

Evolución y tendencias en investigación sobre herramientas de gestión para la producción sostenible

RESUMEN

El propósito del presente documento es explorar tendencias en investigación sobre herramientas de gestión para producción sostenible, dadas las transformaciones tecnológicas y nuevos requerimientos de *stakeholders*. Como metodología se aplicó *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses* (PRISMA) y un estudio bibliométrico para 309 publicaciones recuperadas de la base de datos Scopus. Con base en Ley de Lotka y Ley de Pareto se analizaron indicadores de calidad, cantidad y estructura. Los resultados proponen como tendencias de investigación: *Ecological y Life Cycle Assessment*; *outsourcing* y gestión sostenible de la cadena de suministro; economía verde y beneficios intangibles de producción sostenible.

Palabras clave: bibliometría, gestión, producción sostenible.

ABSTRACT

The aim of this paper is to explore research trends on management tools for sustainable production. The study takes into account technological transformations and new stakeholder requirements. Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses (PRISMA) and a bibliometric study for 309 publications retrieved from the Scopus database were used as the methodology. Based on Lotka and Pareto Law, indicators of quality, quantity and structure were analyzed. The results propose as research trends: *Ecological and Life Cycle Assessment*; *outsourcing* and sustainable supply chain management; green economy and intangible benefits of sustainable production.

Keywords: bibliometrics, management, sustainable production.

INTRODUCCIÓN

La innovación, desarrollos tecnológicos, regulaciones gubernamentales, crecimiento económico y cambios en requerimientos de *stakeholders*, generan transformaciones en organizaciones industriales a fin de gestionar los procesos productivos de forma sostenible y socialmente responsable. Es así como, se debe repensar la estructura económica de los países para determinar la manera óptima de distribución de recursos necesarios en procesos productivos (Chen & Zhao, 2019). Por ende, esta estructura posee un efecto decisivo en el uso de recursos naturales y generación de impactos ambientales como cambio climático, contaminación del aire y del recurso hídrico.

Ahora bien, la gestión organizacional bajo herramientas de negocio tradicionales ha multiplicado daños al medio ambiente y salud humana. De aquí que, se deba avanzar hacia herramientas de gestión y producción que se adapten a una economía sostenible y no lineal, como se ha desarrollado hasta el momento (Jacobi & Giatti, 2017). Sin embargo, la complejidad organizacional, acceso a información, relacionamiento con *stakeholders* e incertidumbre del entorno limitan la implementación de nuevas herramientas de gestión. Desde la sostenibilidad, estas nuevas herramientas permiten formular, implementar y evaluar decisiones y acciones relacionadas con la sostenibilidad ambiental, social y económica de la organización (Starik et al., 2016; Starik & Kanashiro, 2013). Asimismo, las nuevas herramientas de gestión y producción establecen lineamientos para gestionar dificultades de sostenibilidad en la práctica sin afectar la ventaja competitiva de las organizaciones (Baumgartner & Rauter, 2017). Por ende, estas nuevas alternativas de gestión y producción permiten tener una visión sistémica de las organizaciones, lo que aumenta la comprensión de la cantidad de recursos naturales que se emplean en el ciclo de vida de bienes y que generan impacto directo en el medio ambiente (Williams et al., 2017).

Es así como, las herramientas de gestión y producción sostenible se refieren a acciones, iniciativas y técnicas que afectan positivamente el desempeño ambiental, social o económico de la organización; ayudando a controlar y mitigar el impacto de las operaciones en *Triple Bottom Line* (Alayón et al., 2017). De forma particular, cuando se adoptan herramientas de producción sostenible y se transforman procesos de manufactura, las organizaciones pueden generar valor a los consumidores (Hallam & Contreras, 2016). Sin embargo, no se puede

descuidar la generación de valor y ventaja competitiva al interior de la organización (Husgafvel, Watkins, Linkosalmi, & Dahl, 2013; Nallusamy, Ganesan, Balakannan, & Shankar, 2016).

De esta forma, algunas organizaciones poseen una actitud moderada con respecto a los beneficios futuros de inversiones en procesos de producción sostenible (Rajeev, Pati, Padhi, & Govindan, 2017). Para otras, la adopción de estos métodos de producción implica mejoras en el desempeño ambiental pero no en reducción de costos (Esfahbodi, Zhang, & Watson, 2016). Otras organizaciones consideran que la implementación de tecnologías de producción sostenible es la alternativa monetaria más eficiente para reducir impactos ambientales sin comprometer la competitividad económica (Costantini, Crespi, Marin, & Paglialunga, 2017). A pesar de las diferencias, existe un consenso con respecto a la necesidad de evaluar el uso de herramientas de gestión para procesos de producción sostenible de las organizaciones en el mercado en el cual se desenvuelve (Du, Hu, & Song, 2016).

Con base en lo anterior, el propósito de la presente investigación es analizar tendencias sobre herramientas de gestión para la producción sostenible. Para lo cual se hará uso de la metodología *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses* (PRISMA) y un estudio bibliométrico para 309 publicaciones recuperadas de la base de datos Scopus. PRISMA es una guía para estudiar la estructura de publicaciones científicas y seleccionar aquellas que realmente estén relacionadas con la temática de interés (Ng'eno et al., 2020). Por su parte, los estudios bibliométricos exhiben tendencias en investigación y relevancia de publicaciones en un área específica de estudio (Ben-Daya et al., 2019).

En este orden de ideas, en la primera parte del documento se aborda el diseño metodológico empleado. Posteriormente, se exhiben resultados de investigación con base en indicadores de cantidad, calidad y estructura. Finalmente, se mostrarán tendencias en investigación y conclusiones sobre herramientas de gestión para la producción sostenible.

METODOLOGÍA

Para emplear la metodología PRISMA y desarrollar el análisis bibliométrico, se seleccionó la base de datos Scopus como fuente de información principal para extraer publicaciones académicas relacionadas con herramientas de gestión para la producción sostenible. Scopus es reconocida por los expertos como una de las mejores, más rigurosas y más completas bases de

datos bibliométricas y repositorio de documentos académicos (Araújo et al., 2020; Fornacciari et al., 2017). Posee alrededor de 22,000 fuentes de información pertenecientes a más de 5,000 editores internacionales (Khiste & Paithankar, 2017).

