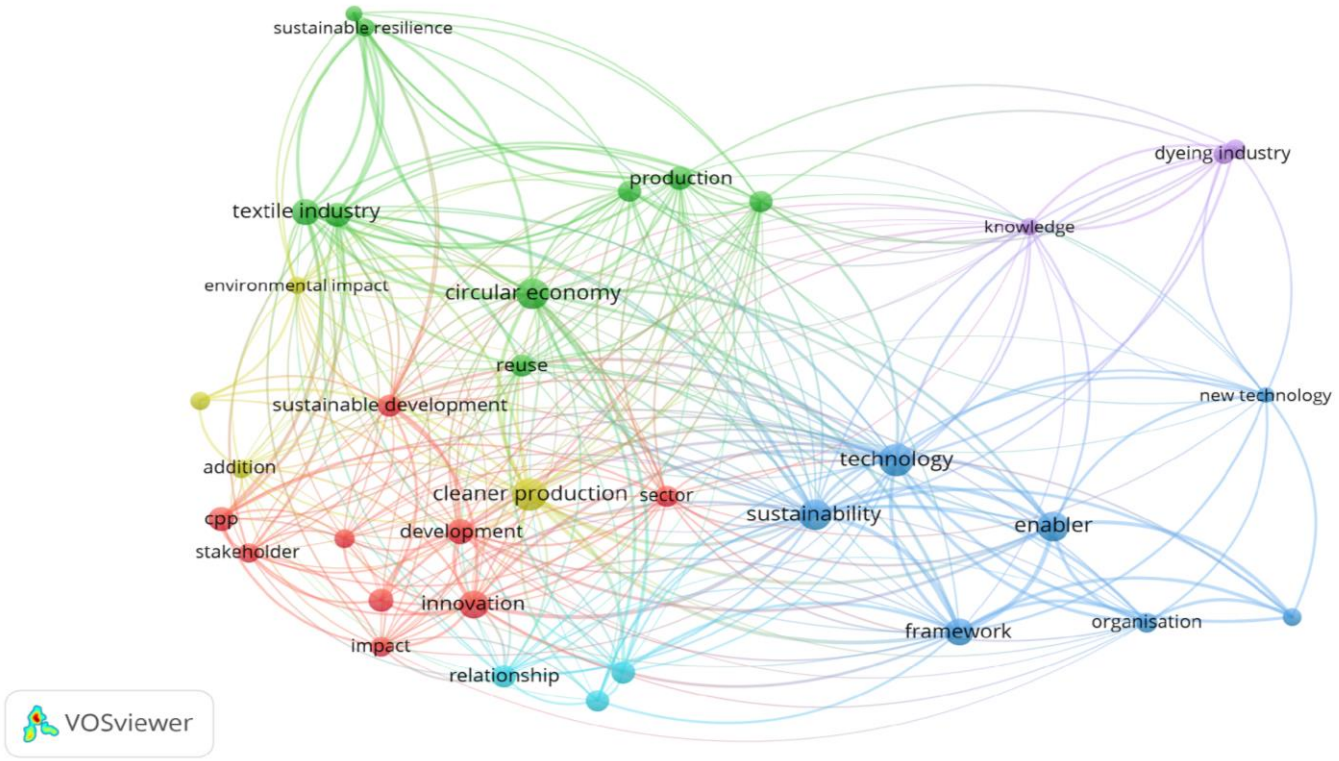


Fig. 5 Gráfica de Redes

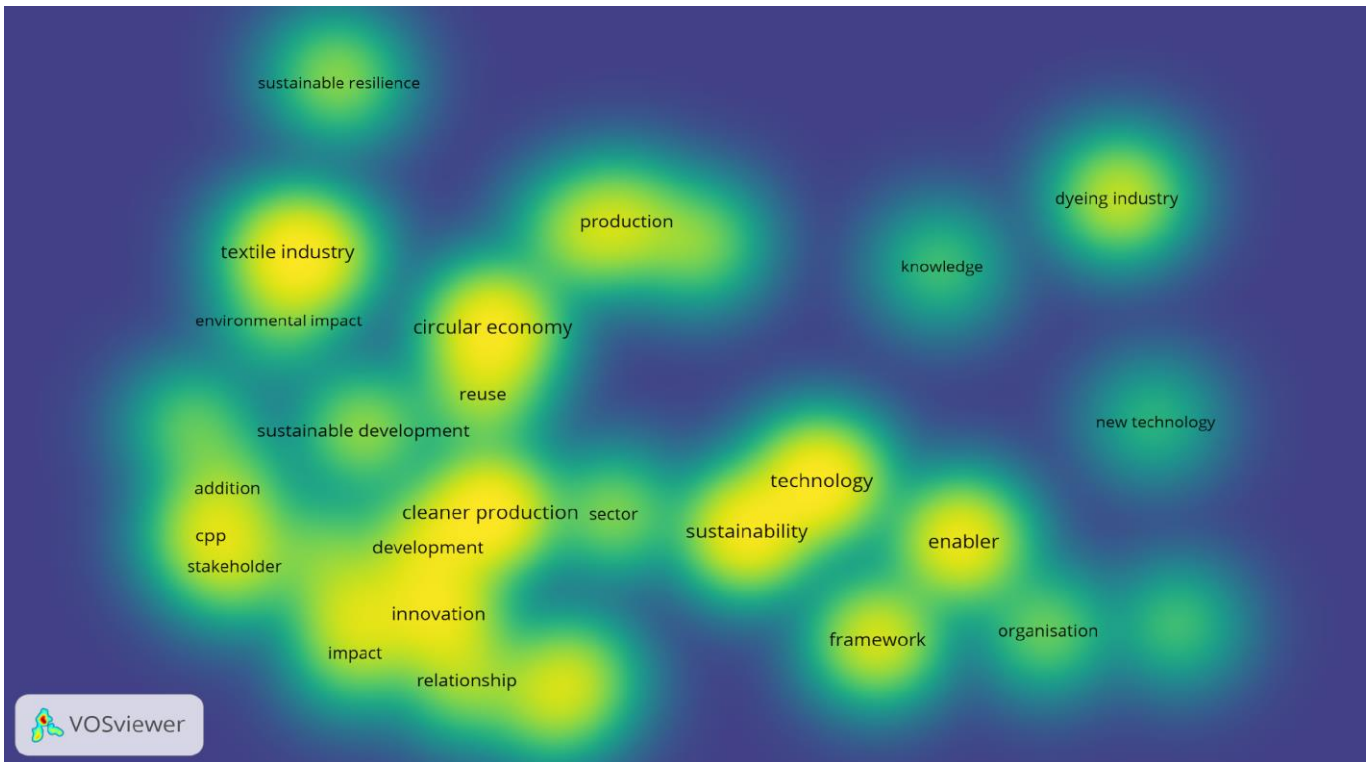


Fig. 6 Gráfica de Densidad

evaluación holística [10]. Esto subraya la necesidad de medidas que aborden no solo la producción sino todo el ciclo de vida del producto.

La economía circular emerge como un paradigma crítico, promoviendo la reutilización de recursos y reduciendo el impacto ambiental [11]. Prácticas como la reutilización de agua y materiales, y el reciclaje son fundamentales. Este enfoque circular también se vincula con la resiliencia sostenible, donde prácticas que consideran la economía circular muestran una mayor resistencia [12].

El aumento de la conciencia ambiental impulsa políticas públicas relacionadas con la sostenibilidad. El análisis longitudinal en países como China muestra un aumento significativo en políticas de economía circular, reflejando la necesidad de abordar el cambio climático y mejorar la eficiencia de los recursos [13]. La eficiencia del recurso hídrico es otro aspecto crítico, particularmente evidente en la industria textil de Bangladesh [14]. La variabilidad del consumo de agua y la importancia de la dureza del agua destacan la necesidad de estrategias que optimicen el uso del agua en los procesos de producción.

