

Avances en la aplicación de la Producción Más Limpia: Un análisis bibliométrico entre el periodo 2015-2020

Advances in the implementation of cleaner production: A bibliometric analysis between the period 2015-2020

Rossember Saldaña Escorcia¹

¹<https://orcid.org/0000-0002-5290-7072>. Grupo de Investigación en Gestión Ambiental y Territorios Sostenibles de la Universidad Popular del Cesar seccional Aguachica, Cesar, Colombia, rsaldanae@unicesar.edu.co

Fecha de recepción: 11/08/2021

Fecha de aceptación del artículo: 21/01/2022



Esta obra está bajo una licencia de Creative Commons Reconocimiento-No comercial-SinObraDerivada 4.0 internacional.

DOI: <https://doi.org/10.18041/1794-4953/avances.1.7807>

Cómo citar: Saldaña Escorcia, R. (2022). Avances en la aplicación de la Producción Más Limpia: Un análisis bibliométrico entre el periodo 2015-2020. Avances Investigación En Ingeniería, 19(1). <https://doi.org/10.18041/1794-4953/avances.1.7807>

Resumen

La implementación de estrategias ambientales como la Producción Más Limpia ha permitido prevenir significativamente la contaminación y los impactos ambientales en los diferentes sectores industriales. Este estudio se enfocó en evaluar la literatura científica generada alrededor de la Producción Más Limpia, a partir de un análisis bibliométrico. Corresponde a un estudio descriptivo con enfoque mixto, sustentado en la indagación de las publicaciones científicas indexadas en la base de datos de Scopus® de Elsevier, así como la implementación del software VOSviewer. Los documentos fueron seleccionados mediante algoritmo de búsqueda con criterios de inclusión y exclusión, durante el periodo abarcado entre los años 2015 y 2020. Se identificaron 52 textos, en los cuales se establecieron que los años con mayor número de publicaciones corresponden a 2019 con el 26.92 % y 2020 con el 23.08 % del total de textos analizados. La revista con mayor número de documentos relacionados con la temática es Journal of Cleaner Production al igual que países como China, Reino Unido y Brasil se posicionan en los primeros lugares en publicaciones. La creciente conciencia pública por el ambiente ha impulsado la Producción más Limpia como estrategia ambiental aportando beneficios en los ámbitos sociales, ambientales y económicos.

Palabras clave: análisis bibliométrico, gestión ambiental, producción sostenible, protección ambiental.

Abstract

The implementation of environmental strategies such as Cleaner Production has significantly prevented pollution and environmental impacts in different industrial sectors. This study focused on evaluating the scientific literature generated around Cleaner Production, based on a bibliometric analysis. It corresponds to a descriptive study with a mixed approach, based on the investigation of scientific publications indexed in the Elsevier Scopus® database, as well as the implementation of the VOSviewer software. The documents were selected by means of a search algorithm with inclusion and exclusion criteria, during the period between 2015 and 2020. Identified 52 texts, in which it was established that the years with the highest number of publications

correspond to 2019 with 26.92 % and 2020 with 23.08 % of the total number of texts analyzed. The journal with the highest number of documents related to the subject is the Journal of Cleaner Production, as well as countries such as China, United Kingdom and Brazil, which are positioned in the first places in publications. Growing public awareness of the environment has driven cleaner production as an environmental strategy, bringing social, environmental and economic benefits.

Keywords: bibliometric analysis, environmental management, sustainable production, environmental protection.

1. Introducción

La extracción de los recursos naturales y la producción de bienes mediante la industrial ha impulsado un desarrollo económico. Sin embargo, la cultura de consumo ha tenido un crecimiento exponencial generando desafíos ambientales que restringen las ganancias económicas [1]. Es por ende, que en las últimas décadas se ha tomado la Producción Más Limpia como medida para la mitigación de los retos entre la protección ambiental y el desarrollo económico [2].

La Producción Más Limpia es una estrategia ambiental eficiente que permite prevenir las emisiones en la fuente y minimizar los desechos en la cadena de producción [3], con el fin de mejorar la gestión ambiental de las organizaciones [4]. La Producción Más Limpia tiene como una de sus finalidades minimizar los efectos perjudiciales en los ecosistemas así como en el ciclo de vida promoviendo la innovación sostenible de los productos y servicios [1], [5].

La implementación de una producción más limpia trae consigo beneficios ambientales, técnicos y económicos siendo un aspecto importante para lograr el desarrollo sostenible [6], [7]. En dicha implementación, las organizaciones desarrollan innovaciones tecnológicas lo cual ha sido asumido como un elemento clave, convirtiéndose en ventajas competitivas [8]. Entonces, el artículo se centra en evaluar la literatura científica generada alrededor de la Producción Más Limpia, a partir del análisis bibliométrico.

2. Fundamentación teórica

La Producción Más Limpia es reconocida a nivel mundial debido a los beneficios ambientales así como económicos obtenidos por proyectos en la industria [9]. Además, los procesos de adopción de tecnologías más limpias fueron definidos bajo la política de desarrollo sostenible enmarcado en la Agenda 21 establecida durante la conferencia de Rio de Janeiro en 1992. La medida fomenta el acogimiento de nuevos procesos productivos que generen beneficios económicos y que conserven el medio ambiente al igual que las poblaciones cercanas [10].

Para el año 1994, se logró que los Centros Nacionales de Producción Más Limpia (NCPC) establecidos por la Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUDI) y el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) en los países desarrollados y en transición establecieran los programas de Producción Más

Limpia en las agendas gubernamentales y empresariales, los cuales tendría en cuenta las capacitaciones al personal, el cambio de políticas y la implementación de nuevas tecnologías de producción [11].

La definición de la Producción Más Limpia es descrita por diversos autores; donde el PNUMA establece que es “la aplicación continua de una estrategia ambiental preventiva integrada a los procesos, productos y servicios para aumentar la eficiencia general y reducir los riesgos para los seres humanos y el medio ambiente” [12]. Por otro lado, autores como Fresner indican que la Producción Más Limpia es una estrategia que busca prevenir los impactos de la cadena de producción en el medio ambiente [13].

De igual manera, Glavič y Lukman mencionan que este concepto ha creado mucho interés en las últimas décadas, y estos la definen como “*Un enfoque sistemáticamente organizado de las actividades de producción, que tiene efectos positivos sobre el medio ambiente. Estas actividades abarcan la minimización del uso de recursos, la mejora de la ecoeficiencia y la reducción de fuentes, con el fin de mejorar la protección del medio ambiente y reducir los riesgos para los organismos vivos*” [14].

