

Estrategias de producción más limpia en Empresas manufactureras Colombianas.

Cleaner Production Strategies in Colombian Manufacturing Companies

<https://doi.org/10.5281/zenodo.14501962>

AUTORES:

Johanna Mildred Méndez Sayago^{1*}

Juan Carlos Acosta Quevedo²

Gina Vera Rizzo³

Carlos Alberto Bravo Ibarra⁴

DIRECCIÓN PARA CORRESPONDENCIA: jmendez97@areandina.edu.co

Fecha de recepción: 06 / 12 / 2024

Fecha de aceptación: 13 / 13 / 2024

RESUMEN

Este estudio examina la implementación de estrategias de producción más limpia (P+L) en las empresas manufactureras de Colombia. Se realiza una revisión bibliográfica del concepto, así como de las herramientas y metodologías de P+L empleadas por las organizaciones en el país. Además, se efectúa un análisis comparativo de diversos casos en distintos sectores industriales, con el fin de evaluar el impacto de estas prácticas en la eficiencia operativa y la

^{1*}Phd en Economía de los recursos naturales y el desarrollo sustentable, Ingeniera de producción Industrial, Profesora de la Facultad de Ingeniería y Ciencias Básicas, Fundación Universitaria del Área Andina, Colombia, jmendez97@areandina.edu.co

² Magister en sistemas integrados de gestión, Ingeniero Industrial, Profesor de la Facultad de Ingeniería y Ciencias Básicas, Fundación Universitaria del Área Andina, Colombia, jacosta110@areandina.edu.co

³ Magister en ingeniería mecánica, Ingeniera Industrial, Directora del programa de Ingeniería Industrial de la Facultad de Ingeniería y Ciencias Básicas, Fundación Universitaria del Área Andina, Colombia, gvera6@areandina.edu.co

⁴ Magister en gestión ambiental, Ingeniero de minas, Fundación Universitaria Del Área Andina, cabravo3@estudiantes.areandina.edu.co

disminución de residuos dentro de las empresas. Las unidades de producción objeto de estudio argumentan que la implementación de la P+L genera una gran inversión y que esto las hace más competitivas, ya que su actividad productiva estaría alineada a estándares sostenibles. En conclusión, el factor económico es determinante en la P+L. Aunque las inversiones iniciales no siempre se cuantifican, a largo plazo se observan mejoras en eficiencia y ahorros. Además, la implementación de estas estrategias puede mejorar la imagen corporativa.

Palabras clave: Producción más limpia, Herramientas de P+L, eficiencia, procesos productivos, empresas de manufactura, problemática ambiental

ABSTRACT

This study examines the implementation of cleaner production (CP) strategies in Colombian manufacturing companies. A literature review is conducted on the concept, as well as the tools and methodologies of CP employed by organizations in the country. Additionally, a comparative analysis of various cases in different industrial sectors is carried out to assess the impact of these practices on operational efficiency and waste reduction within the companies. The production units under study argue that the implementation of CP requires a significant investment, which makes them more competitive, as their production activities align with sustainable standards. In conclusion, the economic factor is crucial in CP. Although initial investments are not always quantified, long-term improvements in efficiency and cost savings are observed. Moreover, the implementation of these strategies can enhance corporate reputation.

Keywords: Cleaner production, CP tools, efficiency, production processes, manufacturing companies, environmental issues

INTRODUCCIÓN

El aumento continuo de la población y la demanda creciente han llevado al sector manufacturero a adoptar la automatización para la producción en masa. Este enfoque en la

producción y el elevado consumo, basado en un modelo económico lineal, junto con la obsolescencia programada y la generación masiva de desechos y residuos contaminantes, ha generado desafíos ambientales y económicos a nivel global. Este modelo insostenible de producción y consumo ejerce una gran presión sobre los recursos naturales, provocando el agotamiento de estos recursos, la degradación del ecosistema y contribuyendo al cambio climático. De acuerdo con Franco y Arias (2018), la producción más limpia (P+L) se centra en disminuir los impactos negativos a lo largo de todo el ciclo de vida del producto, desde la extracción de materias primas hasta la disposición final. En el ámbito de los servicios, la PML se enfoca en integrar consideraciones ambientales en el diseño y la prestación de dichos servicios.

Los residuos generados por las actividades industriales de manufactura constituyen un grave problema de contaminación ambiental. Los gases liberados a la atmósfera durante estos procesos contribuyen a fenómenos como el calentamiento global, la lluvia ácida y el deterioro de la capa de ozono. Asimismo, la contaminación del agua, tanto superficial como subterránea, se incrementa debido a la incorrecta gestión y disposición de materias primas, productos químicos, residuos industriales y efluentes contaminantes. Además, se malgastan recursos valiosos y costosos que no llegan a convertirse en productos terminados o materias primas reutilizables. Las emisiones y desechos comprenden diversos sólidos, líquidos y gases liberados al aire, al agua o al suelo, así como el ruido y el calor residual generados en los procesos industriales. Manifiesta Fonseca (2017), la P+L, tanto en su concepto como en su aplicación práctica sostenible, exige que las empresas encuentren soluciones eficaces para prevenir la contaminación y mitigar el impacto ambiental de las emisiones generadas por sus procesos industriales.