La colaboración y prácticas de producción más limpia representan las bases para lograr una sostenibilidad sólida. La colaboración entre actores interesados y la implementación de prácticas ecoeficientes se destacan como elementos esenciales en la industria textil, demostrando que la adopción de medidas sostenibles puede generar beneficios tanto económicos como ambientales [7].

En conjunto, estos estudios ofrecen una visión integral de las prácticas sostenibles en diversas industrias, subrayando la importancia de la producción más limpia (PML). Desde la clasificación de tecnologías verdes hasta la evaluación de impactos ambientales y la implementación de economía circular, surge una narrativa convergente. La intersección de la innovación, la sostenibilidad y la responsabilidad ética en la manufactura, respaldada por tecnologías emergentes, revela un camino hacia la adopción generalizada de prácticas ecoeficientes. Estos hallazgos, al unirse, proporcionan una guía valiosa para responsables de políticas, profesionales e investigadores, mostrando la relevancia continua de la producción más limpia en la búsqueda de soluciones sostenibles y la mitigación de desafíos ambientales en una variedad de sectores económicos.

*Tecnologías y Herramientas para la Sostenibilidad Industrial.* La implementación de prácticas sostenibles en la industria responde a la necesidad de abordar desafíos ambientales y conlleva beneficios sustanciales desde perspectivas gerenciales y económicas. En este contexto, observaremos cómo las tecnologías y herramientas se posicionan como elementos esenciales para potenciar la sostenibilidad y fomentar prácticas de producción más limpia.

Según el marco propuesto por [15], los impulsores relacionados con la gestión, la economía y los aspectos ambientales son determinantes para la adopción de la sostenibilidad en organizaciones manufactureras, especialmente en economías en desarrollo. Los resultados destacan que los impulsores gerenciales y económicos son los más influyentes, seguidos por los impulsores ambientales, tecnológicos y sociales.

En el ámbito gerencial, estos impulsores se refieren a factores vinculados a la gestión y liderazgo de la organización, abarcando la visión estratégica, la toma de decisiones y la implementación de políticas sostenibles. Sin embargo, para lograr una implementación efectiva, es esencial explorar las tecnologías y herramientas que respaldan estas iniciativas.

La adopción de tecnologías de innovación verde en la industria manufacturera, como se destaca en la investigación [16], se presenta como un catalizador esencial para el desarrollo sostenible. Estas tecnologías no solo mejoran la eficiencia energética y reducen los costos operativos, sino que también tienen un impacto positivo en la imagen de la empresa. La percepción de utilidad, facilidad de uso y capacidad de innovación son factores clave que influyen en la decisión de adoptar estas tecnologías.

Cuando consideramos la implementación de prácticas sostenibles en el contexto de la Industria 4.0, se apoya la identificación de facilitadores que abarcan tecnologías, herramientas y políticas, se revelan como factores habilitadores esenciales para mejorar la eficiencia y sostenibilidad en los procesos de producción y gestión de la cadena de suministro. Métodos como Delphi y evaluación difusa respaldan la relevancia y aplicabilidad de estos facilitadores en diferentes contextos industriales [17].

Ejemplos concretos de la aplicación de tecnologías para una producción más limpia se encuentran en estudios específicos. El estudio [18] sobre la optimización del proceso de flotación de minerales sulfurosos demuestra la capacidad de la flotación sin colector para mejorar la selectividad y reducir el consumo de reactivos químicos, minimizando así la emisión de residuos y los costos de producción. Similarmente, el estudio [19] destaca la importancia de la innovación frugal en la construcción para fomentar la sostenibilidad en países en desarrollo, donde la tecnología Hydraform se presenta como una solución eficiente y sostenible.

El análisis de los estudios seleccionados pone de manifiesto el papel esencial que desempeñan las tecnologías y herramientas en la promoción de prácticas de producción más limpia y sostenible. La incorporación de tecnologías de innovación verde y la identificación de facilitadores se destacan por la convergencia de esfuerzos gerenciales y tecnológicos para transformar la industria hacia prácticas más responsables. Este conjunto de descubrimientos subraya la necesidad de una integración armoniosa de la dirección estratégica y la

innovación tecnológica en la transición hacia modelos de producción industrial más sostenibles y ecoeficientes.