Asimismo, Ghisellini y colaboradores consideran que la Producción Más Limpia es una estrategia clave para la Economía circular, ya que mejora e integra otras estrategias ambientales de las organizaciones, entre ellos, la reducción de desechos y emisiones, la introducción de productos y servicios menos contaminantes salvaguardando los recursos naturales y minimizando la salida de materiales nocivos para el medio [15].

Es así que la Producción más Limpia es un área de investigación que incorpora diferentes percepciones y metodologías dependiendo de la disciplina de la que será empleada [16]. Es decir, la Producción Más Limpia demuestra un enfoque integral, integrado y sistémico, puesto que incluye cambios relacionados con todos los aspectos de la organización en cuanto a los procesos productivos buscando una mejora continua o calidad en los mismos [17].

El objetivo que tiene la Producción Más Limpia según van Berkel es la creación de incentivos con la finalidad de cambiar la percepción de los empresarios en relación con el medio ambiente [18]. Es por ende, que esta se enfatiza en soluciones proactivas que hacen frente a la problemática ambiental, sin embargo, autores como Yüksel indica que la Producción Más Limpia debe enfocarse en la prevención de los problemas ambientales en vez de buscar o establecer soluciones para estos [19].

Además, el cumplimiento de la normas ambientales mediante las soluciones a final del tubo son insuficientes para lograr la Producción Más Limpia [20]. Esto se debe a que las regulaciones no certifican la prevención de la contaminación a través de los procesos productivos por lo que las organizaciones o empresas deben ir más allá del cumplimiento de las normativas [19].

Para el mejoramiento en la implementación de la Producción Más Limpia, se deben tener presente cuestiones ambientales, así como que se debe evaluar todo el ciclo de vida de los productos vendidos por las empresas (Diseños, producción, comercialización y disposición final); además, de seleccionar los equipos y tecnologías requeridas para su producción y distribución [20], [21].

Esto se da en el proceso de reducción de la huella industrial en busca de la producción sostenible mediante estrategias como la economía circular así como la evaluación de procesos sostenibles. Un ejemplo desde la industria química es la implementación de herramientas y/o estrategias como la química verde, la ingeniería verde y la ecoeficiencia con las que evalúan y gestionan procesos industriales contribuyendo a las sociedades de una forma más sostenible [22].

En primer lugar, la química verde es un herramienta que puede ser empleada en la evaluación de las etapas de conceptualización y diseño de los procesos químicos [23], y que además, es utilizada en el planteamiento de soluciones en relación con la minimización de impactos ambientales como lo indican Higuera y colaboradores [24]. En segundo lugar, la ingeniería verde sirve de base en la selección de procesos químicos adecuados en la toma de decisiones [25], y por último, la ecoeficiencia se emplea en la evaluación de los impactos ambientales al igual que los económicos en función a los bienes y servicios ofrecidos [26], [27].

Dichos conceptos, están relacionados con la Producción Más Limpia y que sean extendido en las aplicaciones industriales, específicamente, en la industria química que poseen controles estrictos de emisiones [28]. Asimismo, estos conceptos están fundamentados en que los procesos químicos que generan impactos adversos al medio ambiente serán reemplazados paulatinamente por estrategias con menor o nulo impacto, es decir, por tecnología más limpias, química ambiental, y reducción de contaminantes en la fuente [29].

Por otra parte, la Producción Más Limpia necesita que todos los actores relacionados con las organizaciones o empresas adquieran nuevas actitudes, habilidad y conocimiento con el que se pueda garantizar e integrar las actividades de planificación y desarrollo para la prevención de los problemas ambientales [30].

En la actualidad, el avance se da mediante la implementación de tecnologías más limpia; las cuales están definidas por Kuehr como modificaciones a los procesos logrando minimizar o inclusive eliminar los efectos adversos hacia el medio ambiente, y que dichas modificaciones incluyen la introducción de tecnologías modernas, cambios en la materia prima así como el uso adicional de materiales [31].

Según Câmara y Colaboradores, la tecnología más limpia puede contemplarse como un subconjunto de actividades de producción enfocada en un proceso de fabricación limpio e integra mejoras en el sistema con el fin de minimizar el daño ambiental al mismo momento que maximizar la eficiencia en las cadenas productivas [32].

La transición del sector industrial es particularmente importante, ya que comprende la mayor parte del consumo energético mundial entre los principales sectores consumidores de energía: industrial, transporte, residencial y comercial. Según Schoeneberger et al. [33], la transición a las tecnologías limpias y el uso de las energías renovables en los sectores consumidores e industriales puesto que son los mayores consumidores de energía, por lo que es esencial para enfrentar los desafíos de la sostenibilidad a nivel mundial, esencialmente, los relacionados con la calidad del aire, la preservación de los recursos naturales y el cambio climático.

La introducción de la Producción Más Limpia en las organizaciones y/o empresas proporciona beneficios económicos, ambientales y sociales, ya que reducen las cantidades de residuos generados y el costo de su eliminación [34]. No obstante, los programas que no han sido suficientes siguen enfrentando problemas y barreras para su implementación y desarrollo. De acuerdo a Wang, los problemas y las barreras más evidentes son la falta de integración sistemática, dado a que los programas de Producción Más Limpia son implementados por el departamento encargado de la gestión ambiental sin relacionar los demás actores [35]; además, de la falta de continuidad de los programas o la ejecución sin monitoreo y revisión de cambios [17].

De igual manera, Murillo-Luna y colaboradores señalan que ciertas barreras están relacionadas con la motivación ambiental o la preparación de los empleados que lideran las estrategias así como el liderazgo propio de la alta gerencia, falta de participación por parte de los empleados y sistemas de comunicación deficientes [36].

Fritzen Gomes [37] menciona en su estudio barreras tales como resistencia al cambio, información, experiencia y formación del personal inadecuada, prioridades comerciales en competencia, percepción de riesgo, bajo acceso a tecnologías limpias y sistemas contables que no captan los costos y beneficios ambientales, entre otras.

Por último, Canal y Gonçalves [38], indican que existen dos grupos de barreras, el primero se relaciona con la internacionalización de la temática ambiental, entre ellas, las características específicas de la empresa, la naturaleza del sector en el que opera, la cultura de la organización y la falta de comunicación, aspectos económicos y educativos. El segundo grupo tiene relación con la parte externa de los sectores, es decir, la preocupación de la sociedad, las políticas adoptadas por los gobiernos, la educación en prevención de la contaminación, los incentivos económicos y las características de las metodologías disponibles.

