

Estudio de las tendencias de investigación con respecto al tratamiento y aprovechamiento de los residuos sólidos municipales: un análisis bibliométrico aplicado

Jenny Fabiana Gaviria-Cuevas ^{1*}

¹ Universidad del Valle. Calle 13 No. 100-00 Cali, Colombia

* Autor de correspondencia: Jenny.gaviria@correounivalle.edu.co. 3212100 ext 2167.

Recibido: 18 de Septiembre de 2019

Aceptado: 05 de Noviembre de 2019.

Resumen: De acuerdo con las estadísticas del Banco Mundial, se estima que la cantidad anual generada de Residuos Sólidos Municipales - RSM en el mundo para el año 2014 fue de 1.3 billones de toneladas, con posibilidad de incrementarse a 2.2 billones para el año 2025. La proporción predominante de los RSM corresponde a los residuos sólidos orgánicos o Biorresiduos que se definen como los residuos orgánicos biodegradables de origen vegetal y/o animal, susceptibles de degradarse biológicamente y que son generados en el ámbito domiciliario y comercial tal como lo planteó la Unión Europea en su directiva 2008/98/CE. Es así como Waste to Energy - WtE se convierte en un área prometedora para el posible aprovechamiento energético de los RSM a nivel mundial, ya que constituye un eslabón en las cadenas de suministro de producción y servicios ya que de acuerdo con los principios de economía circular es necesario mantener mayor tiempo los residuos generados dentro de la cadena con preferencia por las prácticas como el reciclaje y el aprovechamiento. En la búsqueda por conocer las tendencias de avance de WtE como área de conocimiento, se utilizan procesos como la vigilancia tecnológica que se sustenta en disciplinas sistemáticas como lo son la bibliometría con el objetivo de establecer el estado de avance de un área de conocimiento determinada comenzando por establecer una ruta de búsqueda bibliográfica en bases de datos indexadas, donde se utiliza una ecuación de búsqueda compuesta por palabras clave complementada por conectores booleanos. Posteriormente, estas búsquedas se introducen en software especializados de código libre como lo son Vosviewer® y SciMAT® para facilitar el cálculo de los principales indicadores bibliométricos (relevancia de autores, temáticas y revistas destacadas) y finalmente establecer mapas estratégicos de desarrollo de campos de investigación relacionados. Como resultado final se establece que existe un amplio interés en enfocarse en el área de las decisiones frente a la selección de tecnologías WtE aplicadas en el contexto de la biomasa o biorresiduos, incluyendo áreas de análisis técnico-económicas para la planeación urbana del tratamiento y aprovechamiento de los RSM alineados con los planes institucionales.

Palabras clave: Bibliometría; Aprovechamiento energético; Residuos Sólidos Urbanos; SciMAT; VosViewer.

Study of research trends with relation to the treatment and utilization of municipal solid waste: an applied bibliometric analysis

Abstract: According to World Bank statistics, it is estimated that the annual amount of Municipal Solid Waste - RSM generated in the world by 2014 was 1.3 billion tons, with the possibility of increasing to 2.2 billion tons by 2025. The predominant proportion of RSM corresponds to organic solid waste or bio-waste, which is defined as biodegradable organic waste of vegetable and/or animal origin, susceptible to biological degradation and which is generated in the domestic and commercial environment as proposed by the European Union in its directive 2008/98/CE. This is how Waste to Energy - WtE becomes a promising area for the possible energy use of RSM worldwide, as it is a link in the supply chains of production and services because according to the principles of circular economy it is necessary to keep more time the waste generated within the chain with preference for practices such as recycling and use. In the search to know the WtE advance tendencies as a knowledge area, processes such as technological surveillance are used, which is based on systematic disciplines such as bibliometrics, with the objective of establishing the advance state of a determined knowledge area, starting by establishing a bibliographic search route in indexed databases, where a search equation composed of key words complemented by Boolean connectors is used. Subsequently, these searches are introduced into specialized open-source software such as Vosviewer® and SciMAT® to facilitate the calculation of the main bibliometric indicators (relevance of authors, topics and leading journals) and finally establish strategic maps for the development of related research fields. As a final result, it is established that there is a wide interest in focusing on the area of decisions regarding the selection of WtE technologies applied in the context of biomass or biowaste, including areas of technical-economic analysis for urban planning of treatment and use of RSM aligned with institutional plans.

Keywords: Bibliometry, Energy use, Urban Solid Waste, SciMAT, VosViewer.

Introducción

La tecnología constituye un medio de avance en diferentes campos científicos de investigación por medio del uso de bases de datos indexadas, buscadores y metabuscadores que reúnen información común y especializada relacionada con un tema específico.

El fenómeno llamado infoxicación o sobrecarga informativa está llevando al desaprovechamiento de la información disponible y es claro que el manejo de los medio de comunicación con lo que se cuenta representen un espacio de reflexión, investigación y formulación de propuestas de investigación procurar la comunión universal y la competencia sana por el conocimiento de cuerdo como lo plantea Aguaded, (2014).

Una de las formas de evitar y tratar el exceso de información disponible es el uso de la bibliometría, que como subdisciplina de la cienciometría estudia los aspectos cuantitativos de la producción, diseminación y uso de la información registrada, a cuyo efecto desarrolla modelos y medidas matemáticas que, a su vez, sirven para hacer pronósticos y tomar decisiones en torno a dichos procesos.(Araújo Ruiz & Arencibia Jorge, 2002; Escorcía, 2008; Escorsa, Maspons, & Rodriguez, 2000).

Es por ello que la vigilancia tecnológica se sustenta principalmente en la bibliometría para analizar grandes grupos de datos referentes a la producción científica de una nación; una vez seleccionados los documentos y estructurada una base de datos de artículos científicos se procede a calcular diversos indicadores bibliométricos que permiten un acercamiento a las tendencias emergentes y decadentes del desarrollo tecnológico de un área de investigación para anticiparse o desarrollar técnicas y estudios que respondan a una brecha identificada (Villamizar y Chaparro, 2016). Con base en estos antecedentes y haciendo uso de la bibliometría, en el presente artículo se tiene un interés por conocer la evolución de los tratamientos aplicados a los Residuos Sólidos Municipales – RSM con fines de reutilización y aprovechamiento energético de los mismos.

El tema del tratamiento de los RSM es conocido como una prioridad que está trayendo conciencia en la población mundial en cuando a su generación y las acciones de prevención, sin embargo de acuerdo con lo reportado por el Banco Mundial en su informe *What a Waste 2.0, en el mundo se generan anualmente 2010 millones de toneladas de desechos sólidos municipales y al menos el 33 % de ellos no se gestionan sin riesgo para el medio ambiente* (World Bank Group, 2018). Así que, debido a esta situación, esta misma entidad estima que la cantidad de RSM aumente aproximadamente en un 70% en los próximos 30 años.