*Beneficios de la Sostenibilidad en la Industria.* La sostenibilidad en la industria ha sido objeto de estudio en diversos sectores, revelando una amplia gama de beneficios para las empresas y la sociedad en general. En la industria cosmética multinacional, la convergencia de la responsabilidad social corporativa (RSC) y la economía circular (EC) ofrece oportunidades significativas, como evidencia el estudio [20]. La adopción de prácticas de producción más limpia y sistemas de gestión medioambiental ha demostrado impactos positivos en el rendimiento circular de empresas manufactureras en Colombia, por ejemplo [20].

En el ámbito de la industria del petróleo y gas, el trabajo [21] identifica facilitadores que fortalecen la resiliencia de la industria ante interrupciones, destacando la importancia de mejoras en la estrategia minorista y la construcción de resiliencia en la cadena de suministro. Estos elementos, según el análisis m-TISM, subrayan la relevancia crucial de la mejora en la estrategia minorista y la construcción de resiliencia en la cadena de suministro para fortalecer la resiliencia global de la industria.

En el sector textil, el estudio [22] revela que la adopción de prácticas de producción más limpia está influenciada por factores como la presión de los *stakeholders*, la percepción de beneficios ambientales y económicos, y la disponibilidad de recursos y tecnologías. Estos hallazgos indican que la sostenibilidad industrial en esta industria se traduce en mejoras medioambientales y una gestión más eficiente de los recursos.

En Sudáfrica, la industria del azúcar ha experimentado beneficios significativos al adoptar prácticas de producción más limpia, según [23]. Esta adopción tiene impactos positivos en el rendimiento ambiental, operativo y financiero de las empresas, conduciendo a mejoras tangibles en la eficiencia operativa, la reducción de costos y la calidad del producto.

La conexión sólida entre la responsabilidad social corporativa (RSC) y la economía circular (EC), respaldada por objetivos cuantificados y estrategias específicas, es evidente en empresas con enfoques estratégicos claros [24]. Estos enfoques mejoran la sostenibilidad ambiental de las empresas, respaldan la eficiencia operativa y mejoran la imagen corporativa.

En la industria agroalimentaria, estrategias de economía circular, como el uso de proveedores locales y envases biodegradables, demuestran reducciones significativas en las emisiones de gases de efecto invernadero y mejoras en la eficiencia [25]. Estos resultados subrayan cómo la implementación de estrategias de economía circular puede generar mejoras sustanciales en la sostenibilidad de la cadena de suministro.

La industria del reciclaje de polímeros y compuestos ha encontrado en la implementación de estrategias técnicas y paradigmas para la economía circular una mejora en la gestión de residuos y la optimización de procesos [26]. El uso de tecnologías digitales y materiales sostenibles beneficia al medio ambiente, reduce costos y mejora la gestión de recursos.

La fabricación circular se consolida como una estrategia clave al integrar el pensamiento de diseño de la economía circular en los sistemas de fabricación [27]. La adopción de fabricación circular mejora el desempeño ambiental y tiene un impacto positivo en el desempeño financiero de la empresa, indicando que la sostenibilidad industrial es una estrategia comercial sólida.

En el ámbito de las pequeñas cervecerías, la implementación de prácticas de gestión de residuos y valorización de biomasa no solo reduce el impacto ambiental, sino que también mejora la eficiencia y reduce los costos de producción [28]. La producción más limpia se presenta como una estrategia efectiva para mejorar la eficiencia y la sostenibilidad operativa.

En la industria textil, la adopción de prácticas de producción más limpia ha demostrado mejoras económicas, ambientales y operativas, reduciendo los costos de producción y aumentando la eficiencia [29]. Estos resultados respaldan la noción de que la sostenibilidad industrial es una estrategia empresarial que conlleva beneficios tangibles.

La sostenibilidad industrial responde a las demandas actuales y también prepara a las empresas para afrontar los desafíos futuros. Al enlazar eficiencia operativa, rentabilidad y responsabilidad ambiental, los beneficios derivados de la sostenibilidad impulsan el éxito empresarial a largo plazo. Este enfoque establece una base sólida para el desarrollo empresarial y sostenible.