En resumen, los programas o estrategias de Producción Más Limpia simbolizan beneficios mutuos en la relación que hay entre la empresa y el medio ambiente, ya que la optimización en el uso de los recursos minimiza los costos de producción aumentando la rentabilidad al mismo tiempo que reduce los efectos nocivos al ambiente. Sin embargo, para que estas estrategias puedan ejecutarse todos los actores relacionados con el entorno empresarial deben tener acceso a educación con el fin de que tengan los conocimientos y habilidades necesarias para el uso de las tecnologías más limpias logrando el uso eficiente de los recursos naturales.

3. Metodología

La metodología aplicada en este trabajo es de tipo descriptivo con un enfoque mixto para realizar un análisis documental, soportado en herramientas bibliométricas. La búsqueda de la producción científica se llevó a cabo en la base de datos especializada Scopus® propiedad de Elsevier BV, considerada una de las bases con mayor cobertura [39], permitiendo reducir el sesgo a causa de la búsqueda de literatura en bases de datos [40].

Para el establecimiento de los descriptores se realizó una búsqueda primaria en Google Scholar (Google académico) con el fin de afianzar e identificar los conceptos asociados con la Producción más Limpia, y así seleccionar las palabras claves generales de la investigación, eligiendo tres: producción más limpia, gestión ambiental y tecnologías.

Cabe destacar que los criterios de búsqueda son: 1) Utilizar palabras claves en inglés, 2) Incluir publicaciones en un rango establecido (2015-2020), 3) Incluir documentos tales como artículos científicos, artículos de revisión, capítulos de libros, libros, notas breves y documentos de conferencias, y 4) excluir los documentos publicados en idiomas diferentes al Inglés.

Dichos criterios permitieron construir la siguiente ecuación de búsqueda: TITLE-ABS-KEY (“cleaner production” AND “technologies” AND “environmental management”) AND (LIMIT-TO (PUBYEAR, 2020) OR LIMIT-TO (PUBYEAR, 2019) OR LIMIT-TO (PUBYEAR, 2018) OR LIMIT-TO (PUBYEAR, 2017) OR LIMIT-TO (PUBYEAR, 2016) OR LIMIT-TO (PUBYEAR, 2015)) AND (LIMIT-TO (LANGUAGE, “English”)).

Una vez obtenidos los documentos, se organizan con el objetivo de mejorar el análisis de la información; creando una database por medio del programa de ofimática Microsoft Excel incluyendo factores como nombres de los autores, título del documento publicado, año de publicación, tipo de documento, clase de acceso, afiliación de los autores, revista de publicación, país de publicación y número de citas recibidas.

Como herramienta de análisis se utilizó el software VOSviewer con el fin de visualizar redes bibliométricas a partir de la técnica propuesta por Ludo Waltman y Nees Jan van Eck, la cual emplea el índice de proximidad como medida de similitud [41], [42]. Se obtuvieron dos mapas, el primero relaciona la co-ocurrencia entre las palabras claves y el segundo es un mapa de densidad que permite observar la proximidad entre dichas palabras.

3. Resultados

Como resultado de la revisión de la literatura a través de las palabras claves en primer lugar, se identificaron 141 documentos potenciales asociadas con la temática. Sin embargo, luego de aplicar los criterios inclusión y exclusión formando el algoritmo de búsqueda, el resultado final obtenido fue de 52 publicaciones relevantes. Se debe señalar que el número de estudios empleados en la revisión de la literatura suele representar entre el 10 % y el 40 % del total de documentos potenciales [43].

Con los 52 publicaciones asociadas a las temática obtenidas como el resultado final, los cuales están divididos en 37 artículos científicos (71.15 %), 8 documentos de conferencias (15.38 %), 4 artículos de revisión (7.69 %), 2 capítulos de libros (3.85 %) y 1 libro completo (1.92 %), relacionados principalmente con las áreas de ciencias ambientales, ingeniería y energías. El 63.46% de estas publicaciones están relacionadas con desarrollos tecnológicos mientras que el 36.54% son científicos donde analizan datos, metodologías y otras publicaciones acerca de la temática con el fin de dar diversos conceptos y/o perspectivas del área en desarrollo.

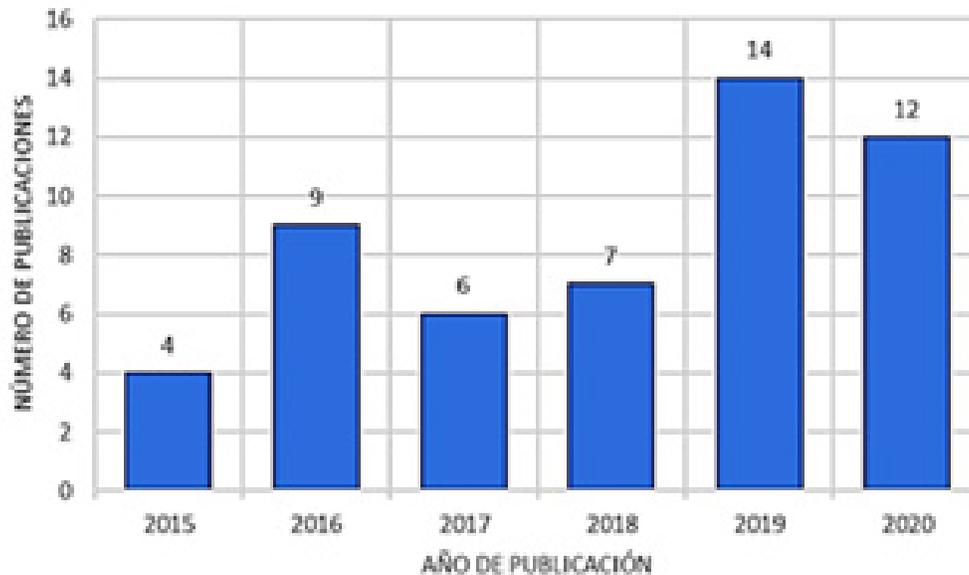


Figura 1. Distribución de las divulgaciones científicas, 2015-2020.

Fuente: Elaboración propia a partir de la base de datos de Scopus.

En el periodo de estudio, se muestra como el año con mayor número de publicaciones es 2019, con 14 textos representando al 26.92 % del total, seguido por 2020 con 12 escritos correspondiendo al 23.08 %, 2016, con 9 documentos equivalentes al 17.31 %; 2018 con 7 manuscritos siendo un 13.46 %, 2017 con 6 textos representando un 11.54 % y 2015 con 4 documentos correspondiendo a un 7.69 % del total obtenido (Figura 1).