Waste to Energy se define como la generación de energía en forma de calor o energía eléctrica a partir de residuos y por su acrónimo en ingles se le conoce como WtE. Esta área como tendencia global es de mayor aplicación en países desarrollados como Alemania, Japón, China, Italia y Francia (Kumar y Samadder, 2017); sin embargo, en países en desarrollo está en investigación y existen diferentes aplicaciones a nivel laboratorio y planta piloto, especialmente aplicado para el aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos que a nivel mundial representa el 46% sobre el total de residuos generados.

Es por lo anterior, que en este trabajo de investigación se hace uso de la bibliometría como disciplina de apoyo para conocer tendencias y posibles brechas de investigación en lo relacionado con el aprovechamiento energético de los residuos orgánicos, esto se logró mediante el uso de software especializado como lo es Vosviewer® y SciMAT®, sistemas informáticos que permiten identificar la correlación y coocurrencia de términos clave, autores y revistas líderes en este campo de investigación.

Materiales y Métodos

La estrategia metodológica para desarrollar este estudio se dividió en tres etapas: i) la recopilación de la información mediante ecuaciones de búsqueda, selección de bases de datos indexadas y la conformación de una base de datos única a través de hoja electrónica con la extensión “.csv, ii) elaboración de mapas tecnológicos a través de VosViewer® para finalmente, iii) estructurar el proceso de vigilancia mediante el uso de indicadores bibliométricos. Esta metodología se sustenta en lo investigado por Huang, Keisler y Linkov, 2011; Villamizar y Chaparro, 2016).

Recopilación de la información

Bases de datos indexadas: En la Tabla 1 se presenta un resumen de las bases de datos utilizadas en este ejercicio académico.

Tabla 1. Bases de datos consultadas.

BBDD	Temática	Cobertura geográfica	Cobertura temporal	Numero de revistas
Web of Science ó ISI Web	Multidisciplinar con aproximadamente 230 disciplinas de la ciencia, ciencias sociales, artes y humanidades	Mundial	desde 1945	8,700 revistas de ciencia, tecnología, ciencias sociales, artes, y humanidades: Science Citation Index (SCI)
SCOPUS	Ciencias, tecnología, medicina y ciencias sociales, incluyendo artes y humanidad	Mundial	desde 1966	16.500 revistas áreas de ciencias, tecnología, medicina y ciencias sociales, incluyendo artes y humanidades
SCIELO	Ciencias agrícolas, biológicas, de la salud, exactas y de la tierra, sociales aplicadas, humanidades, ingenierías y lingüística, letras y artes.	Actualmente participan en la red SciELO los siguientes países: Sudáfrica, Argentina, Brasil, Chile, Colombia, Costa Rica, Cuba, España, México, Perú, Portugal, Venezuela; Bolivia, Paraguay y Uruguay. ³	desde 1998	1249

Criterios de búsqueda: En cuanto a los criterios de búsqueda se seleccionaron los siguientes:

- Horizonte de tiempo: período comprendido entre 2015 y 2020.
- El tipo de publicación científica se redujo para artículos de investigación.
- Las palabras clave seleccionadas fueron: *waste to energy, technology selection, economic analysis y physicochemical analysis*. Todas las palabras fueron utilizadas en idioma inglés debido a que la mayoría de las bases de datos tiene los artículos consignados en este idioma.
- La ecuación de búsqueda definida para este estudio fue conformada mediante los conectores booleanos AND y OR así: *waste to energy AND technology selection AND economic analysis OR physicochemical analysis*

Conformación de bases de datos: en hoja electrónica se conformó una base de datos con 207 artículos científicos de acuerdo con el horizonte de tiempo establecido. La temática común de estos documentos es el WtE con sus diferentes aplicaciones; los campos de título que se tuvieron en cuenta son: título, autores, revista, año de publicación, abstract, palabras clave y numero de citas.

Elaboración de mapas tecnológicos

Los pasos metodológicos que se siguieron para graficar la información bibliográfica se reportan en la Figura 1.

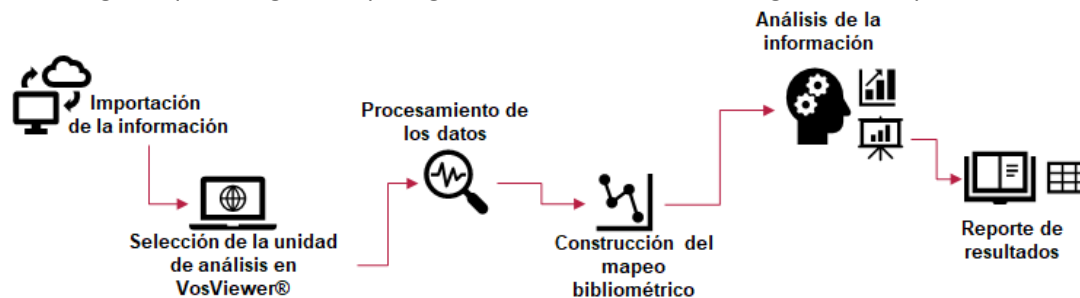


Figura 1. Pasos metodológicos.

Importación de la información: la base de datos de los 207 artículos consignados en hoja electrónica se guardó como formato “.csv” para que genere compatibilidad con VosViewer®. Este software soporta archivos directamente de las bases de datos con sus respectivas extensiones, sin embargo, se eligió consolidar en hoja electrónica todos los documentos para integrar la información obtenida en SCOPUS, Web of Science y Scielo de una manera conjunta.

Selección de la unidad de análisis en VosViewer®: las unidades de análisis para este caso fueron las palabras clave, los autores y las revistas con el fin de estructurar de manera analítica la línea conceptual del campo científico aquí estudiado, así como su dimensión nacional e internacional.

Procesamiento de los datos: una vez la información de la hoja electrónica está consignada en VosViewer® se procede a depurar autores duplicados y palabras clave que estén igualmente duplicadas o que por conocimiento del analista de la información se puedan agrupar en un término común.

Construcción del mapeo bibliométrico: en este paso se generan las redes de co-ocurrencia tanto para las palabras clave, como para los autores, igualmente, estas redes se complementan con gráficos elaborados en hoja electrónica porque se puede profundizar en determinada información y agregar el análisis por medio de tablas y gráficos dinámicos.