#### IV. CONCLUSIONES

La revisión de la literatura indica un aumento en las publicaciones de artículos en 2022, señalando una tendencia al alza en la producción más limpia y la sostenibilidad. Este incremento sugiere un interés creciente en el tema, reflejando una mayor conciencia y dedicación a la investigación en este ámbito.

En el análisis de la investigación revisada, se destaca la preferencia por metodologías de encuestas, especialmente en la categoría de prácticas de producción más limpia (PML). Este enfoque metodológico subraya la importancia de obtener datos directos de las partes interesadas para comprender la aplicación y eficacia de estas prácticas en entornos industriales.

El análisis de las publicaciones indica que el "Journal of Cleaner Production" desempeña un papel central, con el 60 % de los artículos revisados vinculados a sus publicaciones. Esto destaca la influencia de esta revista en la difusión de



investigaciones relevantes para la producción más limpia y la sostenibilidad en la industria.

La investigación revela una diversidad en las metodologías según la categoría de estudio. Por ejemplo, en las prácticas de producción más limpia, se observa una mayor aplicación de estudios de caso, mientras que en los beneficios para la sostenibilidad industrial y tecnologías y herramientas para la sostenibilidad industrial, las encuestas son más frecuentes como método de levantamiento de información.

En el análisis cualitativo, se enfatiza la importancia de las prácticas de producción más limpia como elemento central para impulsar la sostenibilidad empresarial. La adopción de PML se relaciona con la innovación, la implementación de la industria 4.0 y estrategias sostenibles, respaldando el rendimiento de la sostenibilidad en la fabricación.

Las tecnologías verdes y la innovación desempeñan papeles fundamentales en la promoción de prácticas sostenibles. La integración de tecnologías y metodologías adecuadas mejora la sostenibilidad de las operaciones de fabricación, resaltando la importancia de considerar el ciclo de vida completo del producto.

La economía circular promueve la reutilización de recursos y reduce el impacto ambiental. La adopción de estrategias circulares, como la reutilización de agua y materiales, muestra una mayor resistencia y eficiencia en la gestión de emergencias.

La sostenibilidad en la industria demuestra una amplia gama de beneficios en diversos sectores, desde la industria cosmética hasta la fabricación de cerveza. Estos beneficios incluyen mejoras económicas, ambientales y operativas, destacando la conexión sólida entre la responsabilidad social corporativa y la economía circular. Estos hallazgos subrayan la necesidad de una integración armoniosa de la dirección estratégica y la innovación tecnológica en la transición hacia modelos de producción industrial más sostenibles y eco-eficientes.

Para futuras investigaciones, se recomienda realizar una evaluación comparativa de las metodologías utilizadas para medir el impacto de las prácticas de producción más limpia en la sostenibilidad industrial. Esta evaluación debería considerar la efectividad de estas metodologías en diversos contextos industriales, identificando aquellas que sean más adecuadas y aplicables en cada caso específico. Además, sería beneficioso explorar cómo la integración de tecnologías emergentes y los principios de la Industria 4.0 pueden ofrecer soluciones prácticas para abordar los desafíos ambientales en la industria.