Entre los autores relevantes en la temática, se encuentran Wang, Y., Wen, Z., Li, X., Ulgiati, S. y Liu, X.; así mismo, estos poseen los documentos con mayor número de citas, donde *“The eco-efficiency of pulp and paper industry in China: an assessment based on slacks-based measure and Malmquist–Luenberger index”*, ocupa el primer lugar con 79 citaciones desde su publicación en el 2016 en *Journal of Cleaner Production* por Wang, Y. y colaboradores.

Este trabajo habla de la herramientas para la evaluación y reducción de la huella industrial, como es la ecoeficiencia mencionada por Lozano et al. [22]; Pereira et al. [26] y Lourenço et al. [27], para este caso, en la industria de la pulpa y el papel (PPI) en el país asiático (China), los autores evaluaron el progreso de esta herramienta en la PPI a nivel nacional y provincial (16 provincias en total) con el objetivo de analizar el desempeño ambiental de la industria [44].

Para el logro de los objetivos planteados y establecer la ecoeficiencia, los autores emplearon el análisis envolvente de datos (DEA); método no paramétrico en función de las entradas y salidas del sistema lo que ayuda a evaluar la eficiencia relativa de las unidades de toma de decisiones (DMU) [45]. Además, incluyeron la medida basada en holguras (SBM) y el índice de Malmquist-Luenberger (ML) que sirven para posicionar la contaminación de PPI como resultados ambientales indeseables [44].

Los resultados dejaron ver que los tratamientos dentro de las PPI para disminuir la contaminación han tenido avances significativos en relación con la huella hídrica (Consumo

y contaminación). No obstante, la demanda química de oxígeno (DQO) es un factor crítico e influye en la ineficiencia dentro de las PPI. Finalmente, los autores concluyen que con el índice ML se obtienen resultados más precisos en base a los cambios de la ecoeficiencia dentro de las industrias. Asimismo, que las regulaciones ambientales han influido en la internacionalización de los impactos generados por las actividades productivas a través de la aplicación de la gestión ambiental, auditorías ambientales internas y externas, e inversión en tecnologías limpias o de tratamiento [44].

Otros documentos relevantes en el análisis encontramos dos revisiones científicas que dan diferentes perspectivas en la gestión y transición hacia una Producción Más Limpia en sectores como la minería, construcción y demolición. El primer documento presenta una revisión sobre la Producción Más Limpia en las minas. Desde la perspectiva del sistema de Producción Más Limpia en la minería, además en tecnologías y productos de producción limpia y sostenibles, empleando estrategias integradas de prevención ambiental con el objetivo y la concepción de se pueden implementar en el sistema de Producción Más Limpia de ciclo de vida completo [46].

La minería representa una amenaza potencial para el sistema hidrológico, el sistema atmosférico y el sistema del suelo [47]. Debido a lo anterior, los autores establecen que se debe evaluar la huella hídrica para explicar la relación entre las actividades industriales y el comportamiento de las comunidades aledañas con lo cual se establecería una línea base para el diseño de estrategias de gestión y uso del agua. Además, se deben promover las innovaciones en las tecnologías para la recuperación de tierras abandonadas [46].

Este primer documento, muestra que la contaminación por los relaves en las minas es uno de los problemas significativos a nivel mundial, por lo que la exploración e investigación centrada en la utilización y tratamiento integral de los relaves presenta una alta prioridad en este campo, al igual que el direccionamiento de Producción Más Limpia en minas sin relaves.

Del mismo modo, deja en claro los desafíos relacionados con la restauración ecológica de áreas degradadas por las actividades mineras. En este caso, las prioridades en el campo investigativo se centran en la identificación y eliminación de factores limitantes de la restauración de dichas áreas, entre los cuales están la selección de especies nativas, acondicionamiento de los suelos degradados, propagación y establecimiento de las especies; control de las especies exóticas invasoras al igual que el seguimiento de la restauración con el fin de cumplir las expectativas y metas planteadas [46].

En el segundo artículo de revisión, los autores exploraron las estrategias y alternativas de gestión en la eliminación de desechos de construcción y demolición (C&DW) pasando los límites de los vertederos para evaluar la transición hacia la Producción Más Limpia. Dichos resultados mostraron que las empresas e industrias dentro de este sector no implementan en su totalidad las estrategias de Producción Más Limpia debido a las diferentes barreras [5]. Algunos tipos de barreras descritas por los autores son: Político y de mercado, donde se encuentran barreras como apoyo gubernamental [48], coordinación eficiente de actividades por departamentos gubernamentales [49], ausencia de datos para la toma de decisiones y políticas de incentivos [50], directrices relacionadas con la clasificación y reutilización de C&DW [48].

De la misma manera, encontramos barreras de tipo financiero y económico en relación con los altos costos de inversión en tecnologías limpias [51] al igual que altos costos generados por los procesos de separación, tratamiento y reciclaje de C&DW [50]. La información y técnica se estableció como otro tipo de barrera en la implementación de la Producción Más Limpia en este sector, donde se observa la ausencia de tecnologías apropiadas para la recuperación y reutilización de los materiales mediante las industrias y/o sectores [52] así como las deficientes habilidades operativas por parte del capital humano relacionadas con la reducción y el tratamiento de los C&DW [53]. Como último tipo de barrera mencionada por los autores están las barreras organizativas y de gestión, en especial, la conciencia y cultura organización (en relación con el desarrollo sostenible) hacia el medio ambiente y la responsabilidad social de las empresas e industrias de construcción y demolición [50].

Dentro de la revisión documental realizada, identificaron un total de 33 países con publicaciones científicas relacionadas a la temática, cabe destacar, que China está posicionada en primer lugar, con un número de 23 documentos representando un 44.23 %. Por otro lado, Reino Unido y Brasil poseen 5 documentos cada uno, correspondiendo al 9.62 %, e Italia con 4 manuscritos que equivalen al 7.69 %, resaltando así los países más relevantes en la producción científica relacionada con el tema como se puede observar en la Figura 2.