El proceso de producción incluye actividades que frecuentemente se subestiman en términos de su impacto ambiental, tales como el mantenimiento, la reparación, la limpieza y las operaciones administrativas de oficina. Estas acciones pueden provocar contaminación del suelo y de las aguas subterráneas debido a la generación de lixiviados tóxicos. Estos lixiviados, al ser invisibles, suelen ser pasados por alto, resultando en una degradación gradual del entorno.

Por lo tanto, reducir los desechos y las emisiones también implica mejorar el aprovechamiento de los materiales y la energía utilizados en la producción, lo que aumenta la eficiencia ecológica. Este escenario ideal es aquel en el que el proceso se lleva a cabo sin generar desechos ni emisiones. El análisis de casos sobre la implementación de la técnica de producción más limpia en empresas manufactureras en Colombia muestra que, para la industria, la reducción de desechos no solo representa un objetivo ambiental, sino también un programa estratégico destinado a optimizar el uso de materiales y aprovechar los beneficios comerciales. Casallas et al (2018) manifiesta que implementar programas de P+L conducirá a identificar soluciones óptimas para optimizar los procesos y avanzar hacia la sostenibilidad.

En síntesis, el objetivo de esta investigación es explorar la incorporación de estrategias de producción más limpia en empresas manufactureras de Colombia mediante un análisis de casos. La intención es evaluar cómo herramientas y metodologías específicas de producción más limpia contribuyen a reducir los impactos ambientales y a mejorar la eficiencia operativa. Para lograrlo, es necesario estudiar los principios conceptuales que fundamentan estas estrategias, comparar su implementación en diferentes empresas y examinar los principales desafíos encontrados durante su adopción. El propósito es recopilar información y experiencias que permitan ofrecer recomendaciones prácticas para promover modelos de producción sostenible en el sector industrial del país. Los resultados de este estudio facilitarían la implementación de buenas prácticas ambientales alineadas con el crecimiento económico.

METODOLOGÍA

Para lograr los objetivos de esta investigación, se utilizó un enfoque cualitativo que incluyó una revisión bibliográfica y un análisis comparativo de estudios de casos sobre la implementación de herramientas de producción más limpia en empresas manufactureras en Colombia. La información requerida para este análisis se reunió mediante la consulta de diversos repositorios de universidades colombianas, de donde se sustrajeron 45 trabajos de grados para la realización de este estudio. Urbina (2020), sustenta que La investigación cualitativa se enfoca en generar datos descriptivos, tales como las palabras y discursos

expresados verbalmente y por escrito por las personas, así como en la observación de su comportamiento.

Este enfoque cualitativo, junto con la revisión bibliográfica, facilitó una comprensión detallada del tema y permitió un análisis minucioso de la implementación de herramientas de producción más limpia en el contexto colombiano. La incorporación de publicaciones enriquece el estudio al ofrecer ejemplos prácticos y específicos sobre cómo se aplican estas herramientas en las empresas manufactureras del país. La variedad de fuentes consultadas aseguró una base sólida de datos y conocimientos, lo que permitió realizar un análisis exhaustivo y bien fundamentado de los resultados de la investigación. Tramullas (2020), aduce que

las revisiones bibliográficas son fundamentales para detectar tendencias emergentes y áreas novedosas de investigación, además de sintetizar y establecer bases sólidas para el desarrollo de una disciplina. Este proceso impulsa el avance teórico y conceptual, y no debe pasarse por alto su rol en la difusión del conocimiento científico y en la mejora de las prácticas profesionales.

El diseño de la investigación se estructuró de la siguiente manera: en primer lugar, se llevó a cabo una revisión de la literatura para recopilar información sobre los conceptos y estrategias asociadas con la producción más limpia. Posteriormente, se realizó un análisis comparativo detallado de las prácticas y actividades de producción más limpia implementadas por las empresas de manufactura en Colombia. Por último, se profundizó en la identificación y evaluación de los desafíos y barreras que enfrentan estas organizaciones al considerar la implementación de prácticas de producción más limpia. Este enfoque metodológico permitió obtener una comprensión integral de la aplicación de la P+L en el contexto industrial colombiano.

La recolección de información para esta investigación se realizó mediante la búsqueda en bases de datos especializadas, así como en repositorios institucionales de universidades de renombre en Colombia. Específicamente, se consultaron tesis, trabajos de grado e investigaciones que contenían información relevante sobre prácticas de Producción Más Limpia en el sector industrial colombiano. La información obtenida a través de estas fuentes secundarias permitirá identificar conceptos, estrategias, impactos, barreras y retos en la

implementación de metodologías de Producción Más Limpia. Este proceso de revisión documental facilitará el análisis comparativo y la evaluación integral planteados como objetivos de la investigación.