Análisis de la información: corresponde al reporte de los resultados globales de la búsqueda bibliográfica por medio de los siguientes indicadores bibliométricos: i) indicadores de producción (citaciones por autor, por palabra clave y por revista). ii) Indicadores de colaboración para los autores procedentes de la búsqueda y iii) la construcción del diagrama estratégico por medio del plano que cruza la densidad y la centralidad de los términos co-ocurrentes procedentes de la búsqueda bibliográfica. Este último se construyó mediante el software SciMAT (Science Mapping Analysis software Tool), herramienta de código libre y útil para analizar la evolución social, intelectual y conceptual de un campo científico.

La centralidad mide el grado de interacción y la fuerza de los vínculos externos a otros temas de investigación. La densidad mide la fuerza de los lazos internos entre todas las palabra clave que describen el tema de investigación (Cobo, 2011; Villamizar y Chaparro, 2016)

Reporte de resultados y discusión: espacio donde se reportan las gráficas y análisis elaborados mediante el uso de las anteriores herramientas para finalmente obtener un acercamiento al tema de investigación e interpretar su aplicabilidad a nivel académico e industrial.

Resultados y Discusión

Indicadores bibliométricos

En cuanto a los indicadores bibliométricos se obtuvieron los siguientes reportes a partir de la búsqueda bibliográfica realizada:

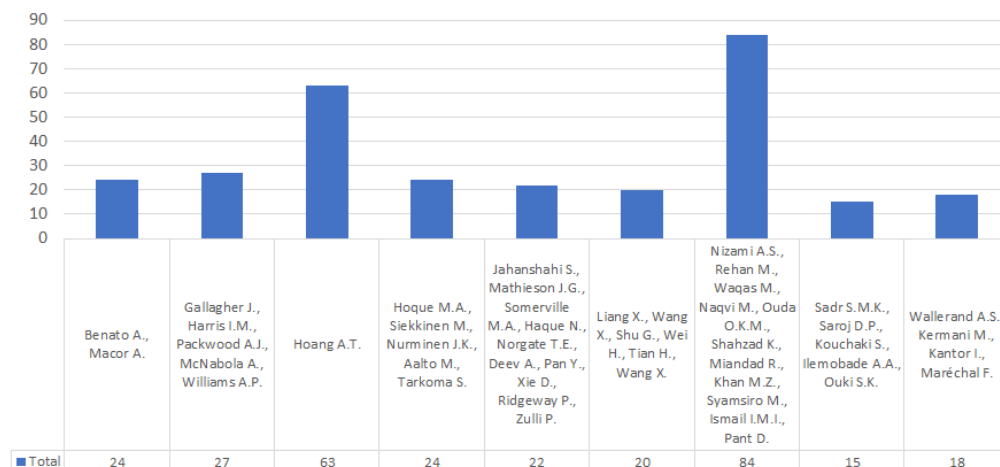


Figura 2. Autores destacados por número de citación.

Para este caso se escogió incluir en la gráfica los autores con más de 15 citaciones, lo que indica que pueden ser un referente en futuras consultas para el desarrollo del trabajo de grado por tanto, esta información se complementa con las palabras clave asociadas a estos autores de acuerdo a la Figura 2, así como también hubo interés en conocer los años de publicación y las revistas asociadas.

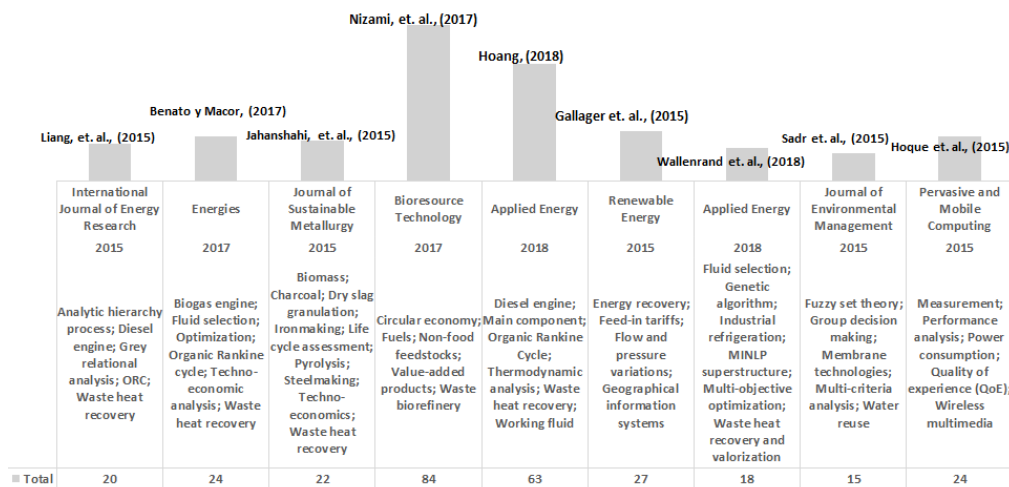


Figura 3. Autores destacados por número de citación, palabras clave y año de publicación

A partir de estos resultados se infiere que hay un trabajo importante en temáticas como la economía circular, recuperación energética a partir de residuos y estudios de investigación en generadores eléctricos, análisis termodinámicos

En cuanto a herramientas de análisis se destacan trabajos como el de Liang et al., (2015) donde usa métodos multicriterio como AHP (Analytic Hierarchy Process), análisis relacional como soporte a la toma de decisiones en cuanto a recuperación energética a partir de residuos. Igualmente, la optimización ha sido usada para el control en la generación de biogás y tratamiento de las biomásas (Benato y Macor, 2017; Nizami et al., 2017), así como también el manejo de heurísticas y teoría difusa para el análisis de estas decisiones ambientales (Sadr, Saroj, Kouchaki, Ilemobade y Ouki, 2015; Wallerand, Kermani, Voillat, Kantor y Maréchal, 2018).

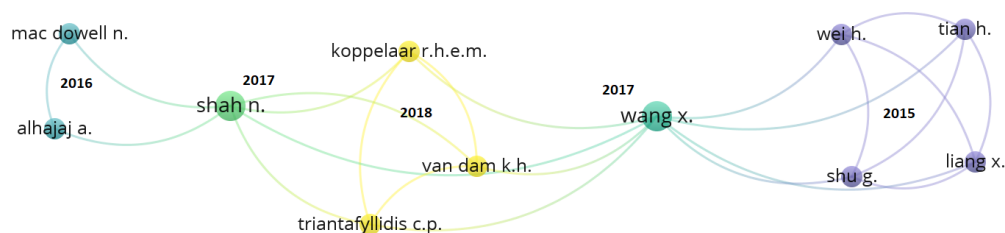


Figura 4. Autores en colaboración identificados en la búsqueda

La Figura 4, reporta que, de todos los autores identificados en la búsqueda, sólo 11 autores estarían relacionados con temáticas o trabajos de colaboración en común, en la Figura se especifican por fechas de publicación de sus documentos; los arcos de unión representan la colaboración entre autores.