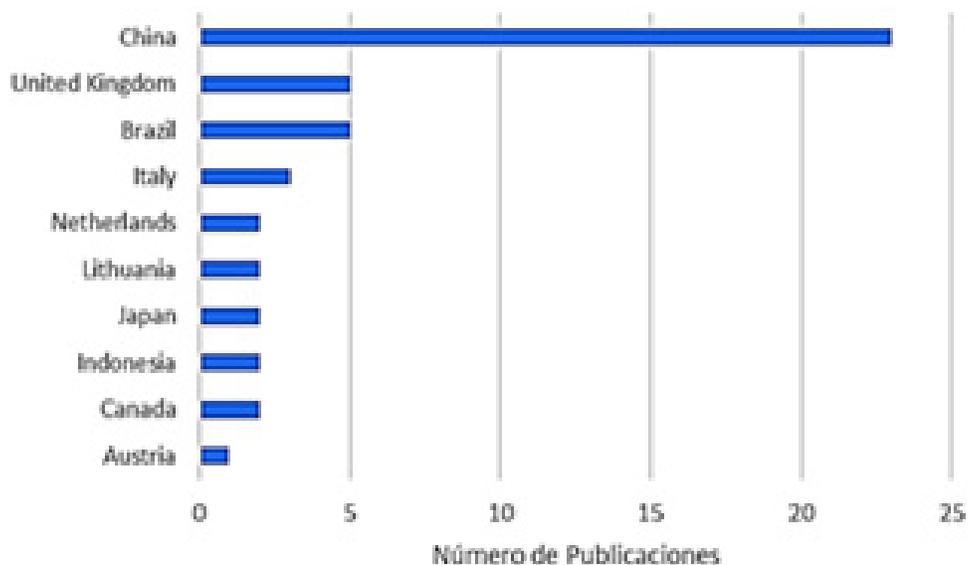


Figura 2. Países con producción científica, 2015-2020.
Fuente: Elaboración propia a partir de la base de datos de Scopus.

Los 52 escritos publicados se encuentran distribuidos en 24 revistas científicas, entre las cuales *Journal of Cleaner Production* la cual se encuentra en el cuartil 1 (Q1) y con un factor de impacto de 1.89; teniendo el mayor número de textos con 29 publicaciones relacionadas con la temática representando un 55.77 % con respecto al total de los documentos revisados. Con relación al restante de documentos se encuentran publicados en las 23 revistas con un texto cada una, equivaliendo al 1.92 % del total.

La Figura 3 muestra la distribución de las instituciones relevantes en el estudio de la temática, en la cual la Universidad Normal de Pekín y la Universidad Tsinghua concentran el mayor

número de publicaciones, con 5 cada una representando un 11.90 %, seguido por la Universidad de Shandong con 4 documentos siendo un 9.52 % del total. Asimismo, se puede inferir que China posee las instituciones con mayor número de publicaciones teniendo relación directa y corroborando lo obtenido en la Figura 2.

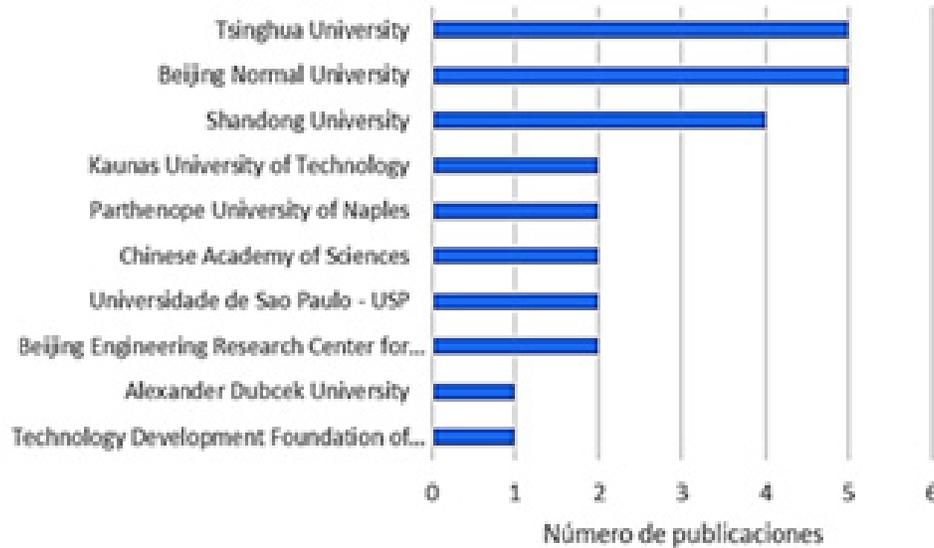


Figura 3. Instituciones relevantes en la producción científica, 2015-2020.
Fuente: Elaboración propia a partir de la base de datos de Scopus.

Ahora bien, el análisis de las redes bibliométricas a partir del uso del software VOSviewer, muestra el mapa de co-ocurrencia (Figura 4) en la cual se visualiza tres grupos de investigación centrales, siendo estos: “Environmental management”, “Cleaner Production” y “Pollution Control”. Además, muestra cómo están fuertemente entrelazados con el desarrollo sostenible al igual que con la protección ambiental, las políticas ambientales, el cambio climático, la eficiencia energética, los ciclos de vida y la economía.

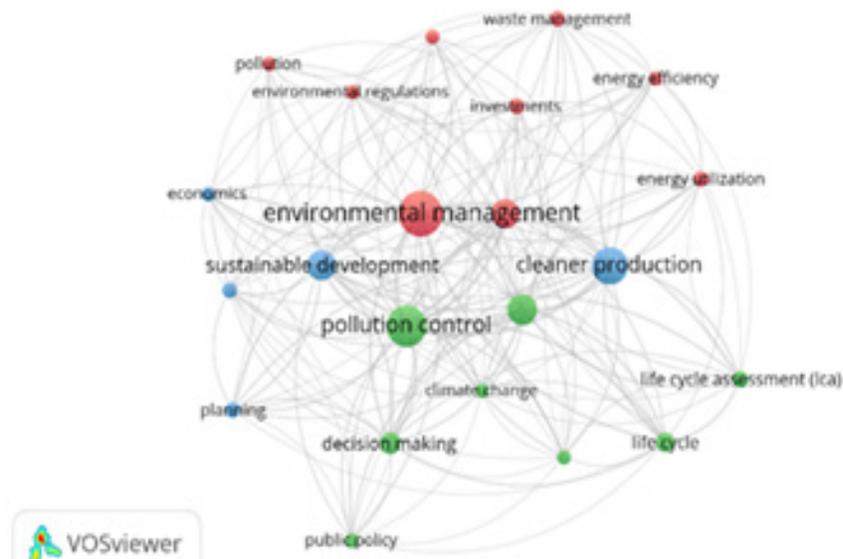


Figura 4. Mapa de co-ocurrencia (redes).
Fuente: Elaboración propia obtenida a partir de VOSviewer.