RESULTADOS

Las empresas juegan un rol crucial en los desafíos ambientales, tanto desde un punto de vista económico como ecológico. Funcionan como intermediarias entre los mercados de bienes y servicios y los de insumos productivos, organizando la producción y distribución de acuerdo con las demandas de los consumidores y productores. Al hacerlo, utilizan recursos naturales y ambientales, dándoles un valor económico e introduciéndolos en el mercado. No obstante, también deben gestionar adecuadamente los residuos y la entropía generada por sus actividades, para evitar el deterioro de los ecosistemas. Martínez y Porcellis (2018), sostienen que es esencial impulsar modelos de economía circular en lugar de los lineales, como la producción más limpia, donde las empresas adoptan prácticas que optimizan sus procesos operativos mediante tecnologías limpias y buenas prácticas. Esta visión reconoce que los residuos, vertimientos y otros efectos ambientales negativos son señales de ineficiencia en los procesos y productos, y promueve la prevención de estos impactos mediante la mejora de procesos, el aprovechamiento de residuos y el rediseño de productos, poniendo un fuerte énfasis en la eficiencia operativa.

El progreso tecnológico, particularmente desde la tercera revolución industrial, ha impulsado un modelo de desarrollo cada vez más dependiente del consumo y la explotación de recursos naturales, creando así una situación insostenible que amenaza el bienestar y la supervivencia de la humanidad. En este escenario surge el concepto de la "sociedad del riesgo", en la cual los avances tecnológicos y el consumismo plantean serias inquietudes respecto a la preservación de la vida en el planeta y la sostenibilidad ambiental (Van Hoof, et al., 2018), Por ello, es importante implementar estrategias que favorezcan un desarrollo equilibrado, respetando los límites y la capacidad de los recursos naturales disponibles.

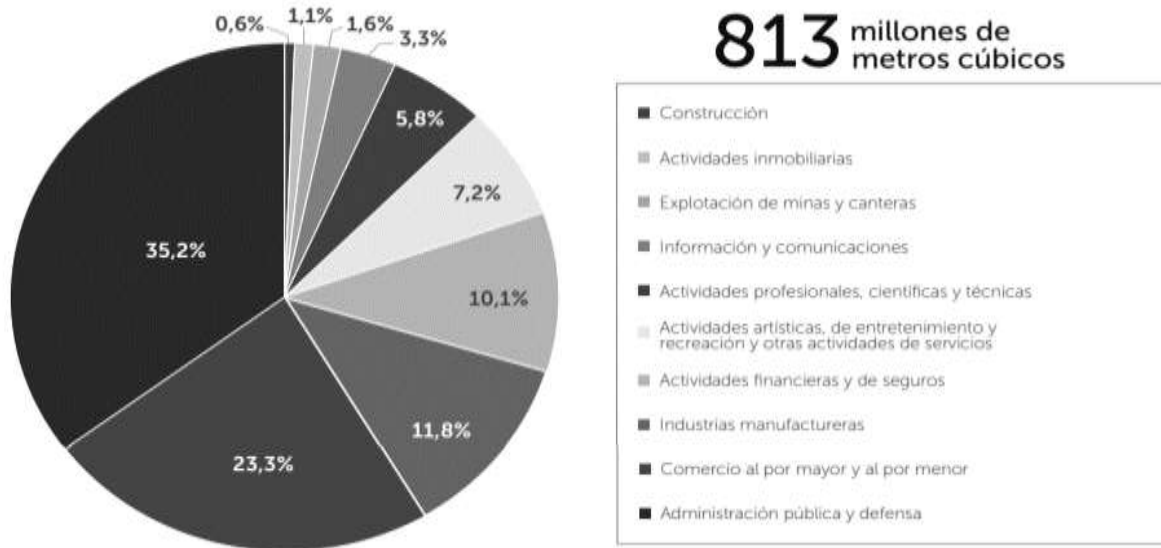


Figura 1. Participación porcentual del uso de agua distribuida por actividad económica

Fuente: Tomada del DANE (2021) - Cuenta ambiental y económica

Las tendencias actuales y desde principios del siglo por parte de las autoridades competentes es exigir a las empresas de manufactura y servicios el uso de herramientas y estrategias que permitan la implementación de actividades de producción limpia. Cuando se habla de producción más limpia, se refiere a la iniciativa para la implementación de una gestión ambiental la cual se basa en la búsqueda de soluciones a los retos de lograr un equilibrio en el desarrollo industrial de la mano del cumplimiento normativo de saneamiento básico establecido bajo los lineamientos de salud pública.