Con base en el propósito de la investigación se elaboró la siguiente ecuación de búsqueda:

Ecuación 1. Ecuación búsqueda de publicaciones académicas

TITLE-ABS-KEY((sustainable W/3 product) OR (sustainable W/3 manufactur*) OR (sustainable W/3 fabrication) OR (green W/3 product*) OR (green W/3 manufactur*) OR (green W/3 fabrication) OR (cleaner W/3 product*) OR (cleaner W/3 manufactur*) OR (cleaner W/3 fabrication) OR (ecological W/3 product*) OR (ecological W/3 manufactur*) OR (ecological W/3 fabrication)) AND TITLE-ABS-KEY ((management W/3 tool) OR (management W/3 instrument) OR (management W/3 model))*

Fuente. Elaborado por los autores

Tras emplear el diagrama de flujo propuesto por la metodología PRISMA (Moher et al., 2009), se obtuvo un total de 304 documentos con los cuales se desarrollará el análisis bibliométrico (Ver Figura 1.).

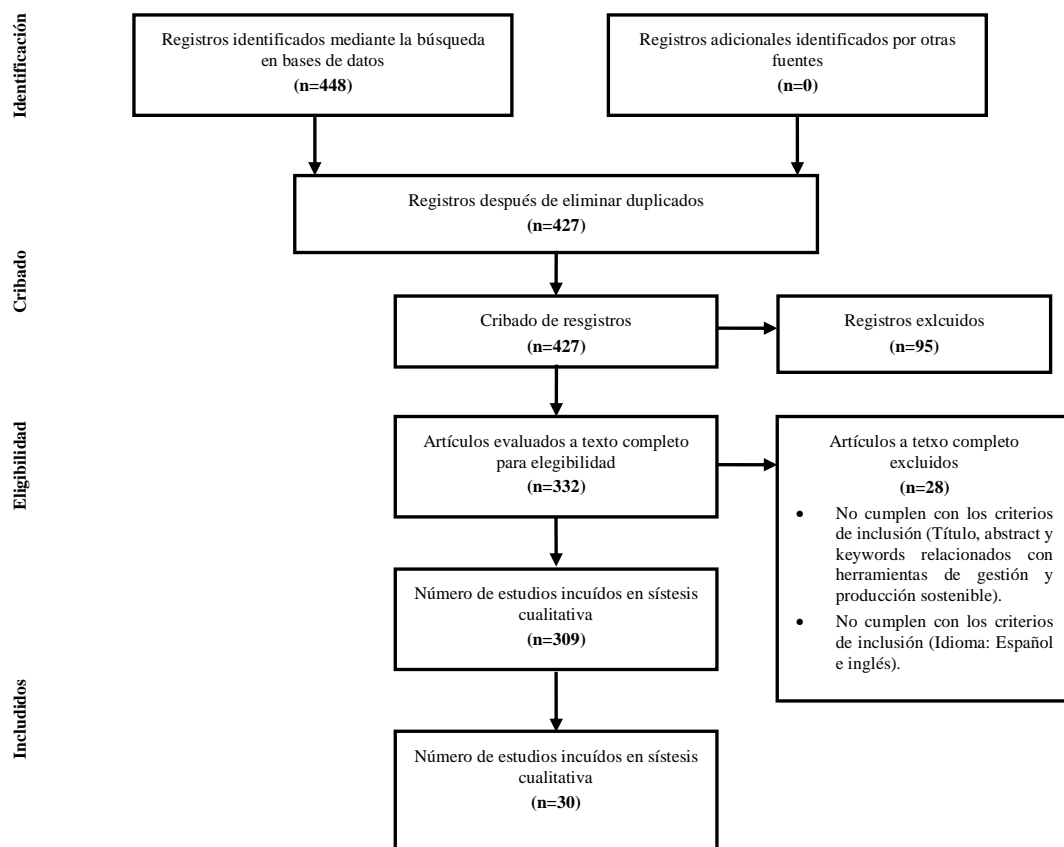


Figura 1. Criterios selección de artículos – Metodología PRISMA- Fuente. Elaboración propia

Posteriormente, se diseñó una base de datos para analizar variables necesarias en la preparación, recuperación de datos y elaboración de indicadores bibliométricos (Cantidad, calidad y estructura). Se entiende por análisis bibliométrico el estudio del el impacto general de publicaciones académicas sobre un tema determinado de interés, el cual permite una comprensión profunda de los cambios en el campo de estudio en términos de autores, citas y tendencias en investigación (Kan Yeung et al., 2019). Para finalizar, se tuvo como fecha de corte del análisis las publicaciones académicas sobre herramientas de gestión para producción sostenibles que se encontraban disponibles en Scopus hasta febrero de 2020.

RESULTADOS

Indicadores bibliométricos de cantidad

La Figura 2., exhibe la cantidad de publicaciones académicas sobre herramientas de gestión para la producción sostenible. Se proyectan 329 publicaciones al finalizar el año 2020, siendo este el año más productivo sobre la temática. Es así como se observa un crecimiento continuo en el volumen de documentos y relevancia que ha adquirido la temática de estudio a través de diversas publicaciones que permiten vislumbrar necesidades futuras de investigación, como: diseño sostenible de producto, capacidades de pensamiento sistémico en sostenibilidad; y *drivers* para crear valor en sostenibilidad (Watz & Hallstedt, 2020); sistema de indicadores para el modelo (Driving force, Pressure, State, Impact and Response) (Kasych et al., 2019); Análisis Jerárquico de Proceso de relación entre innovación y sostenibilidad (Wollmann & Tortato, 2019); economía verde y Cadena de Suministro Verde (Gassiy & Stoikov, 2019).

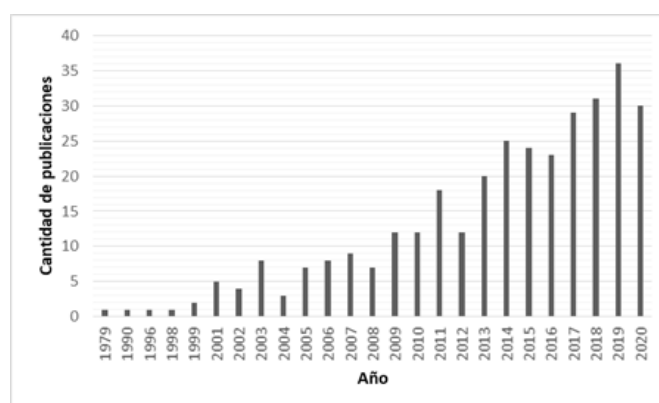


Figura 2. Cantidad de publicaciones por año
Fuente. Elaboración propia

En la Figura 3., se aprecia la cantidad acumulada de documentos sobre el tema de análisis. Si bien, ésta figura exhibe un crecimiento exponencial, se aprecia una saturación sobre las publicaciones de herramientas de gestión para la producción sostenible. Dicha conducta es respaldada con base en el comportamiento de contagio propuesto por (De Solla Price, 1976; Kwiek, 2016), donde la producción científica incrementa con una regularidad superior a la de otros procesos sociales, semejantes al crecimiento biológico y de población. Este crecimiento puede duplicarse en periodos de 10 a 15 años.