Por otro parte, el mapa de densidad mostrado en la Figura 5, nos permite identificar los 22 descriptores claves que poseen mayor proximidad, entre los cuales, la gestión ambiental, producción limpia, desarrollo sostenible, crecimiento económico, control de la contaminación, eficiencia energética, cambio climático, protección ambiental, regulación ambiental, contaminación, evaluación del ciclo de vida, impacto ambiental, gestión del agua, control de emisiones, planificación y políticas públicas.

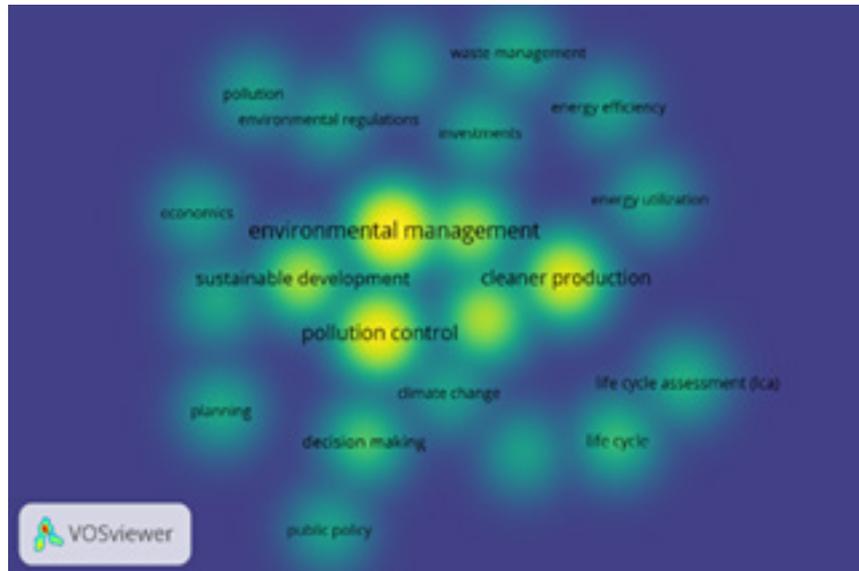


Figura 5. Mapa de densidad (proximidad).

Fuente: Elaboración propia obtenida a partir de VOSviewer.

Conclusiones

El crecimiento industrial, el consumo de los recursos naturales y el impacto ambiental provocó un aumento en la conciencia pública ambiental en miras del desarrollo sostenible impulsando a que diversas organizaciones adopten diversos métodos de producción más limpia como estrategia para mejorar la eficiencia energética y reducir las emisiones en las cadenas de producción.

La implementación de la producción limpia requiere de la contribución activa de todos los sectores, puesto que el factor ambiental no se considera de manera primordial sino relacionado con la necesidad de cumplir con los requerimientos normativos. Sin embargo, dicha estrategia aporta beneficios desde el ámbito social, ambiental y económico.

El análisis bibliométrico permitió conocer que China es el principal país con mayor producción científica relacionada con la Producción Más Limpia al igual que las instituciones de este país son las que puntúan en la publicación de documentos científicos referidos con la temática. Por otro lado, la revista con mayor número de publicaciones sobre el tema fue *Journal of Cleaner Production* logrando mayor impacto y visibilidad. Con las redes bibliométricas se evidenció las relaciones entre la producción limpia, las tecnologías y las estrategias ambientales con el crecimiento económico y la competitividad de las organizaciones.

Los resultados dejan apreciar una tendencia creciente de la investigación en los últimos años, todo causado a la conciencia ambiental fomentada por las políticas y las diferentes conferencias internacionales que buscan un desarrollo preservando el medio ambiente. Por último, las barreras que presenta la adaptación de la Producción Más Limpia en las organizaciones, industrias y sectores son nuevos focos de investigaciones en los cuales se deben enfocar con el fin de preparar a las cadenas productivas para enfrentar la complejidad que poseen los problemas ambientales así como la aplicación de sus soluciones.