En contraposición del modelo de producción lineal, la producción más limpia permite abordar los diferentes retos presentes en los diferentes procesos de transformación; donde la investigación juega un papel muy importante a la hora de buscar nuevas tecnologías que permitan la práctica en la búsqueda de métodos de innovación. Desde el punto de vista metodológico en el desarrollo de la investigación considerando las herramientas de producción más limpia que afectarán los productos. No obstante, la producción más limpia permite una gestión ambiental; la cual encierra varios aspectos como la minimización de residuos para la prevención de la contaminación ambiental, la productividad verde a través de estrategias preventivas en la producción que permitan una innovación en la productividad y a su vez la conservación del medio ambiente y el crecimiento económico a nivel global.

El Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) define la producción más limpia, como la aplicación continua de una estrategia ambiental preventiva e integrada, en los procesos productivos, los productos y los servicios, para reducir los riesgos relevantes a los humanos y al medio ambiente. (Fonseca, 2017) En el caso de los procesos productivos se orienta hacia la conservación de materias primas y energía, la eliminación de materias primas tóxicas, y la reducción de la cantidad y toxicidad de todas las emisiones contaminantes y los desechos. En el caso de los productos se orienta hacia la reducción de los impactos negativos que acompañan el ciclo de vida del producto, desde la extracción de materias primas hasta su disposición final.

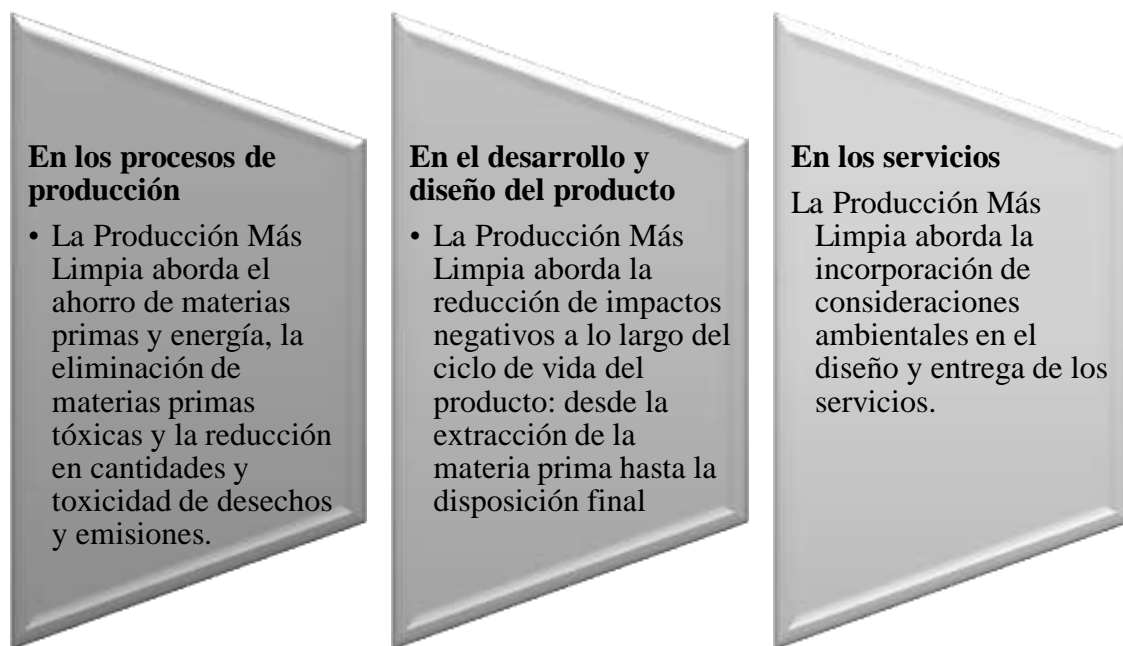


Figura 2. La P+L Estrategia ambiental preventiva e integrada

Fuente: Generada por los autores, 2023.

Según esta conceptualización, la producción más limpia implica la adopción constante de una estrategia ambiental y organizacional que sea precautoria, preventiva, integral y sostenida en el tiempo. Este enfoque requiere un cambio en las actitudes de las organizaciones hacia una gestión ambiental más responsable, lo que incluye la formulación

de políticas nacionales adecuadas y la evaluación de tecnologías que favorezcan la sostenibilidad (Figuerola et al., 2016).

En este contexto, es fundamental destacar que cada empresa posee un conocimiento de sus operaciones, siendo este conocimiento especializado de vital importancia. Por ende, el éxito de la P+L dependerá en gran medida del compromiso y la promoción activa por parte de la empresa. La incorporación de conocimientos externos será útil para identificar soluciones efectivas. Desde esta perspectiva, la Producción Más Limpia se presenta como un estímulo para nuevas ideas a través de la aportación externa. La asistencia para la autoayuda en la empresa implica seguir una metodología específica que comprende elementos clave, como se detalla en un proyecto de Producción Más Limpia, que incluye aspectos como flujo de masa, flujo de energía, costos y seguridad, entre otros.

La Producción más Limpia va más allá de la simple combinación de conceptos, técnicas y recursos; es un enfoque integral que unifica estos componentes para diseñar y llevar a cabo proyectos exitosos. Su principal propósito es optimizar la eficiencia económica en los procesos productivos y los productos de empresas en diversos sectores, lo que resulta en beneficios tanto económicos como ambientales para las organizaciones.