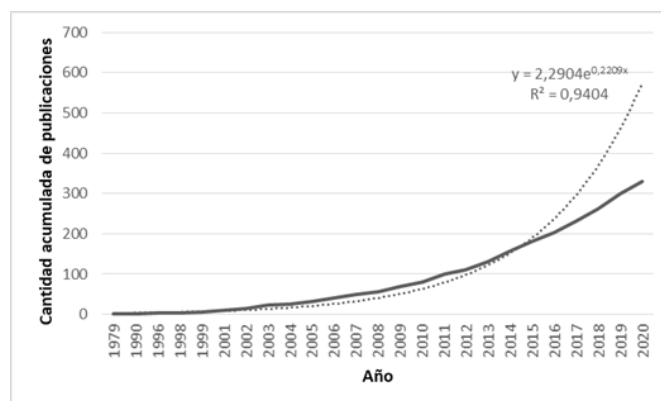


Figura 3. Cantidad de publicaciones acumuladas por año
Fuente. Elaboración propia

Ahora bien, en la Figura 4., se presentan las 10 primeras fuentes de información o revistas con mayor cantidad de documentos publicados sobre la temática de investigación. La fuente más representativa es *Journal of Cleaner Production* (34 documentos). Esta fuente de información cuenta con publicaciones sobre investigación y prácticas sostenibles, medio ambiente, producción limpia, consumo sostenible, productos y servicios sostenibles, procesos técnicos, educación para el desarrollo sostenible, legislación y políticas para la sostenibilidad, sostenibilidad corporativa y responsabilidad social corporativa.

Es de considerar que la productividad de las fuentes de información en el área de estudio no cumple Ley de Pareto. Al analizar la proporción acumulada de publicaciones por fuente o revista, se encontró que el 72% de las fuentes de información publican el 80% de los documentos. Al dividir por cuartiles la productividad de fuentes o revistas, se obtuvo que el 5% de las fuentes publica el 25% de los documentos, el 31% publica el 50% y finalmente 65% de las revistas publica el 75% de los documentos. Con base en lo anterior, no se evidencia una fuente de información que predomine de forma significativa en los registros proporcionados por la base de datos Scopus.

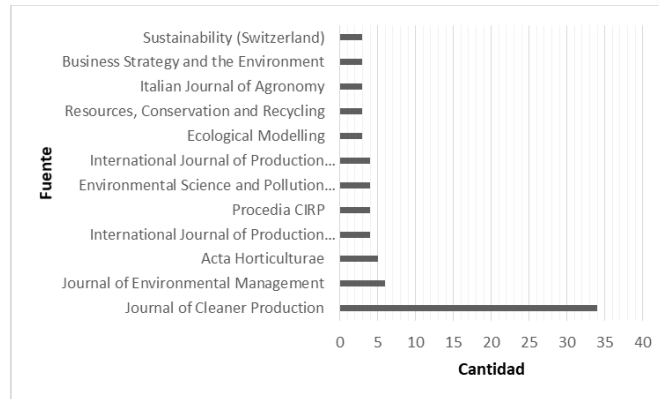


Figura 4. Fuentes de información con mayor cantidad de publicaciones en el área de estudio
Fuente. Elaboración propia

También se puede evaluar la productividad de fuentes de información por medio de la Ley de Lotka (Ver Figura 5.). Esta ley permite medir la frecuencia de las publicaciones académicas (Abreu, Kimura, & Sobreiro, 2019; Kumar & Kushwaha, 2018; Silva et al., 2018). Las fuentes de información cumplen Ley de Lotka si la pendiente de la línea de tendencia se acerca a -2 y el coeficiente de determinación se acerca a 1 (Rau, 2011). Es así como la productividad individual de fuentes de información no se ajusta a la ley debido a que la pendiente es de -1,436 y el coeficiente de determinación es de 0,6553.

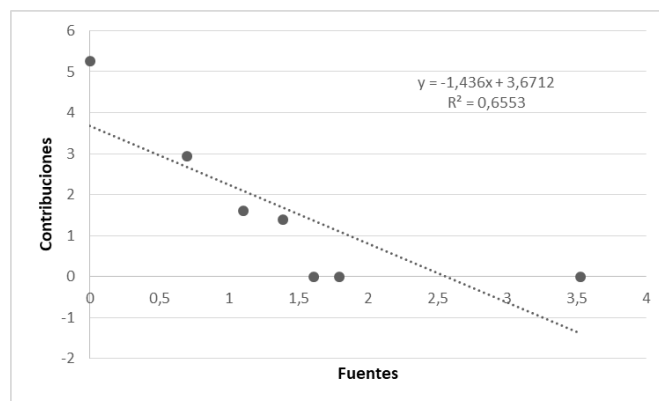


Figura 5. Aplicación Ley de Lotka a la productividad de las revistas
Fuente. Elaboración propia

En este orden de ideas, es fundamental analizar la productividad por filiación en Centros de Investigación e Instituciones de Educación Superior (Ver Figura 6.), donde la cantidad de documentos publicados sobre herramientas de gestión para la producción sostenible fueron desarrollados por 352 instituciones. De estas, el 30% produjeron el 80% de documentos, incumpliendo Ley de Pareto. Con respecto a los cuartiles, el 5% de instituciones publican el 25% de documentos, 15% publica el 50% y 28% publican el 75%. Con base en lo anterior, es

necesario incrementar la socialización y transferencia de conocimiento sobre la temática de investigación. Asimismo, las instituciones ubicadas en los cinco primeros lugares producen el 10% de publicaciones. Es así como, la institución con el mayor número de publicaciones es *Wageningen University and Research Centre* con nueve documentos. En segundo lugar se encuentra *Chinese Academy of Sciences* con ocho documentos. El tercer lugar es ocupado por *Universidade Federal da Bahia* con siete documentos.