## REFERENCIAS

- [1] N. F. Shayan, N. Mohabbati-Kalejahi, S. Alavi, and M. A. Zahed, "Sustainable Development Goals (SDGs) as a Framework for Corporate Social Responsibility (CSR)," *Sustainability (Switzerland)*, vol. 14, no. 3, Feb. 2022, doi: 10.3390/su14031222.
- [2] N. Van Thanh, L. Hens, C. Chamorro, and T. Dinh Lan, "The widening concept of "cleaner production"," *Cultura, Educación y Sociedad*, vol. 2016, no. 2, pp. 9–25, Jul. 2016, doi: 10.17981/cultedusoc.07.2.2016.1.
- [3] P. Z. Ávila, "Sustainability: a strong concept for humanity", *Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca* 2018. [Online]. Available: <https://www.redalyc.org/journal/396/39656104017/html/>
- [4] E. Infante Moro, T. Díaz, J. Carlos, I. Moro, and M. Vázquez, "RED. Revista de Educación a Distancia mzapata@um.es Universidad de Murcia", [Online]. Available: <http://www.um.es/ead/red/40>
- [5] D. Wang, L. Yan, and F. Ruan, "A Combined IO-DEMATEL Analysis for Evaluating Sustainable Effects of the Sharing Related Industries Development," *Sustainability (Switzerland)*, vol. 14, no. 9, May 2022, doi: 10.3390/su14095592.
- [6] F. Azmat, W. M. Lim, A. Moyeen, R. Voola, and G. Gupta, "Convergence of business, innovation, and sustainability at the tipping point of the sustainable development goals," *J Bus Res*, vol. 167, Nov. 2023, doi: 10.1016/j.jbusres.2023.114170.
- [7] H. Gupta, A. Kumar, and P. Wasan, "Industry 4.0, cleaner production and circular economy: An integrative framework for evaluating ethical and sustainable business performance of manufacturing organizations," *J Clean Prod*, vol. 295, May 2021, doi: 10.1016/j.jclepro.2021.126253.
- [8] K. A. Eldrandaly, N. El Saber, M. Mohamed, and M. Abdel-Basset, "Sustainable Manufacturing Evaluation Based on Enterprise Industry 4.0 Technologies," *Sustainability (Switzerland)*, vol. 14, no. 12, Jun. 2022, doi: 10.3390/su14127376.
- [9] R. Guo *et al.*, "Classifying green technologies for sustainable innovation and investment," *Resour Conserv Recycl*, vol. 153, Feb. 2020, doi: 10.1016/j.resconrec.2019.104580.
- [10] Y. Cui, L. Yang, L. Shi, G. Liu, and Y. Wang, "Cleaner production indicator system of petroleum refining industry : From life cycle perspective," *J Clean Prod*, vol. 355, Jun. 2022, doi: 10.1016/j.jclepro.2022.131392.
- [11] G. C. de Oliveira Neto, P. Cesar da Silva, H. N. P. Tucci, and M. Amorim, "Reuse of water and materials as a cleaner production practice in the textile industry contributing to blue economy," *J Clean Prod*, vol. 305, Jul. 2021, doi: 10.1016/j.jclepro.2021.127075.
- [12] G. C. de Oliveira Neto, J. M. F. Correia, H. N. P. Tucci, A. F. H. Librantz, B. F. Giannetti, and C. M. V. B. de Almeida, "Sustainable Resilience Degree assessment of the textile industrial by size: Incremental change in cleaner production practices considering circular economy," *J Clean Prod*, vol. 380, Dec. 2022, doi: 10.1016/j.jclepro.2022.134633.
- [13] W. Ma, T. Hoppe, and M. de Jong, "Policy Accumulation in China: A Longitudinal Analysis of Circular Economy Initiatives," *Sustain Prod Consum*, vol. 34, pp. 490–504, Nov. 2022, doi: 10.1016/j.spc.2022.10.010.
- [14] R. Chakraborty and F. Ahmad, "Economical use of water in cotton knit dyeing industries of Bangladesh," *J Clean Prod*, vol. 340, Mar. 2022, doi: 10.1016/j.jclepro.2022.130825.
- [15] G. Yadav, A. Kumar, S. Luthra, J. A. Garza-Reyes, V. Kumar, and L. Batista, "A framework to achieve sustainability in manufacturing organisations of developing economies using industry 4.0 technologies' enablers," *Comput Ind*, vol. 122, Nov. 2020, doi: 10.1016/j.compind.2020.103280.
- [16] M. Shahzad, Y. Qu, S. U. Rehman, and A. U. Zafar, "Adoption of green innovation technology to accelerate sustainable development among manufacturing industry," *Journal of Innovation and Knowledge*, vol. 7, no. 4, Oct. 2022, doi: 10.1016/j.jik.2022.100231.
- [17] M. Shayganmehr, A. Kumar, J. A. Garza-Reyes, and M. A. Moktadir, "Industry 4.0 enablers for a cleaner production and circular economy within the context of business ethics: A study in a developing country," *J Clean Prod*, vol. 281, Jan. 2021, doi: 10.1016/j.jclepro.2020.125280.
- [18] S. Lin *et al.*, "Optimize flotation process of Mo–Bi sulfide ore for cleaner production," *J Clean Prod*, vol. 291, Apr. 2021, doi: 10.1016/j.jclepro.2020.125236.