En el contexto de las empresas de manufactura, la producción de bienes implica la transformación de la materia prima, un proceso que conlleva la generación de residuos industriales, ruido, emisiones, consumo de electricidad, consumo de agua, vertimientos e impactos en el suelo, en el agua, atmosféricos, afectación a la biodiversidad. Esto no solo representa un uso ineficiente de los recursos, sino que también se traduce en costos de producción más elevados. Además, la gestión inadecuada de estos residuos tiene repercusiones socioeconómicas negativas, debido a los costos asociados con su tratamiento y disposición final, así como a los efectos ambientales que afectan la calidad de vida de las comunidades y su entorno (Giler et al., 2019).

La adopción de la Producción más Limpia (P+L) debe entenderse no como un gasto, sino como una inversión que promueve eficiencia, productividad y ahorro económico. Si se implementa correctamente, la P+L permite optimizar los procesos, disminuir los costos, mejorar la eficiencia operativa, elevar la calidad de los productos y reducir la generación de residuos.

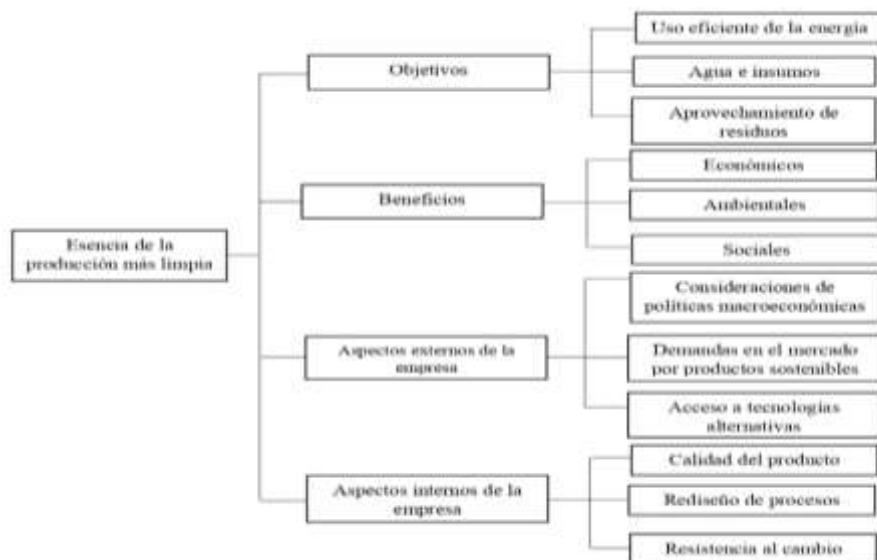


Figura 2. Esencia de la producción más limpia.

Fuente: Adaptado de Autor a partir de la referencia de Van Hoof et al., (2018).

La producción más limpia se centra en el uso eficiente de materias primas y energía, eliminando el uso de sustancias tóxicas y reduciendo la toxicidad de desechos y emisiones. En el desarrollo y diseño de productos, busca minimizar los impactos negativos durante la producción. Además, en la prestación de servicios, incorpora estrategias de diseño y entrega sostenibles. La P+L se basa en la aplicación continua de nuevas metodologías y estrategias, lo que conduce a la eficiencia operativa, ahorros de costos y mejoras ambientales, permitiendo a las empresas alcanzar sus objetivos económicos mientras reducen su huella ambiental (Cotes y Herrera, 2022).

A continuación, se presenta la matriz de comparativa de las estrategias y metodologías de producción más limpia desarrolladas por las empresas.