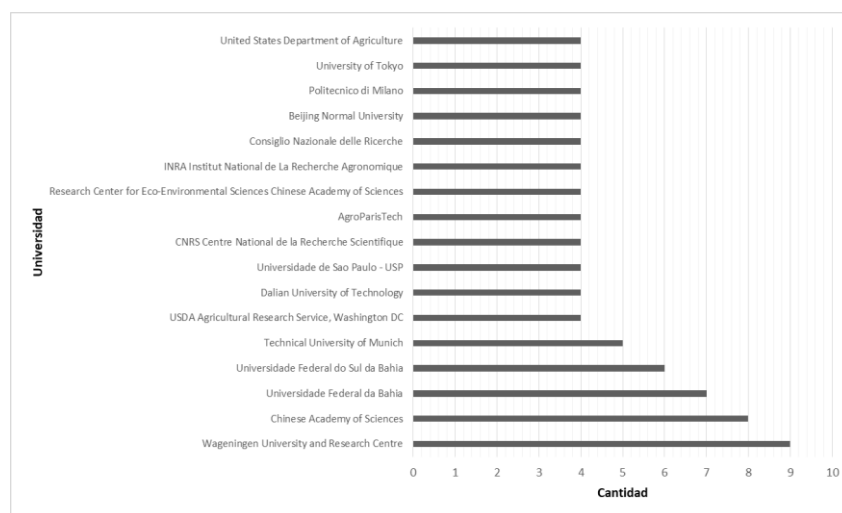


Figura 6. Productividad por filiación
Fuente. Elaboración propia

Indicadores bibliométricos de calidad

Los indicadores de calidad evalúan reputación, visibilidad y relevancia para fuentes de información académica e investigadores (Osterloh & Frey, 2020; Velasco, Bouza, Pinilla, & Román, 2012). Es posible analizar la calidad de las publicaciones en un área específica de estudio, con base en el factor de impacto por autor o filiación institucional, el cual permite diferenciar el valor científico de las publicaciones (Friess et al., 2020). De manera similar, existen otras alternativas para evaluar la calidad impacto de la producción académica como es el caso del h-index (Bar-Ilan, 2008; Li & Zhao, 2015; Sweileh, 2019). Así pues, la Figura 7., muestra los 11 autores con mayor impacto sobre la temática de investigación. En primer lugar, se encuentran *Shihchang Tseng* y *Shiu Wan Hung* con el documento titulado “*A strategic decision-making model considering the social costs of carbon dioxide emissions for sustainable supply chain management*”. *Tseng* es Doctor en Administración de Negocios y se encuentra vinculado a la Universidad Nacional de Ilan en Taiwan. Por su parte, *Wan Hung* hace parte del equipo docente de la Universidad Central de Taiwan.

Hay que mencionar, además que el Top 10 de los autores más productivos no se encuentra coordinado con el Top 10 de autores con mayor impacto. Por ende, es importante desarrollar alternativas que permitan incrementar la visibilidad de los autores que son altamente productivos en el área de estudio.

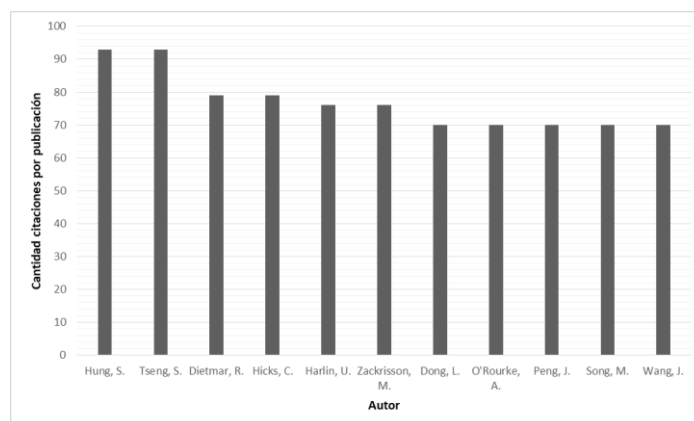


Figura 7. Impacto de autores
Fuente. Elaboración propia

Asimismo, para analizar el impacto por fuente de información o revista se considera la cantidad de citaciones por publicación en el área de estudio (Ver Figura 8.). La fuente de información con mayor número de citaciones por publicación es *Annals of Botany*, con un total de 140. Como segunda opción aparece *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, con un total de 97 citaciones por publicación. En tercer lugar, se encuentra *Business Strategy and the Environment* con 92 citaciones por publicación. Sin embargo, se aprecian diferencias entre las fuentes de información más productivas y las fuentes con mayor impacto. Por ejemplo, la fuente más productiva es *Journal of Cleaner Production* con un total de 34 publicaciones sobre la temática de investigación, pero en términos de impacto ocupa el lugar 22 con 32 citaciones por publicación. De forma similar, la segunda fuente más productiva es *Journal of Environmental Management* posee 6 publicaciones; no obstante, ocupa el puesto 14 en términos de impacto con un total de 40 citaciones por publicación.

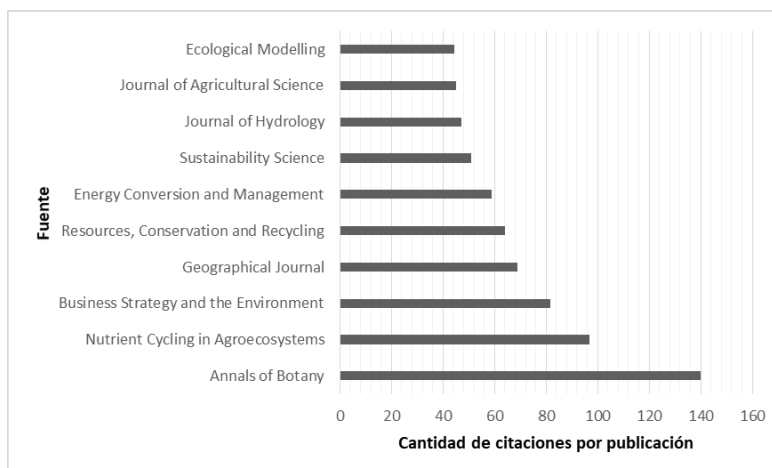


Figura 8. Impacto de revistas
Fuente. Elaboración propia

Indicadores bibliométricos de estructura

Lo indicadores de estructura contribuyen con la recuperación visualización, análisis y representación de la relevancia de *stakeholders* pertenecientes a redes académicas en diversas áreas del conocimiento (Szklarczyk et al., 2017; Tanaka & Sakata, 2016). Para este análisis, se utilizó el software Cytoscape 3.7.2, a fin de evaluar evolución e interrelación de investigadores y fortalezas del trabajo colaborativo (Nirachanon & Smith, 2013). De esta manera, se identifican los autores más sobresalientes sobre una temática de investigación y se exhibe el nivel de co-autoría (Valencia, Montoya, & Montoya, 2016). Es así como la Tabla 1., muestra indicadores de estructura que pretenden analizar el nivel de cohesión de la red de autores que trabajan sobre herramientas de gestión para la producción sostenible. Se realizó el análisis comparativo del comportamiento de la red para dos periodos (1979-1999 y 2000-2020).