Este gráfico se complementa con la Figura 5, Figura 6, Figura 7, donde se especifican los trabajos en conjunto de los 11 autores separados por cada tipo de cluster.

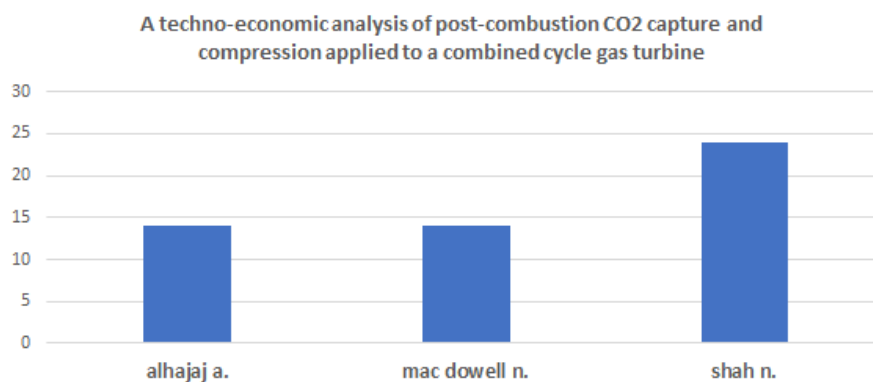


Figura 5. Clúster 1 de autores correlacionados

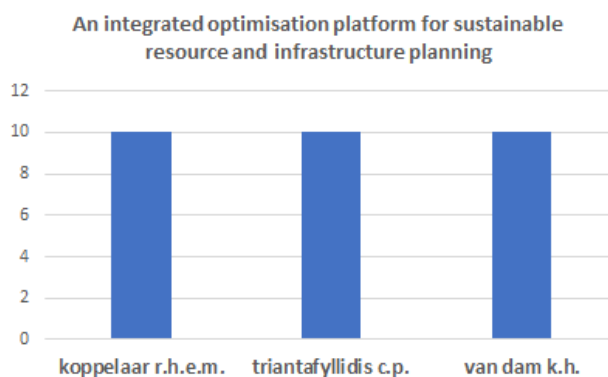


Figura 6. Clúster 2 de autores correlacionados

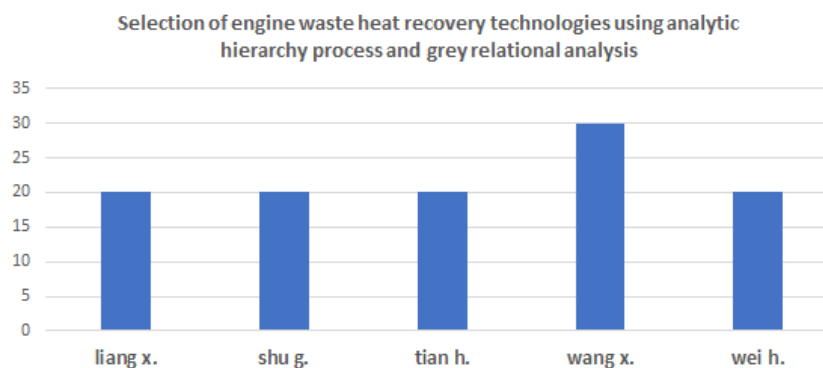


Figura 7. Clúster 3 de autores correlacionados

El tamaño de las barras indica el número de citas que tienen los autores en sus documentos relacionados. De estos resultados cabe resaltar que existe un interés en temáticas relacionadas con la evaluación técnico-económica y la selección de sistemas de aprovechamiento sostenibles a través del uso de herramientas multicriterio como es el caso de AHP (Analytic Hierarchy Process).

Para hacer una lectura de tendencia a partir de la búsqueda actual, se procede a identificar a partir de la red de la Figura 8 los términos de mayor coocurrencia que servirán de soporte para definir temas de investigación posibles de abordar en el campo de la Ingeniería aplicados en el ámbito de decisiones ambientales como es el caso de los sistemas de aprovechamiento energético a partir de residuos orgánicos - Waste to Energy, por sus siglas en inglés.



Figura 8. Red de palabras clave en coocurrencia

Dentro de cada clúster o agrupación se definen las palabras de mayor ocurrencia de acuerdo con el tamaño de las circunferencias. A partir de esto se identifican las tendencias temáticas de trabajo de mayor aparición en la literatura.