Título	Año	Resumen	Impactos Ambientales	Propuesta de P+L
Aplicación de la metodología de producción más limpia en establecimientos del sector de preparación de alimentos: caso de estudio municipio de Soatá, Boyacá.	2020	Este proyecto se enfoca en la aplicación de herramientas P+L en establecimientos de preparación de alimentos del municipio de Soatá, especialmente restaurantes y restaurantes de comida rápida, con el fin de lograr ahorro de energía, agua potable, minimización de residuos generados a través de buenas prácticas ambientales y educación ambiental.	En cuanto al recurso hídrico, se destacan problemas en el uso inadecuado del agua potable y la falta de manejo de aguas residuales. En el recurso terrestre, la generación de residuos sólidos, incluyendo desperdicios de comida, envases y artículos desechables, es notable. Por último, en el recurso aéreo, se señalan emisiones a la atmósfera derivadas del uso de estufas, hornos y electrodomésticos que generan calor, vapor y sustancias.	Las prácticas operativas de Producción Más Limpia (P+L) para establecimientos se centran en conservar el agua al cerrar llaves al finalizar la jornada y evitar su uso para descongelar alimentos. Se destaca la importancia de identificar y reportar fugas, limpiar con trapos secos para reducir químicos y usar agua caliente para eliminar grasa. Se recomienda utilizar cantidades recomendadas de detergentes, reportar fugas al personal de mantenimiento y proporcionar información a los clientes sobre el uso eficiente del agua. Estas medidas promueven prácticas sostenibles y eficientes en el uso del recurso hídrico.
Estrategias para la Producción Mas Limpia en el Sector de Cacao y Caña Panelera en el Valle del Cauca Bajo el Marco del Plan Nacional de Negocios Verdes en Colombia	2019	El informe proporciona detalles sobre la producción más limpia en Colombia, resaltando su papel crucial en fomentar prácticas ambientales sostenibles en diversos sectores productivos. Se subraya la conexión de la producción más limpia con el Plan Nacional de Negocios Verdes, orientado a desarrollar actividades económicas respetuosas con el medio ambiente y contribuir a la conservación ambiental. El documento se centra en la importancia de la producción más limpia en Colombia, su vínculo con el Plan Nacional de Negocios Verdes y su aplicación específica en los sectores del cacao y la caña de azúcar en el Valle del Cauca.	Identifica impactos ambientales: pérdida de biodiversidad, contaminación por actividades antropogénicas, limitaciones en materias primas, disminución de productividad. Necesidad de prácticas de producción más limpia, destacando impactos en fumigación y fertilización. Cumplimiento de lineamientos para negocios verdes, sensibilización y capacitación para mejorar desempeño ambiental en asociaciones. Estos factores requieren revisar y proponer estrategias de producción más limpia en cada sector.	Implementar buenas prácticas de gestión: evitar pérdida de materias primas, minimizar residuos, ahorrar agua y energía, mejorar condiciones de trabajo y seguridad laboral. Sustituir materias primas contaminantes por alternativas menos peligrosas para reducir volumen y toxicidad de residuos. Reutilizar y reciclar subproductos para obtener valor añadido y minimizar generación de residuos. Fomentar educación ambiental y conciencia sobre producción más limpia, tanto entre empleados como en la comunidad.

Título	Año	Resumen	Impactos Ambientales	Propuesta de P+L
Implementación de la producción más limpia como estrategia ambiental para la minimización de residuos peligrosos en la industria de empaques plásticos flexibles	2016	Detalla la aplicación de producción más limpia en envases plásticos flexibles, buscando minimizar residuos peligrosos. Sigue un enfoque Planificar-Hacer-Verificar-Actuar, abordando seis pasos con matrices de análisis. Busca cumplir políticas ambientales, reducir impactos por segregación de materiales y recortar costos al planificar recursos. Se enfoca en prácticas operativas y técnicas de minimización, abordando coordinación interdepartamental, control de inventarios, prevención de fugas y manuales de operación. Estos esfuerzos apuntan a corregir problemas ambientales, promoviendo procesos más eficientes y sostenibles.	Menciona impactos ambientales vinculados a la generación y gestión de residuos peligrosos (RESPEL), los cuales pueden ser corrosivos, reactivos, explosivos, tóxicos, inflamables, infecciosos o radiactivos, presentando riesgos para la salud humana y el ambiente. Hace hincapié en regular las cantidades de estos residuos y en la necesidad de una gestión integral que abarque manipulación, transporte, tratamiento y disposición final.	Asegura el éxito en la implementación de la estrategia P+L mediante un diagnóstico ambiental que señala oportunidades de mejora en procedimientos industriales. Utiliza herramientas como Ecomap para visualizar riesgos de contaminación en la industria de envases de plástico flexible. Ecomaps, al determinar la situación empresarial, facilitan identificación y priorización de problemas, comunicación con partes interesadas y capacitación. Además, la Matriz FODA consolida debilidades, oportunidades, fortalezas y amenazas basándose en aspectos ambientales previamente descubiertos. Estos enfoques buscan optimizar procesos y minimizar consumos para lograr una implementación exitosa de la estrategia P+L.
Propuesta para obtener una ventaja competitiva en la empresa bibeq en el proceso de deshidratación de fruta mediante una estrategia de producción más limpia Caso de estudio: piña	2013	Resalta la importancia de la producción más limpia en la actividad industrial, abordando factores tecnológicos, legales y sociales. Se centra en desarrollar procesos limpios para mitigar el impacto ambiental y mejorar la economía, productividad y seguridad en BIBEQ S.A.S. Subraya la necesidad de alternativas de procesos sin agotar recursos ni generar residuos, especialmente en la industria alimentaria. La implementación de la producción más limpia no solo mejora los procesos y la competitividad de la empresa, sino que también demuestra su compromiso continuo con la sostenibilidad ambiental.	Identifica impactos ambientales en deshidratación de frutas en BIBEQ, abarcando efluentes, residuos y emisiones. Zonas críticas como descargue, desinfección y empaque son foco para mejoras. Herramientas de Ingeniería Industrial y Ambiental impulsan un plan de acción. Destaca fuerte impacto ambiental en demanda de oxígeno y vertimientos, generando desafíos en agua y suelo.	Propone mejoras en deshidratación de frutas en BIBEQ con prácticas de producción más limpia. Incluye medidas normativas como gestión ambiental y preventivas como buenas prácticas y optimización de recursos. Recomienda evaluación económica con ROI, TIR y ROA, utilizando herramientas de Ingeniería Económica y Financiera.