Tabla 1. Indicadores de estructura

Indicador	1979-1999	2000-2020
Número de nodos	14	939
Densidad de la red	0,121	0,004
Diámetro de red	1	6
Distancia característica esperada	1,0	1,387
Número de componentes conectados	6	268
Número promedio de vecinos	1,571	3,998
Grado de agrupamiento de la red (Clusterización)	0,643	0,81
Centralización de la red	0,038	0,019
Heterogeneidad de la red	0,396	0,97
Número de nodos aislados	1	48
Componentes conectados por nodos	42,8%	28,54%
Componentes aislados por nodos	7,1%	5,1%

Fuente. Elaboración propia

De esta manera, a partir del año 2000 se observa un incremento representativo en la cantidad de autores (Número de nodos) que han publicado documentos académicos sobre la temática de investigación. Es así como, la cantidad de autores para el primer periodo de análisis corresponde al 1,5% del total de autores en el segundo periodo. Si bien se observa un incremento en la cantidad de autores que están trabajando de manera independiente (Número de nodos aislados), también hay un incremento en la cantidad de autores que están trabajando de forma colaborativa. Esto se ve reflejado en la reducción de densidad de la red y cantidad de subredes aisladas (Componentes aislados por nodos). También se aprecia un incremento en diámetro y clusterización de la red, el cual se deriva de la notable adición de autores vinculados a la temática de investigación por medio de nuevas publicaciones. Este comportamiento refleja una mejora en la cohesión de los autores, a medida que se crean y divulgan nuevos desarrollos sobre la temática de investigación.

Otra alternativa para analizar la estructura de las redes académicas, es el análisis de co-ocurrencia. Este análisis exhibe las relaciones generadas entre varias palabras clave que coexisten en la misma publicación. A menor distancia entre dos términos, mayor será el número de co-ocurrencias (Redeker, Kessler, & Kipper, 2019).

De aquí que, la Figura 9., exhiba la conexión y agrupación por clúster de co-ocurrencia de términos clave entre las 304 publicaciones que se analizaron en la base de datos Scopus. Del total de artículos se obtuvo 2849 palabras claves, de las cuáles 299 cumplieron el requisito de mínimo tres ocurrencias. Se generaron 6487 links que evidencian la relación entre dos palabras clave. Así pues, se crea una Intensidad Total del Link de 8875. Las palabras clave con mayor intensidad se vinculan las palabras con mayor ocurrencia. En este sentido, la intensidad para los términos más representativos es la siguiente: desarrollo sostenible (888), gestión ambiental (514), sostenibilidad (418), impacto ambiental (313), toma de decisiones (294), control de polución (282), producción limpia (250).

Además, hay un total de 8 clúster que ayudan a definir las tendencias en investigación sobre herramientas de producción sostenible: Clúster 1 - estrategias y decisiones para la producción sostenible (26,1%); clúster 2- modelos y herramientas cuantitativas para la gestión de recursos naturales (18,4%); clúster 3 (14,7%); clúster 4 – gestión y eficiencia energética (12,4%); clúster 5 – evaluación económica y ambiental (10,3%); clúster 6 – gestión de riesgos y costos (9,7%);

clúster 7 (6,7%) – desarrollo económico y ambiental; y clúster 8 (1,7%) – políticas públicas para la producción sostenible.

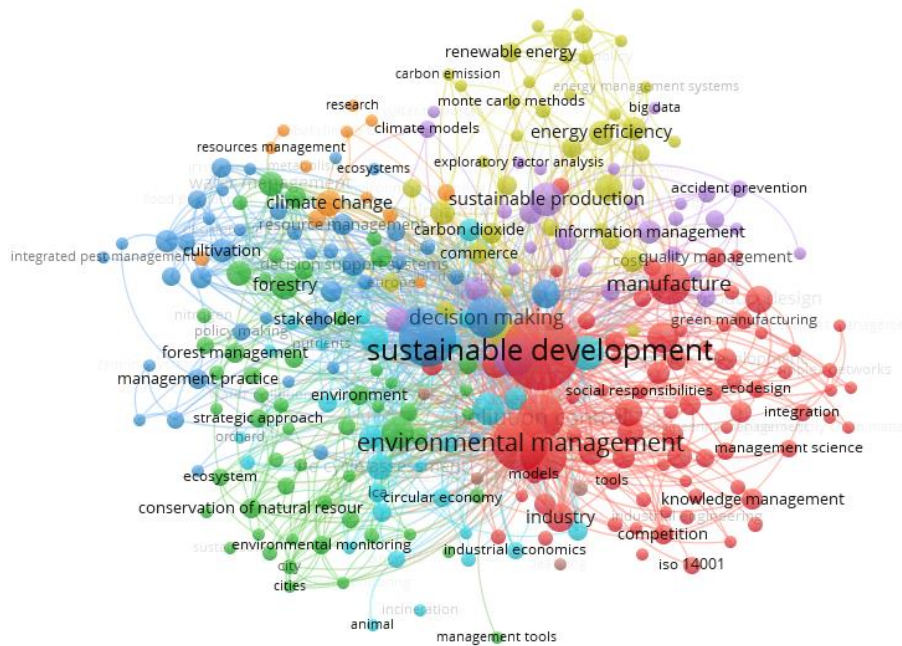


Figura 9. Co-ocurrencia términos
Fuente. Elaboración propia

Evolución de tendencias en investigación sobre herramientas de gestión para la producción sostenible

La Figura 10., muestra la evolución de las tendencias en investigación en los últimos 41 años sobre la temática de estudio. Es así como en el periodo comprendido entre 1979-1990, los estudios abordaron enfoques gerenciales éticos y ecológicos para la producción agrícola a fin de disminuir generación de desperdicios (Newcombe & Nichols, 1979). Además, las publicaciones para este periodo destacaron la importancia en el uso modelos jerárquicos y sistémicos para el análisis de políticas ambientales (Norton, 1990).