Referencias

- [1] L. Dong, X. Tong, X. Li, J. Zhou, S. Wang, and B. Liu, "Some developments and new insights of environmental problems and deep mining strategy for cleaner production in mines," *Journal of Cleaner Production*, vol. 210. Elsevier Ltd, pp. 1562–1578, 10-Feb-2019, doi: 10.1016/j.jclepro.2018.10.291.
- [2] R. A. Luken and J. Navratil, "A programmatic review of UNIDO/UNEP national cleaner production centres," *J. Clean. Prod.*, vol. 12, no. 3, pp. 195–205, Apr. 2004, doi: 10.1016/S0959-6526(03)00102-1.
- [3] S. Yin, Y. Shao, A. Wu, H. Wang, X. Liu, and Y. Wang, "A systematic review of paste technology in metal mines for cleaner production in China," *Journal of Cleaner Production*, vol. 247. Elsevier Ltd, p. 119590, 20-Feb-2020, doi: 10.1016/j.jclepro.2019.119590.
- [4] D. Yang et al., "Life cycle assessment of cleaner production measures in monosodium glutamate production: A case study in China," *J. Clean. Prod.*, vol. 270, p. 122126, Oct. 2020, doi: 10.1016/j.jclepro.2020.122126.
- [5] P. Ghisellini, X. Ji, G. Liu, and S. Ulgiati, "Evaluating the transition towards cleaner production in the construction and demolition sector of China: A review," *J. Clean. Prod.*, vol. 195, pp. 418–434, Sep. 2018, doi: 10.1016/j.jclepro.2018.05.084.
- [6] L. Dong, Y. Li, P. Wang, Z. Feng, and N. Ding, "Cleaner production of monosodium glutamate in China," *J. Clean. Prod.*, vol. 190, pp. 452–461, Jul. 2018, doi: 10.1016/j.jclepro.2018.04.098.
- [7] J. Li, Y. Zhang, D. Du, and Z. Liu, "Improvements in the decision making for Cleaner Production by data mining: Case study of vanadium extraction industry using weak acid leaching process," *J. Clean. Prod.*, vol. 143, pp. 582–597, Feb. 2017, doi: 10.1016/j.jclepro.2016.12.071.
- [8] S. W. Bai, J. S. Zhang, and Z. Wang, "A methodology for evaluating cleaner production in the stone processing industry: Case study of a Shandong stone processing firm," *J. Clean. Prod.*, vol. 102, pp. 461–476, Sep. 2015, doi: 10.1016/j.jclepro.2015.04.139.
- [9] D. Sakr and A. Abo Sena, "Cleaner production status in the Middle East and North Africa region with special focus on Egypt," *J. Clean. Prod.*, vol. 141, pp. 1074–1086, Jan. 2017, doi: 10.1016/j.jclepro.2016.09.160.
- [10] V. Laforest, G. Raymond, and É. Piatyszek, "Choosing cleaner and safer production practices through a multi-criteria approach," *J. Clean. Prod.*, vol. 47, pp. 490–503, May 2013, doi: 10.1016/j.jclepro.2012.10.031.
- [11] R. Van Berkel, "Evaluation of the global implementation of the UNIDO-UNEP National Cleaner Production Centres (NCPC) Programme," *Clean Technol. Environ. Policy*, vol. 13, no. 1, pp. 161–175, Feb. 2011, doi: 10.1007/s10098-010-0276-6.
- [12] G. Hilson and V. Nayee, "Environmental management system implementation in the mining industry: a key to achieving cleaner production," *Int. J. Miner. Process.*, vol. 64, no. 1, pp. 19–41, Feb. 2002, doi: 10.1016/S0301-7516(01)00071-0.
- [13] J. Fresner, "Cleaner production as a means for effective environmental management," *J. Clean. Prod.*, vol. 6, no. 3–4, pp. 171–179, Sep. 1998, doi: 10.1016/S0959-6526(98)00002-X.
- [14] P. Glavič and R. Lukman, "Review of sustainability terms and their definitions," *J. Clean. Prod.*, vol. 15, no. 18, pp. 1875–1885, Dec. 2007, doi: 10.1016/j.jclepro.2006.12.006.
- [15] P. Ghisellini, C. Cialani, and S. Ulgiati, "A review on circular economy: the expected transition to a balanced interplay of environmental and economic systems," *J. Clean. Prod.*, vol. 114, pp. 11–32, Feb. 2016, doi: 10.1016/j.jclepro.2015.09.007.
- [16] "Bolsonaro: 'La Amazonía no está en llamas, no hay manera de que se incendie,'" RT, 2019. [Online]. Available: <https://actualidad.rt.com/actualidad/332040-bolsonaro-amazonia-llamas-posible-incendie>. [Accessed: 22-Dec-2019].
- [17] D. A. Lopes Silva, I. Delai, M. A. Soares de Castro, and A. R. Ometto, "Quality tools applied to Cleaner Production programs: a first approach toward a new methodology," *J. Clean. Prod.*, vol. 47, pp. 174–187, May 2013, doi: 10.1016/j.jclepro.2012.10.026.
- [18] R. van Berkel, "Cleaner production and eco-efficiency initiatives in Western Australia 1996–2004," *J. Clean. Prod.*, vol. 15, no. 8–9, pp. 741–755, Jan. 2007, doi: 10.1016/j.jclepro.2006.06.012.

- [19] H. Yüksel, "An empirical evaluation of cleaner production practices in Turkey," *J. Clean. Prod.*, vol. 16, no. 1, pp. S50–S57, Jan. 2008, doi: 10.1016/j.jclepro.2007.10.003.
- [20] P. Paredes Concepción, "Producción más limpia y el manejo de efluentes en plantas de harina y aceite de pescado," *Ind. Data*, vol. 17, no. 2, pp. 72–80, 2014.
- [21] B. I. Romero Rodríguez, "El análisis del ciclo de vida y la gestión ambiental," *Tendencias Tecnológicas*, pp. 91–97, 2003.
- [22] F. J. Lozano et al., "New perspectives for green and sustainable chemistry and engineering: Approaches from sustainable resource and energy use, management, and transformation," *J. Clean. Prod.*, vol. 172, pp. 227–232, Jan. 2018, doi: 10.1016/j.jclepro.2017.10.145.
- [23] T.-L. Chen, H. Kim, S.-Y. Pan, P.-C. Tseng, Y.-P. Lin, and P.-C. Chiang, "Implementation of green chemistry principles in circular economy system towards sustainable development goals: Challenges and perspectives," *Sci. Total Environ.*, vol. 716, p. 136998, May 2020, doi: 10.1016/j.scitotenv.2020.136998.
- [24] P. L. Higuera, F. J. Sáez-Martínez, G. Lefebvre, and R. Moillon, "Contaminated sites, waste management, and green chemistry: new challenges from monitoring to remediation," *Environ. Sci. Pollut. Res.*, vol. 26, no. 4, pp. 3095–3099, Feb. 2019, doi: 10.1007/s11356-018-3564-z.
- [25] S. Van Loy, K. Binnemans, and T. Van Gerven, "Mechanochemical-Assisted Leaching of Lamp Phosphors: A Green Engineering Approach for Rare-Earth Recovery," *Engineering*, vol. 4, no. 3, pp. 398–405, Jun. 2018, doi: 10.1016/j.eng.2018.05.015.
- [26] C. P. Pereira, D. M. Prata, L. de S. Santos, and L. P. C. Monteiro, "Development of eco-efficiency comparison index through eco-indicators for industrial applications," *Brazilian J. Chem. Eng.*, vol. 35, no. 1, pp. 69–90, Jan. 2018, doi: 10.1590/0104-6632.20180351s20160370.
- [27] E. J. Lourenço et al., "Multi-Perspective Eco-Efficiency Assessment to Foster Sustainability in Plastic Parts Production," 2019, pp. 212–249.
- [28] S. Vaz, "Biomass and the Green Chemistry Principles," in *Biomass and Green Chemistry*, Cham: Springer International Publishing, 2018, pp. 1–9.
- [29] R. A. Sheldon, "Green and sustainable manufacture of chemicals from biomass: state of the art," *Green Chem.*, vol. 16, no. 3, pp. 950–963, 2014, doi: 10.1039/C3GC41935E.
- [30] S. Unnikrishnan and D. S. Hegde, "Environmental training and cleaner production in Indian industry—A micro-level study," *Resour. Conserv. Recycl.*, vol. 50, no. 4, pp. 427–441, Jun. 2007, doi: 10.1016/j.resconrec.2006.07.003.
- [31] R. Kuehr, "Environmental technologies – from misleading interpretations to an operational categorisation & definition," *J. Clean. Prod.*, vol. 15, no. 13–14, pp. 1316–1320, Sep. 2007, doi: 10.1016/j.jclepro.2006.07.015.
- [32] G. Câmara, C. Andrade, A. Silva Júnior, and P. Rocha, "Storage of carbon dioxide in geological reservoirs: is it a cleaner technology?," *J. Clean. Prod.*, vol. 47, pp. 52–60, May 2013, doi: 10.1016/j.jclepro.2012.05.044.
- [33] C. A. Schoeneberger, C. A. McMillan, P. Kurup, S. Akar, R. Margolis, and E. Masanet, "Solar for industrial process heat: A review of technologies, analysis approaches, and potential applications in the United States," *Energy*, vol. 206, p. 118083, Sep. 2020, doi: 10.1016/j.energy.2020.118083.
- [34] Z. Kowalski and A. Makara, "The circular economy model used in the polish agro-food consortium: A case study," *J. Clean. Prod.*, vol. 284, p. 124751, Feb. 2021, doi: 10.1016/j.jclepro.2020.124751.
- [35] J. Wang, "China's national cleaner production strategy," *Environ. Impact Assess. Rev.*, vol. 19, no. 5–6, pp. 437–456, Sep. 1999, doi: 10.1016/S0195-9255(99)00022-0.
- [36] J. L. Murillo-Luna, C. Garcés-Ayerbe, and P. Rivera-Torres, "Barriers to the adoption of proactive environmental strategies," *J. Clean. Prod.*, vol. 19, no. 13, pp. 1417–1425, Sep. 2011, doi: 10.1016/j.jclepro.2011.05.005.
- [37] B. M. Fritzen Gomes, "Cleaner Production and Technologies," 2020, pp. 90–98.