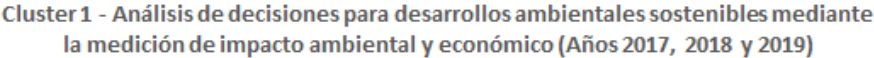


Figura 9. Clúster 1 de palabras en coocurrencia

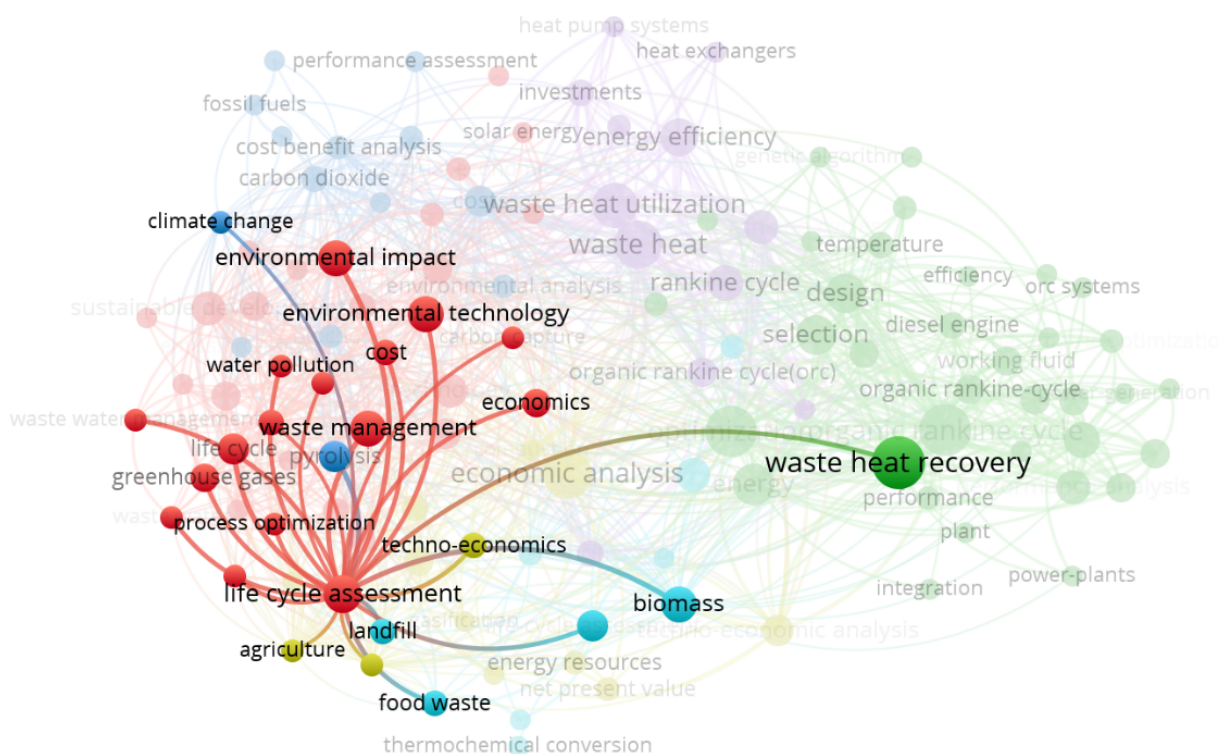


Figura 10. Red 1 de palabras en coocurrencia

A partir de la Figura 9 y la Figura 10 se observa en los últimos tres años (2017, 2018 y 2019) se evidencia la tendencia en los análisis de decisiones para contextos ambientales con fines de recuperación de energía, pasando por análisis de ciclo de vida, técnico-económico, procesos de optimización y de decisiones aplicado a partir de residuos como los provenientes de la agricultura y los residuos de alimentos.

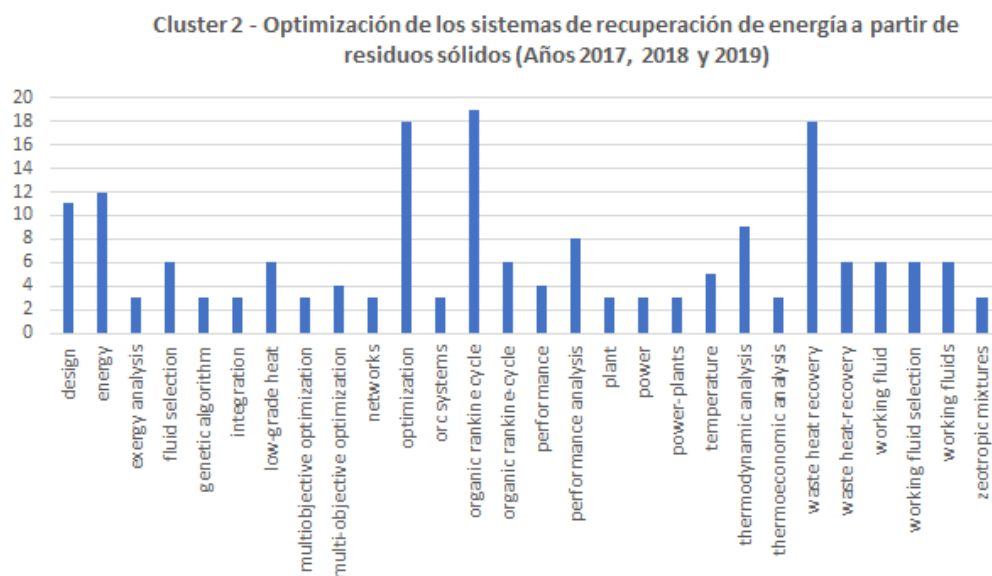


Figura 11. Clúster 2 de palabras en coocurrencia

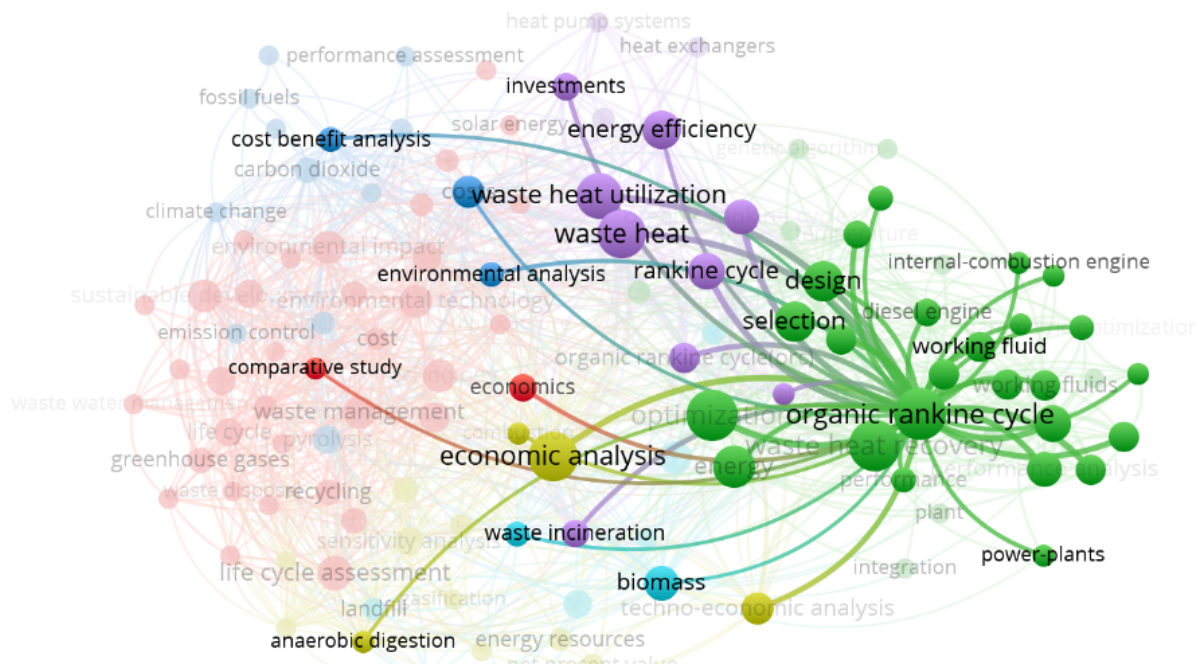


Figura 12. Red 2 de palabras en coocurrencia

El análisis de los sistemas energéticos comprende aspectos técnicos, económicos, ambientales y según esta búsqueda, los sistemas como el ciclo de Rankine están en fuerte aplicación a sistemas WtE como la digestión anaerobia y la incineración; la materia prima de énfasis es la biomasa (Figura 11 y Figura 12).