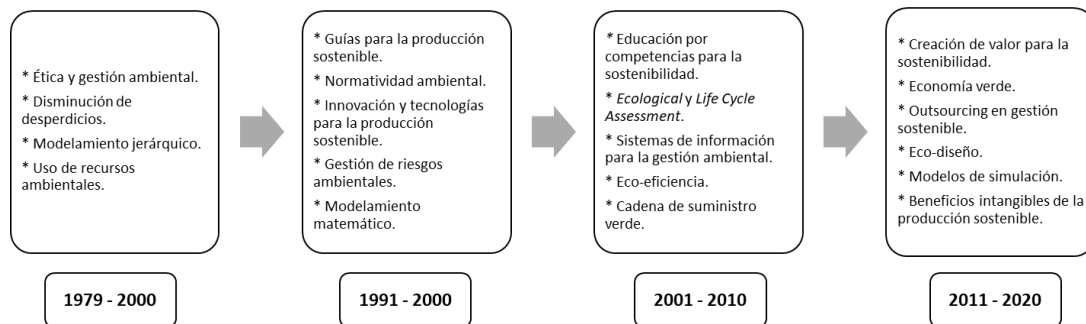


Figura 10. Evolución tendencias en investigación en el área de estudio
Fuente. Elaboración propia

Para el periodo que abarca los años 1991-2000, resaltan aspectos como la necesidad de crear herramientas de gestión que permitan la interacción eficiente entre tecnologías para la producción sostenible, crecimiento económico y normatividad (Alam, Omar & Squires, 1996). Asimismo, se destaca la aparición del concepto *cleaner production* como un componente esencial para el desarrollo sostenible en países europeos, con base en la apropiación de tecnologías para la prevención de impactos (Spirinckx & Meozzi, 1998). Además, se exhibe un interés por la adopción de sistemas de producción sostenible que permitan reducir el uso de productos químicos como materia prima (de Buck, Hendrix & Schoorlemmer, 1999).

Además, los estudios desarrollados en el periodo comprendido entre 2001-2010 destacan la transformación del sistema educativo tradicional para crear de competencias en tecnologías sostenibles para futuros profesionales (Seliger, Schumann, Meyer & Eggenstein, 2001). Esto permitió el fortalecimiento de herramientas para mejorar la productividad en sistemas de producción sostenible. Entre estas herramientas se encuentran *Life Cycle Assessment (LCA)* y *Total Cost Assessment (TCA)* (Hur, Kim & Yamamoto, 2004). Al articular estas herramientas con estrategias de gestión sostenible en organizaciones se logra identificar bienes, servicios y actividades que generan una sostenibilidad real a procesos productivos (Azapagic, 2010). Asimismo, las organizaciones pueden identificar modelos de gestión para la sostenibilidad ambiental que se adecuen a sus características operacionales y productivas (Heras & Arana, 2010).

Finalmente, para el periodo 2011-2020 los documentos publicados se han enfocado en la creación de modelos de madurez para la evaluación de producción sostenible e identificación de beneficios intangibles derivados de las prácticas de gestión ambiental. Algunos de estos modelos son *Energy And Utility Management Maturity Model (EUMMM)* y *Capability Maturity Model Integration (CMMI)* (Ngai, Chau, Poon & To, 2013). Además, se destaca el uso de algoritmos evolutivos para la toma de decisiones y comprensión de requisitos de producción sostenible (Meng, Lou, Peng & Prybutok, 2016). Por otra parte, los documentos que hacen parte de este periodo de análisis reconocen que gestión y producción sostenible contribuyen con el mejoramiento de la cultura organizacional y la adopción de una actitud responsable hacia la sociedad y la naturaleza, lo que permite promover los principios de economía verde (Gassiy & Stoikov, 2019).

CONCLUSIONES

La adopción de herramientas de gestión para producción sostenible no es una temática nueva. Sin embargo, hoy en día requiere mayor investigación y desarrollo, pues implica grandes transformaciones a nivel organizacional y en relaciones que se establecen con diferentes *stakeholders*. Estas transformaciones comienzan con cambios en modelos de educación tradicionales, procesos de innovación, tecnologías y herramientas de valoración para la gestión ambiental en entornos productivos. Por ende, es notorio el interés sobre el área de estudio, el cual puede ser analizado con base en el incremento de fuentes de información; instituciones y centros de investigación; redes y autores que generan publicaciones de manera independiente. De aquí que, se genere una necesidad latente para crear estrategias que promuevan la articulación de actores y divulgación eficiente de resultados de investigación en el área de interés.

Las fuentes de información más representativas en publicaciones e impacto académico relacionados con herramientas de gestión para la producción sostenible son *Journal of Cleaner Production, Strategy and the Environment, Journal of Environmental Management, Sustainability (Switzerland), International Journal of Production Research, Environmental Science and Pollution Research* e *International Journal of Production Economics*. Además, se destaca la evolución y generación de clústers que permiten identificar las siguientes tendencias en investigación: decisiones estratégicas para la producción sostenible; modelamiento matemático, algoritmos y simulación en procesos de producción sostenible; gestión de riesgos ambientales; eco-innovación; eco-eficiencia; *Ecological y Life Cycle Assessment*; gestión sostenible de la cadena de suministro; *outsourcing* en gestión sostenible; economía verde y beneficios intangibles de la producción sostenible.

Entre las barreras y limitaciones de la presente investigación, se encuentran la base de datos e indicadores bibliométricos seleccionados (Cantidad, calidad y estructura), para analizar la evolución de publicaciones académicas sobre herramientas de gestión en producción sostenible. A pesar de estas limitaciones, nuestro estudio propone emplear en trabajos futuros las publicaciones contenidas en otras bases de datos como Web of Science y Google Scholar; además, se sugiere considerar otros indicadores bibliométricos como h-index, citas normalizadas, meta-análisis y patrones de colaboración. Otra alternativa de investigación futura, involucra el análisis detallado sobre tópicos, teorías y métodos relacionados con la

temática de interés en diferentes disciplinas del conocimiento, más allá de administración, negocios e ingeniería.