- [38] L. Canal Vieira and F. Gonçalves Amaral, "Barriers and strategies applying Cleaner Production: a systematic review," *J. Clean. Prod.*, vol. 113, pp. 5–16, Feb. 2016, doi: 10.1016/j.jclepro.2015.11.034.
- [39] M. E. Falagas, E. I. Pitsouni, G. A. Malietzis, and G. Pappas, "Comparison of PubMed, Scopus, Web of Science, and Google Scholar: strengths and weaknesses," *FASEB J.*, vol. 22, no. 2, pp. 338–342, Feb. 2008, doi: 10.1096/fj.07-9492lsf.
- [40] E. M. Bartels, "How to perform a systematic search," *Best Practice and Research: Clinical Rheumatology*, vol. 27, no. 2. Bailliere Tindall Ltd, pp. 295–306, 01-Apr-2013, doi: 10.1016/j.berh.2013.02.001.
- [41] N. J. Van Eck and L. Waltman, "Software survey: VOSviewer, a computer program for bibliometric mapping," *Scientometrics*, vol. 84, no. 2, pp. 523–538, 2010, doi: 10.1007/s11192-009-0146-3.
- [42] N. J. Van Eck and L. Waltman, "Bibliometric mapping of the computational intelligence field," in *International Journal of Uncertainty, Fuzziness and Knowledge-Based Systems*, 2007, vol. 15, no. 5, pp. 625–645, doi: 10.1142/S0218488507004911.
- [43] R. B. Briner and N. D. Walshe, "From passively received wisdom to actively constructed knowledge: Teaching systematic review skills as a foundation of evidence-based management," *Acad. Manag. Learn. Educ.*, vol. 13, no. 3, pp. 415–432, Sep. 2014, doi: 10.5465/amle.2013.0222.
- [44] C. Yu, L. Shi, Y. Wang, Y. Chang, and B. Cheng, "The eco-efficiency of pulp and paper industry in China: an assessment based on slacks-based measure and Malmquist–Luenberger index," *J. Clean. Prod.*, vol. 127, pp. 511–521, Jul. 2016, doi: 10.1016/j.jclepro.2016.03.153.
- [45] J. Huang, X. Yang, G. Cheng, and S. Wang, "A comprehensive eco-efficiency model and dynamics of regional eco-efficiency in China," *J. Clean. Prod.*, vol. 67, pp. 228–238, Mar. 2014, doi: 10.1016/j.jclepro.2013.12.003.
- [46] L. Dong, X. Tong, X. Li, J. Zhou, S. Wang, and B. Liu, "Some developments and new insights of environmental problems and deep mining strategy for cleaner production in mines," *J. Clean. Prod.*, vol. 210, pp. 1562–1578, Feb. 2019, doi: 10.1016/j.jclepro.2018.10.291.
- [47] L. Dong, W. Shu, X. Li, and J. Zhang, "Quantitative evaluation and case studies of cleaner mining with multiple indexes considering uncertainty factors for phosphorus mines," *J. Clean. Prod.*, vol. 183, pp. 319–334, May 2018, doi: 10.1016/j.jclepro.2018.02.105.
- [48] R. Jin, B. Li, T. Zhou, D. Wanatowski, and P. Piroozfar, "An empirical study of perceptions towards construction and demolition waste recycling and reuse in China," *Resour. Conserv. Recycl.*, vol. 126, pp. 86–98, Nov. 2017, doi: 10.1016/j.resconrec.2017.07.034.
- [49] B. Huang, X. Wang, H. Kua, Y. Geng, R. Bleischwitz, and J. Ren, "Construction and demolition waste management in China through the 3R principle," *Resour. Conserv. Recycl.*, vol. 129, pp. 36–44, Feb. 2018, doi: 10.1016/j.resconrec.2017.09.029.
- [50] H.-Y. Yuan, M. Baguelin, K. O. Kwok, N. Arinaminpathy, E. van Leeuwen, and S. Riley, "The impact of stratified immunity on the transmission dynamics of influenza," *Epidemics*, vol. 20, pp. 84–93, Sep. 2017, doi: 10.1016/j.epidem.2017.03.003.
- [51] X. Zhang, Y. Wu, and L. Shen, "Application of low waste technologies for design and construction: A case study in Hong Kong," *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 16, no. 5, pp. 2973–2979, Jun. 2012, doi: 10.1016/j.rser.2012.02.020.
- [52] H. Yuan, L. Shen, and J. Wang, "Major obstacles to improving the performance of waste management in China's construction industry," *Facilities*, vol. 29, no. 5/6, pp. 224–242, Apr. 2011, doi: 10.1108/02632771111120538.
- [53] J. K. Liu, Y. S. Wang, and Y. Y. Lin, "Critical Success Factors for Construction and Demolition Waste Management in Pearl River Delta of China," *Appl. Mech. Mater.*, vol. 174–177, pp. 3245–3252, May 2012, doi: 10.4028/www.scientific.net/AMM.174-177.3245.