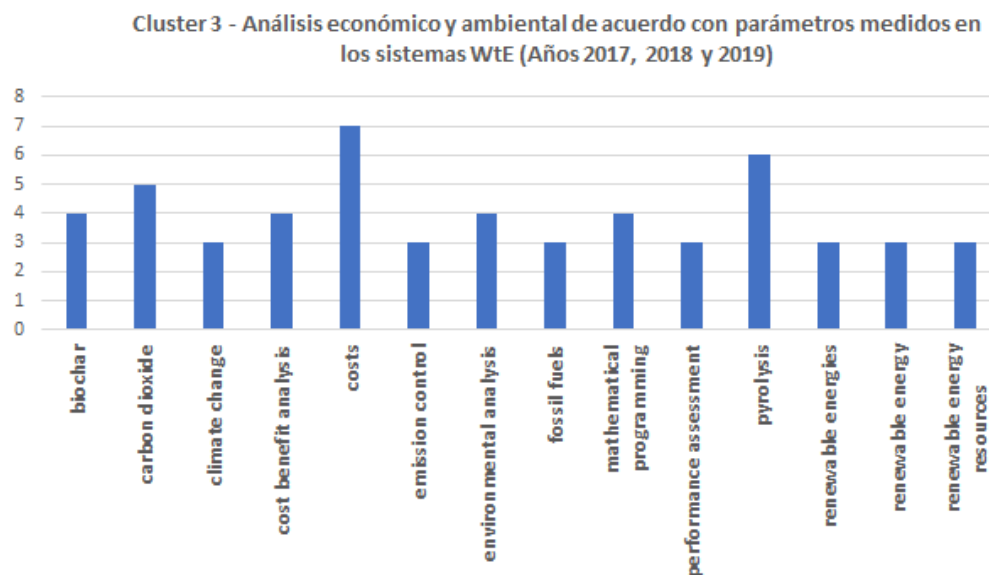


Figura 13. Clúster 3 de palabras en coocurrencia

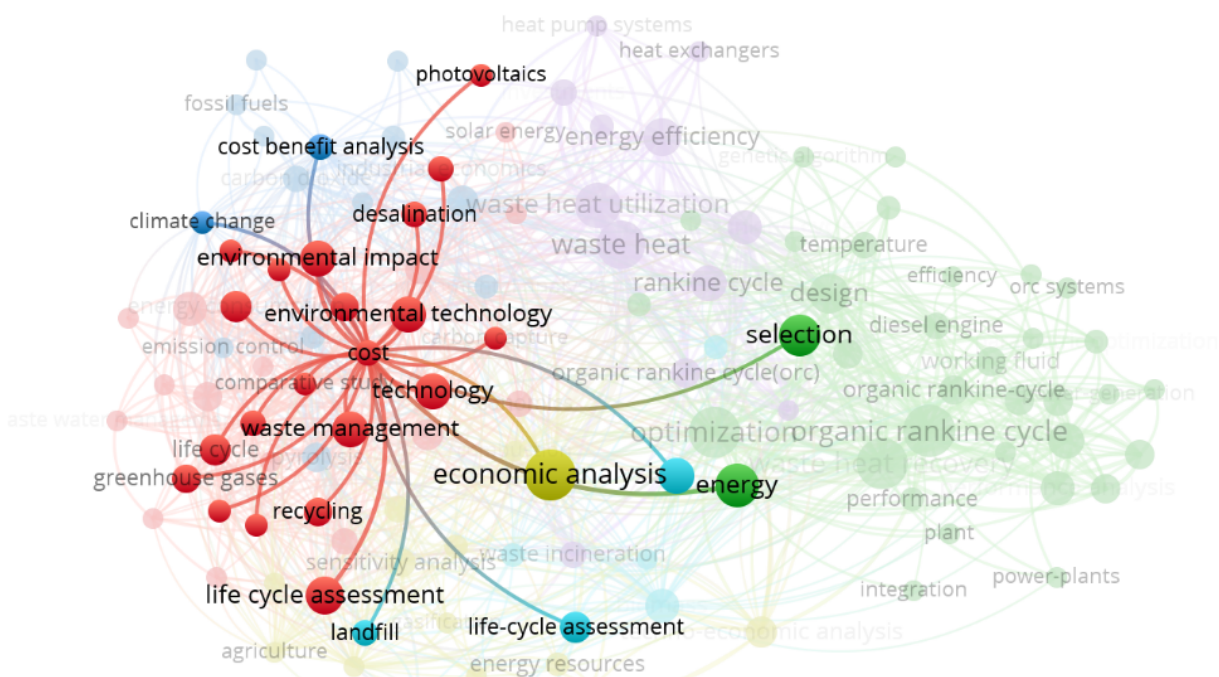


Figura 14. Red 3 de palabras en coocurrencia

La palabra costo, como término de mayor ocurrencia está como base de selección de tecnologías ambientales de aprovechamiento energético, opciones de reciclaje y análisis de ciclo de vida teniendo en cuenta los parámetros de medición de este tipo de tecnología para el tratamiento de residuos sólidos (Figura 13 y Figura 14).