REFERENCIAS

- Abreu, E. S. de, Kimura, H., & Sobreiro, V. A. (2019). What is going on with studies on banking efficiency? *Research in International Business and Finance*, 47, 195-219. <https://doi.org/10.1016/j.ribaf.2018.07.010>
- Alam, M. F., Omar, I. H., & Squires, D. (1996). Sustainable resource use, economic development, and public regulation. *Environmental and Resource Economics*, 7(2), 117-132. <https://doi.org/10.1007/BF00699287>
- Alayón, C., Säfsten, K., & Johansson, G. (2017). Conceptual sustainable production principles in practice: Do they reflect what companies do? *Journal of Cleaner Production*, 141, 693-701. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.09.079>
- Araújo, N., Fraiz-Brea, J. A., Cardoso, L. A., & Matos, A. (2020). Scopus Analysis of the Academic Research Performed by Public Universities in Galicia and North of Portugal. *Information Resources Management Journal (IRMJ)*, 33(1), 16-38. <https://doi.org/10.4018/IRMJ.2020010102>
- Azapagic, A. (2010). Life cycle assessment as a tool for sustainable management of ecosystem services. *Issues in Environmental Science and Technology*, 30, 140-168. Scopus.
- Bar-Ilan, J. (2008). The h-index of h-index and of other informetric topics. *Scientometrics*, 75(3), 591-605. <https://doi.org/10.1007/s11192-007-1880-z>
- Baumgartner, R. J., & Rauter, R. (2017). Strategic perspectives of corporate sustainability management to develop a sustainable organization. *Journal of Cleaner Production*, 140, 81-92. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.04.146>
- Ben-Daya, M., Hassini, E., & Bahrour, Z. (2019). Internet of things and supply chain management: A literature review. *International Journal of Production Research*, 57(15-16), 4719-4742. <https://doi.org/10.1080/00207543.2017.1402140>
- Chen, Y., & Zhao, L. (2019). Exploring the relation between the industrial structure and the eco-environment based on an integrated approach: A case study of Beijing, China. *Ecological Indicators*, 103, 83-93. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2019.04.001>
- Costantini, V., Crespi, F., Marin, G., & Paglialunga, E. (2017). Eco-innovation, sustainable supply chains and environmental performance in European industries. We gratefully acknowledge the support by the European Union's Horizon 2020 research and innovation programme under grant agreement No. 649186 – ISIGrowth. The comments and suggestions by three anonymous referees are also acknowledged. The usual disclaimers apply. *Journal of Cleaner Production*, 155, 141-154. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.09.038>
- de Buck, A. J., Hendrix, E. M. T., & Schoorlemmer, H. B. (1999). Analysing production and environmental risks in arable farming systems: A mathematical approach. *European Journal of Operational Research*, 119(2), 416-426. [https://doi.org/10.1016/S0377-2217\(99\)00143-5](https://doi.org/10.1016/S0377-2217(99)00143-5)
- De Solla Price, D. (1976). A general theory of bibliometric and other cumulative advantage processes. *Journal of the American Society for Information Science*, 27(5), 292-306. <https://doi.org/10.1002/asi.4630270505>
- Du, S., Hu, L., & Song, M. (2016). Production optimization considering environmental performance and preference in the cap-and-trade system. *Journal of Cleaner Production*, 112, 1600-1607. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.08.086>
- Esfahbodi, A., Zhang, Y., & Watson, G. (2016). Sustainable supply chain management in emerging economies: Trade-offs between environmental and cost performance. *International Journal of Production Economics*, 181, 350-366. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2016.02.013>
- Fornacciari, P., Mordonini, M., Nonelli, M., Sani, L., & Tomaiuolo, M. (2017). Knowledge discovery on scopus. 3rd International Workshop on Knowledge Discovery on the WEB, 1959, 1-12. Scopus.
- Friess, D. A., Yando, E. S., Wong, L.-W., & Bhatia, N. (2020). Indicators of scientific value: An under-recognised ecosystem service of coastal and marine habitats. *Ecological Indicators*, 113, 106255. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2020.106255>
- Gassiy, V., & Stoikov, V. (2019). Development of a green economy and environmentally friendly business in Russia. *E3S Web of Conferences*, 110, 02069. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/201911002069>
- Hallam, Cory. R. A., & Contreras, C. (2016). The interrelation of Lean and green manufacturing Practices: A case of push or pull in implementation. 2016 Portland International Conference on Management of Engineering and Technology (PICMET), 1815-1823. <https://doi.org/10.1109/PICMET.2016.7806669>
- Heras, I., & Arana, G. (2010). Alternative models for environmental management in SMEs: The case of Ekoscan vs. ISO 14001. *Journal of Cleaner Production*, 18(8), 726-735. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2010.01.005>
- Hur, T., Kim, I., & Yamamoto, R. (2004). Measurement of green productivity and its improvement. *Journal of Cleaner Production*, 12(7), 673-683. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2003.08.004>
- Husgafvel, R., Watkins, G., Linkosalmi, L., & Dahl, O. (2013). Review of sustainability management initiatives within Finnish forest products industry companies—Translating Eu level steering into proactive initiatives. *Resources, Conservation and Recycling*, 76, 1-11. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2013.04.006>
- Jacobi, P. R., & Giatti, L. (2017). Innovation and Sustainability. *Ambiente & Sociedade*, XX(4). <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=31754711001>
- Kan Yeung, A. W., Tzvetkov, N. T., El-Tawil, O. S., Bungău, S. G., Abdel-Daim, M. M., & Atanasov, A. G. (2019). Antioxidants: Scientific literature landscape analysis. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*, 2019. Scopus. <https://doi.org/10.1155/2019/8278454>
- Kasych, A., Rowland, Z., & Yakovenko, Y. (2019). Modern management tools for sustainable development of mining enterprises. *E3S Web of Conferences*, 123, 01017. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/201912301017>
- Khiste, G. P., & Paithankar, R. R. (2017). Analysis of Bibliometric Term in Scopus. *International Journal of Library Science and Information Management*, 3(3), 81-88.
- Kumar, A., & Kushwaha, G. S. (2018). Humanitarian Logistics: A Review and Scientometric Analysis. *Journal of Information Technology Research (JITR)*, 11(4), 53-71. <https://doi.org/10.4018/JITR.2018100104>
- Kwiek, M. (2016). The European research elite: A cross-national study of highly productive academics in 11 countries. *Higher Education*, 71(3), 379-397. <https://doi.org/10.1007/s10734-015-9910-x>
- Li, W., & Zhao, Y. (2015). Bibliometric analysis of global environmental assessment research in a 20-year period. *Environmental Impact Assessment Review*, 50, 158-166. <https://doi.org/10.1016/j.eiar.2014.09.012>