- [19] A. Ebolor, N. Agarwal, and A. Brem, "Sustainable development in the construction industry: The role of frugal innovation," *J Clean Prod*, vol. 380, Dec. 2022, doi: 10.1016/j.jclepro.2022.134922.
- [20] R. Mora-Contreras *et al.*, "Do environmental and cleaner production practices lead to circular and sustainability performance? Evidence from Colombian manufacturing firms," *Sustain Prod Consum*, vol. 40, pp. 77–88, Sep. 2023, doi: 10.1016/j.spc.2023.06.004.
- [21] R. Sindhvani, S. Chakraborty, A. Behl, and V. Pereira, "Building resilience to handle disruptions in critical environmental and energy sectors: Implications for cleaner production in the oil and gas industry," *J Clean Prod*, vol. 365, Sep. 2022, doi: 10.1016/j.jclepro.2022.132692.
- [22] G. C. de O. Neto, H. N. P. Tucci, J. M. F. Correia, P. C. da Silva, D. da Silva, and M. Amorim, "Stakeholders' influences on the adoption of cleaner production practices: A survey of the textile industry," *Sustain Prod Consum*, vol. 26, pp. 126–145, Apr. 2021, doi: 10.1016/j.spc.2020.10.001.
- [23] H. Maama, M. Doorasamy, and R. Rajaram, "Cleaner production, environmental and economic sustainability of production firms in South Africa," *J Clean Prod*, vol. 298, May 2021, doi: 10.1016/j.jclepro.2021.126707.
- [24] D. Morea, S. Fortunati, and L. Martiniello, "Circular economy and corporate social responsibility: Towards an integrated strategic approach in the multinational cosmetics industry," *J Clean Prod*, vol. 315, Sep. 2021, doi: 10.1016/j.jclepro.2021.128232.
- [25] S. Abbate, P. Centobelli, R. Cerchione, G. Giardino, and R. Passaro, "Coming out the egg: Assessing the benefits of circular economy strategies in agri-food industry," *J Clean Prod*, vol. 385, Jan. 2023, doi: 10.1016/j.jclepro.2022.135665.
- [26] A. Hussain, V. Podgursky, M. Viljus, and M. R. Awan, "The role of paradigms and technical strategies for implementation of the circular economy in the polymer and composite recycling industries," *Advanced Industrial and Engineering Polymer Research*, vol. 6, no. 1, pp. 1–12, Jan. 2023, doi: 10.1016/j.aiepr.2022.10.001.
- [27] Y. Liu, M. Farooque, C. H. Lee, Y. Gong, and A. Zhang, "Antecedents of circular manufacturing and its effect on environmental and financial performance: A practice-based view," *Int J Prod Econ*, vol. 260, Jun. 2023, doi: 10.1016/j.ijpe.2023.108866.
- [28] S. V. Bonato, D. Augusto de Jesus Pacheco, C. Schwengber ten Caten, and D. Caro, "The missing link of circularity in small breweries' value chains: Unveiling strategies for waste management and biomass valorization," *J Clean Prod*, vol. 336, Feb. 2022, doi: 10.1016/j.jclepro.2021.130275.
- [29] P. Cesar da Silva, G. Cardoso de Oliveira Neto, J. M. Ferreira Correia, and H. N. Pujol Tucci, "Evaluation of economic, environmental and operational performance of the adoption of cleaner production: Survey in large textile industries," *J Clean Prod*, vol. 278, Jan. 2021, doi: 10.1016/j.jclepro.2020.123855.