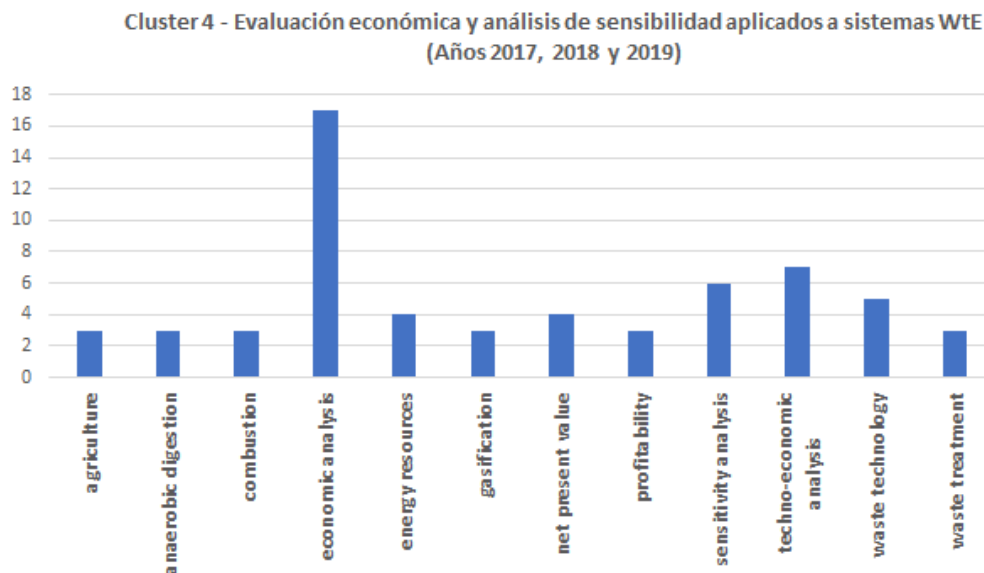


Figura 15. Clúster 4 de palabras en coocurrencia

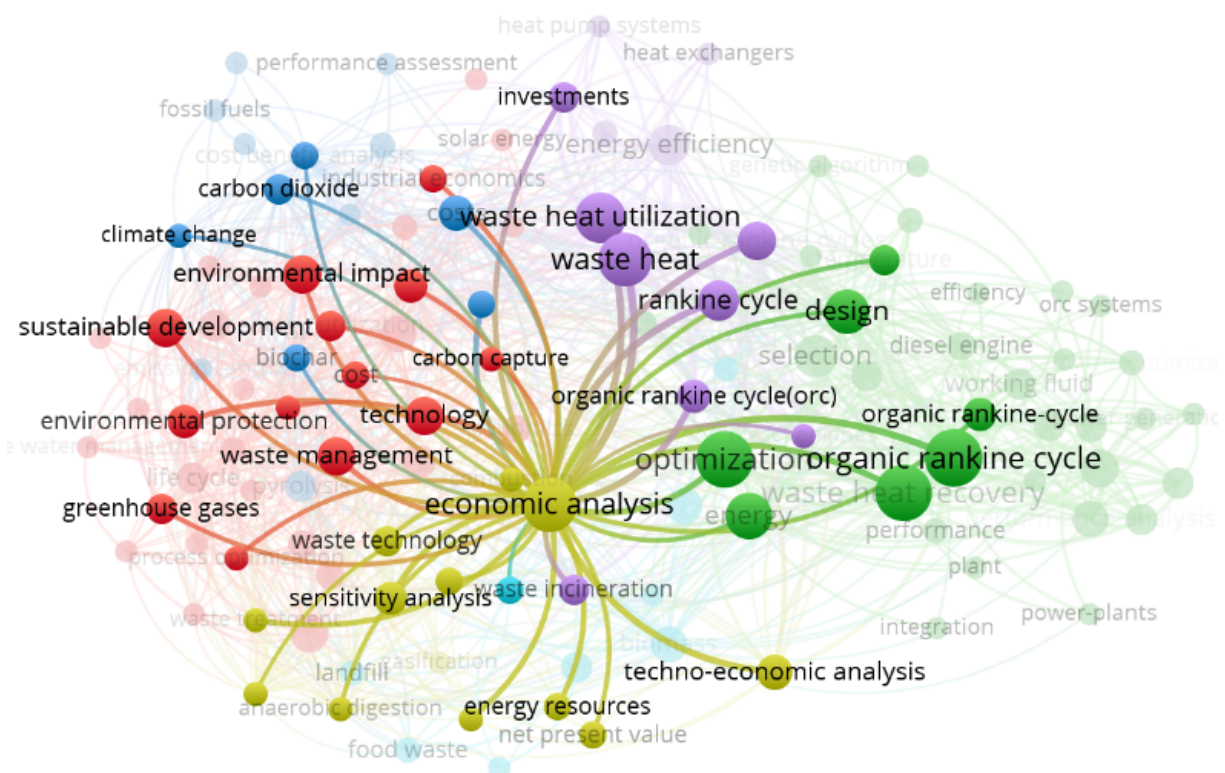


Figura 16. Red 4 de palabras en coocurrencia

Los análisis económicos son ampliamente utilizados para determinar la prefactibilidad y factibilidad de sistemas ambientales de aprovechamiento energéticos de los residuos sólidos; constituye también el fundamento y el medio para el diseño de tecnologías WtE complementado con el análisis de sensibilidad para evaluar diferentes escenarios viabilidad en términos técnico-económicos (Figura 15 y Figura 16).



Figura 17. Clúster 5 de palabras en coocurrencia

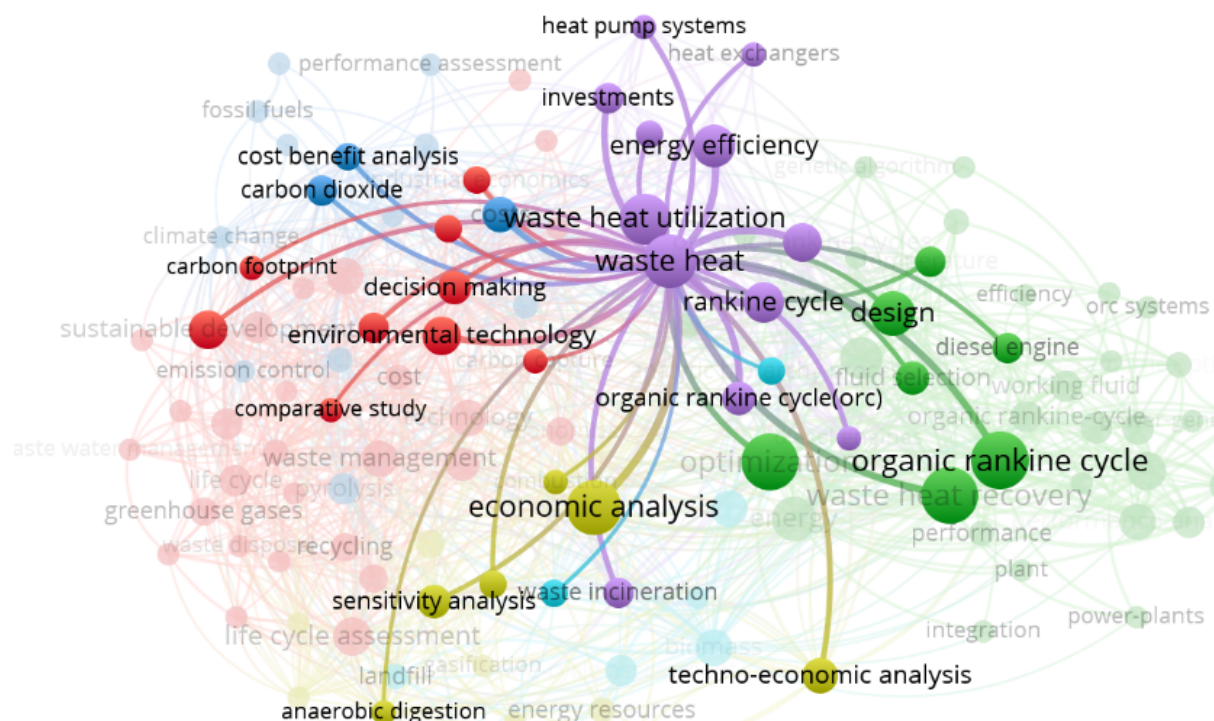


Figura 18. Red 5 de palabras en coocurrencia

Quando se hace énfasis en la generación de calor o potencial calorífico de los residuos sólidos se observa las áreas de interés que apoyan estas decisiones como la medición de parámetros ambientales, los análisis costo/beneficio y la toma de decisiones para posibles elecciones de tecnología WtE a aplicar como la digestión anaerobia (Figura 17 y Figura 18).