- Meng, K., Lou, P., Peng, X., & Prybutok, V. (2016). An improved co-evolutionary algorithm for green manufacturing by integration of recovery option selection and disassembly planning for end-of-life products. *International Journal of Production Research*, 54(18), 5567-5593. <https://doi.org/10.1080/00207543.2016.1176263>
- Moher, D., Liberati, A., Tetzlaff, J., Altman, D. G., & PRISMA Group. (2009). Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: The PRISMA statement. *PLoS Medicine*, 6(7). <https://doi.org/10.1371/journal.pmed.1000097>
- Nallusamy, S., Ganesan, M., Balakannan, K., & Shankar, C. (2016). Environmental sustainability evaluation for an automobile manufacturing industry using multi-grade fuzzy approach. *International Journal of Engineering Research in Africa*, 19, 123-129. Scopus. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/JERA.19.123>
- Newcombe, K., & Nichols, E. H. (1979). An integrated ecological approach to agricultural policy-making with reference to the urban fringe: The case of Hong Kong. *Agricultural Systems*, 4(1), 1-27. [https://doi.org/10.1016/0308-521X\(79\)90011-8](https://doi.org/10.1016/0308-521X(79)90011-8)
- Ngai, E. W. T., Chau, D. C. K., Poon, J. K. L., & To, C. K. M. (2013). Energy and utility management maturity model for sustainable manufacturing process. *International Journal of Production Economics*, 146(2), 453-464. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2012.12.018>
- Ng'eno, B., Rogers, B., Mbori-Ngacha, D., Essajee, S., Hrapcak, S., & Modi, S. (2020). Understanding the uptake of prevention of mother-to-child transmission services among adolescent girls in Sub-Saharan Africa: A review of literature. *International Journal of Adolescence and Youth*, 25(1), 585-598. <https://doi.org/10.1080/02673843.2019.1699124>
- Nirachanon, A., & Smith, D. R. (2013). A Simple Method to Map an Institutional Research landscape using Cytoscape. *Biosciences Biotechnology Research Asia*, 10(1), 85-88. <https://doi.org/10.13005/bbra/1096>
- Norton, B. G. (1990). Context and hierarchy in Aldo Leopold's theory of environmental management. *Ecological Economics*, 2(2), 119-127. [https://doi.org/10.1016/0921-8009\(90\)90003-D](https://doi.org/10.1016/0921-8009(90)90003-D)
- Osterloh, M., & Frey, B. S. (2020). How to avoid borrowed plumes in academia. *Research Policy*, 49(1), 103831. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2019.103831>
- Rajeev, A., Pati, R. K., Padhi, S. S., & Govindan, K. (2017). Evolution of sustainability in supply chain management: A literature review. *Journal of Cleaner Production*, 162, 299-314. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.05.026>
- Rau, J. R. (2011). ¿Siguen la producción de artículos ISI de los ecólogos chilenos (sensu lato) la ley de Lotka (1926)? *Revista chilena de historia natural*, 84(2), 213-216. <https://doi.org/10.4067/S0716-078X2011000200007>
- Redeker, G. A., Kessler, G. Z., & Kipper, L. M. (2019). Lean information for lean communication: Analysis of concepts, tools, references, and terms. *International Journal of Information Management*, 47, 31-43. <https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2018.12.018>
- Seliger, G., Schumann, S., Meyer, M., & Eggenstein, M. (2001). Integrating environmental considerations into modern engineering education. *Proceedings Second International Symposium on Environmentally Conscious Design and Inverse Manufacturing*, 635-641. <https://doi.org/10.1109/ECODIM.2001.992438>
- Silva, S. D., Perlin, M., Matsushita, R., Santos, A. A., Imasato, T., & Borenstein, D. (2018). Lotka's law for the Brazilian scientific output published in journals: *Journal of Information Science*. <https://doi.org/10.1177/0165551518801813>
- Spirinckx, C., & Meozzi, P. G. (1998). *Cleaner production: A guide to information sources*. 145-154. Scopus.
- Starik, M., & Kanashiro, P. (2013). Toward a Theory of Sustainability Management: Uncovering and Integrating the Nearly Obvious. *Organization & Environment*, 26(1), 7-30. <https://doi.org/10.1177/1086026612474958>
- Starik, M., Stubbs, W., & Benn, S. (2016). Synthesising environmental and socio-economic sustainability models: A multi-level approach for advancing integrated sustainability research and practice. *Australasian Journal of Environmental Management*, 23(4), 402-425. <https://doi.org/10.1080/14486563.2016.1188425>
- Sweileh, W. M. (2019). A bibliometric analysis of human strongyloidiasis research (1968 to 2017). *Tropical Diseases, Travel Medicine and Vaccines*, 5(1), 24. <https://doi.org/10.1186/s40794-019-0100-1>
- Szklarczyk, D., Morris, J. H., Cook, H., Kuhn, M., Wyder, S., Simonovic, M., Santos, A., Doncheva, N. T., Roth, A., Bork, P., Jensen, L. J., & von Mering, C. (2017). The STRING database in 2017: Quality-controlled protein-protein association networks, made broadly accessible. *Nucleic Acids Research*, 45(D1), D362-D368. <https://doi.org/10.1093/nar/gkw937>
- Tanaka, K., & Sakata, I. (2016). New bibliometric analysis of research institutions network. 2016 Portland International Conference on Management of Engineering and Technology (PICMET), 429-439. <https://doi.org/10.1109/PICMET.2016.7806730>
- Valencia, A., Montoya, I., & Montoya Restrepo, A. (2016). Intención emprendedora en estudiantes universitarios: Un estudio bibliométrico. *Intangible Capital*, 12(4), 881. <https://doi.org/10.3926/ic.730>
- Velasco, B., Bouza, J. M., Pinilla, J. M., & Román, J. A. S. (2012). La utilización de los indicadores bibliométricos para evaluar la actividad investigadora [Http://purl.org/dc/dcmitype/Text]. *Aula abierta*. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3920967>
- Watz, M., & Hallstedt, S. I. (2020). Profile model for management of sustainability integration in engineering design requirements. *Journal of Cleaner Production*, 247, 119155. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.119155>
- Williams, A., Kennedy, S., Philipp, F., & Whiteman, G. (2017). Systems thinking: A review of sustainability management research. *Journal of Cleaner Production*, 148, 866-881. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.02.002>
- Wollmann, D., & Tortato, U. (2019). Proposal for a model to hierarchize strategic decisions according to criteria of value innovation, sustainability and budgetary constraint. *Journal of Cleaner Production*, 231, 278-289. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.05.190>