Título	Año	Resumen	Impactos Ambientales	Propuesta de P+L
Diseño de un plan de producción más limpia en la empresa Plastificamos S.A.A, Bogotá-Colombia	2011	Aborda el impacto ambiental en la producción de Plastificamos S.A.S., una PYME de artes gráficas, por avances tecnológicos y crecimiento poblacional. Destaca la falta de medidas ambientales y propone la producción más limpia como estrategia. El estudio ambiental formuló planes de gestión para reducir impactos y mejorar el uso de recursos y residuos.	La industria gráfica enfrenta impactos ambientales como ruido, residuos y emisiones. La pre-impresión genera residuos peligrosos, y la impresión y post-impresión contribuyen con residuos de tintas, papel y emisiones. Destaca la necesidad de estrategias de producción más limpia para mitigar efectos negativos. La implementación de prácticas sostenibles es esencial.	El documento propone opciones de producción más limpia para Plastificamos S.A.S., buscando reducir impactos ambientales y mejorar desempeño, productividad y competitividad. Propuestas incluyen implementar un sistema de gestión ambiental ISO 14001, evaluación de ciclo de vida, optimización de materias primas, mejora de eficiencia energética, reducción de generación de residuos y promoción de cultura ambiental. Estas opciones buscan mejorar el desempeño ambiental y la competitividad de la empresa.
Relación entre las prácticas de producción más limpia y manufactura esbelta sobre los impactos en la gestión de operaciones.	2022	Este documento investigativo se enfoca en la relación entre la producción más limpia y la manufactura esbelta, y su impacto en la gestión de operaciones. Se realiza una revisión bibliográfica para establecer una relación entre estas prácticas y se comparan diferentes autores encontrados en el estado del arte y en otras fuentes de información. Además, se presenta una matriz con las respuestas de tres empresas certificadas de la ciudad de Montería. El documento también destaca la importancia de implementar estas prácticas en una empresa y los beneficios que se pueden obtener al combinarlas en la gestión de operaciones. En general, el documento es una guía útil para aquellos interesados en mejorar sus habilidades en ingeniería industrial.	El documento destaca que este sector industrial causa los mayores impactos ambientales directos, incluyendo emisiones y uso excesivo de recursos, y problemas en la eliminación total de productos. Se señala que la manufactura esbelta puede tener dificultades para reducir las emisiones de CO ₂ y COV, pero las prácticas de producción más limpia pueden ser efectivas en este aspecto.	Se presenta revisión bibliográfica sobre producción más limpia y manufactura esbelta, destacando su importancia para reducir impactos ambientales. Se describen los cinco pasos de la producción más limpia, enmarcados en el ciclo PHVA, aplicables a procesos, productos y servicios en cualquier industria. La producción más limpia se considera una estrategia de competitividad al fortalecer la posición de la empresa mediante diferenciación, control de costos y eficiencia en procesos.

Tabla 2. Matriz Comparativa de Prácticas de Producción más Limpia en Empresas Manufactureras Colombianas.

Fuente: Generada por los autores, 2023.

DISCUSIÓN

La producción más limpia ha surgido como una estrategia integral para que las industrias puedan mejorar su desempeño ambiental, incrementar su productividad y fortalecer su competitividad. Como se evidencia en las diversas investigaciones analizadas en sectores como alimentos, textil, cuero y metalmecánica, la implementación de prácticas de producción más limpia genera múltiples beneficios, que van desde la optimización en el uso de recursos, como agua y energía, hasta la disminución en la generación de residuos contaminantes.

Entre las estrategias de producción más limpia más utilizadas por las empresas se encuentran la optimización en el uso de materias primas, agua y energía a través de buenas prácticas operativas y mantenimiento preventivo; la minimización, reutilización y reciclaje de residuos; la sustitución de insumos contaminantes; la implementación de sistemas de gestión ambiental; la educación y concientización ambiental de los trabajadores; la evaluación de impactos y análisis de ciclo de vida; y el aprovechamiento de subproductos y residuos en nuevos procesos productivos.

Es importante recalcar que algunas de estas estrategias han sido aplicadas con éxito en empresas de sectores como el de alimentos, textil, cuero y metalmecánica, logrando reducir de manera cuantificable el consumo de recursos, la generación de residuos y mejorar ostensiblemente la eficiencia de los procesos productivos, con los consecuentes ahorros económicos.

La matriz presentada muestra que existe una amplia aplicación de la P+L en diversos sectores industriales, lo que permite optimizar procesos de manera sostenible. Los años de publicación de las referencias demuestran una evolución en las prácticas ambientales. Los objetivos planteados en las investigaciones representan áreas empresariales interesadas en implementar la P+L, demostrando interés en resolver problemas ambientales de forma competitiva y eficiente. Las metodologías cualitativo-cuantitativas generan articulación con dichos objetivos.

CONCLUSIONES

En conclusión, los resultados de esta investigación evidencian el papel crucial que juega la Producción Más Limpia (P+L) en la mejora de la sostenibilidad industrial. A través de la

optimización de los recursos y la reducción de los impactos ambientales, la P+L se erige como una solución eficiente para hacer frente a la generación de residuos, el uso inadecuado de insumos y la contaminación. La aplicación de estas prácticas no solo permite minimizar los efectos negativos sobre el medio ambiente y la salud humana, sino también incrementar la eficiencia operativa y económica de las empresas. No obstante, su implementación requiere una planificación meticulosa y una visión a largo plazo que tome en cuenta los contextos específicos de cada industria.

A pesar de los claros beneficios de la P+L, las empresas enfrentan barreras significativas que dificultan su adopción masiva. Entre estas, se encuentran la falta de recursos económicos, limitaciones en el acceso a financiamiento, la escasa capacitación técnica del personal y la complejidad de las cadenas de suministro. Adicionalmente, la percepción errónea de que estas estrategias exigen grandes inversiones de capital inicial continúa siendo un obstáculo para muchas organizaciones, especialmente para las pequeñas y medianas empresas (PYMEs). Esto refleja la necesidad urgente de un cambio de mentalidad, donde se vea la P+L no como un gasto, sino como una inversión estratégica a largo plazo que ofrece ahorros y mejoras significativas en la competitividad.

El Estado juega un rol fundamental en superar estas barreras, y su intervención es crucial para el éxito de la P+L. Mediante la creación de marcos normativos adecuados, incentivos financieros y beneficios tributarios, se puede estimular a las empresas a adoptar prácticas más limpias y sostenibles. Asimismo, el diseño y la implementación de programas de capacitación técnica y transferencia tecnológica son esenciales para dotar a las empresas, especialmente a las PYMEs, de las herramientas necesarias para enfrentar los desafíos de la producción sostenible. De igual manera, la promoción de alianzas entre el sector público, privado y académico puede facilitar la creación de soluciones innovadoras que respondan a las necesidades actuales del sector industrial.

Finalmente, el papel del consumidor no debe subestimarse en esta transición hacia modelos productivos más sostenibles. La creciente demanda de productos y servicios de empresas que

demuestren un compromiso real con la responsabilidad social y ambiental puede generar una presión adicional para que más organizaciones adopten la P+L. Además, la colaboración entre empresas, universidades y centros de investigación será clave para desarrollar nuevas tecnologías limpias que permitan a las industrias mejorar sus procesos de producción de forma más eficiente y sostenible. En síntesis, la P+L no solo es una herramienta eficaz para la sostenibilidad ambiental, sino que también ofrece una ventaja competitiva significativa para las empresas que decidan adoptarla de manera estratégica y consciente.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Casallas, K., Cortes, Y., & Martínez, L. (2018). La producción más limpia como una estrategia innovadora aplicada en una empresa del sector textil. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, 9(2), 255-266.
- Cotes, M., & Herrera, J. (2022). Estrategias de producción limpia para las empresas cerámicas con tecnología Horno Túnel en el área metropolitana de Cúcuta.
- DANE. (2021). Sistema de indicadores ambientales, de sostenibilidad y economía circular. Abril 2021
- Fonseca, H. F. (2017). La producción más limpia como estrategia ambiental en el marco del desarrollo sostenible. *Revista ingeniería, matemáticas y ciencias de la información*, 4(8), 47-59.
- Franco, C., & Arias, J. (2018). Sistemas de gestión ambiental y procesos de producción más limpia en empresas del sector productivo de Pereira y Dosquebradas. *Entre ciencia e ingeniería*, 12(23), 140-146.
- Giler, E., Erazo, J., Silva, R., Pereira, L., & Santana, K. (2019). La producción más limpia en el sector porcino: Una experiencia desde la Amazonía ecuatoriana. In *Anales Científicos* (Vol. 80, No. 1, pp. 76-91). Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Martínez, A. N., & Porcelli, A. M. (2018). Estudio sobre la economía circular como una alternativa sustentable frente al ocaso de la economía tradicional (primera parte). *Lex: Revista de la Facultad de Derecho y Ciencia Política de la Universidad Alas Peruanas*, 16(22), 301-334.
- Urbina, E. C. (2020). Investigación cualitativa. *Applied Sciences in Dentistry*, 1(3).

- Tramullas, J. (2020). Temas y métodos de investigación en Ciencia de la Información, 2000-2019. Revisión bibliográfica. *Profesional de la información*, 29(4).
- Van Hoof, B., Monroy, N., & Saer, A. (2018). Producción más limpia: paradigma de gestión ambiental. Universidad de los Andes.