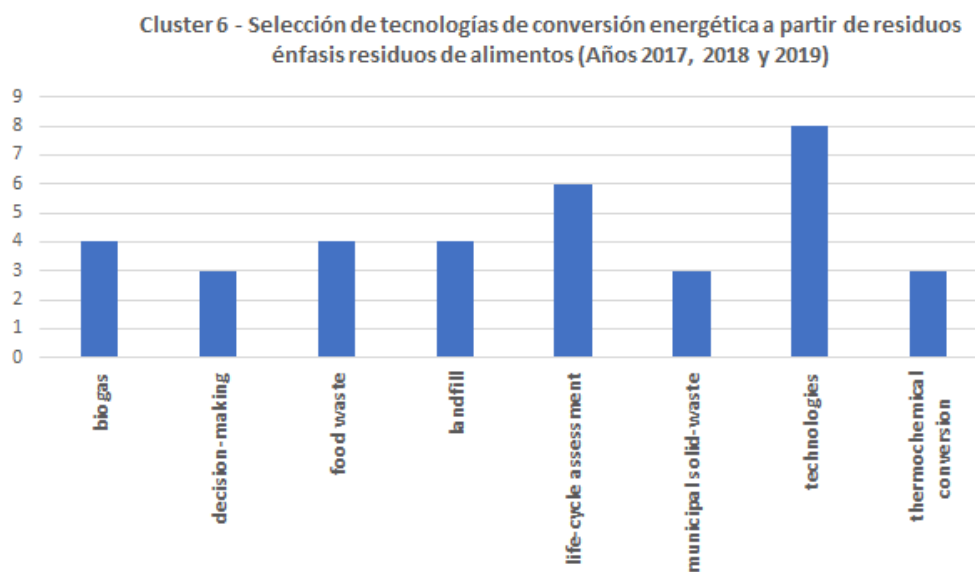


Figura 19. Clúster 6 de palabras en coocurrencia

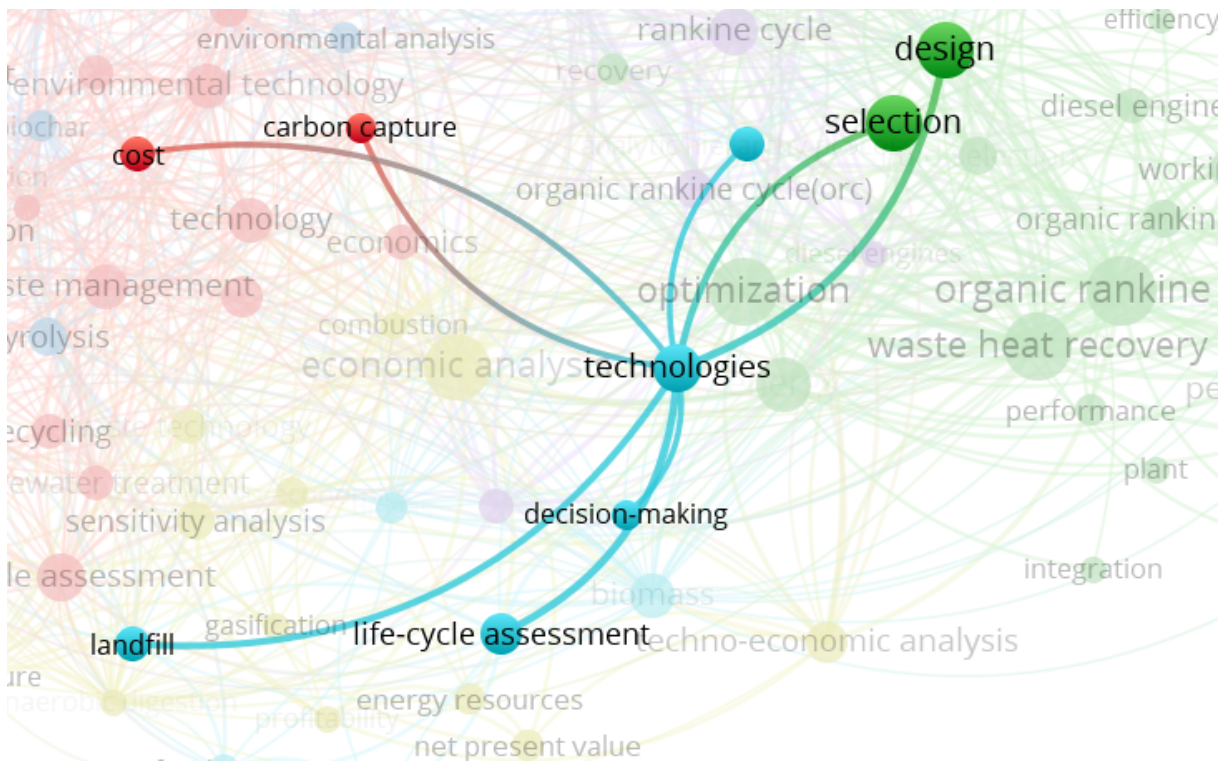


Figura 20. Red 6 de palabras en coocurrencia

Lo concerniente a tecnologías como término de principal ocurrencia en este cluster, están como principales tendencias la selección y el diseño de las mismas, así como su aplicación en contextos como los rellenos sanitarios, apoyándose en el análisis de costos y su ciclo de vida (Figura 19 y Figura 20).

A continuación, se presentan las revistas de mayor citación de acuerdo con la búsqueda realizada donde se integran las bases de datos SCOPUS, SCIELO Y WoS. Las revistas destacadas son Applied Energy y Bioresource Technology con un indicador h-index de 162 y 251 respectivamente. Este tipo de consulta es útil para determinar el journal de futura publicación o la consulta de los artículos de este tipo de revista como vanguardia en el tema de interés Figura 21.

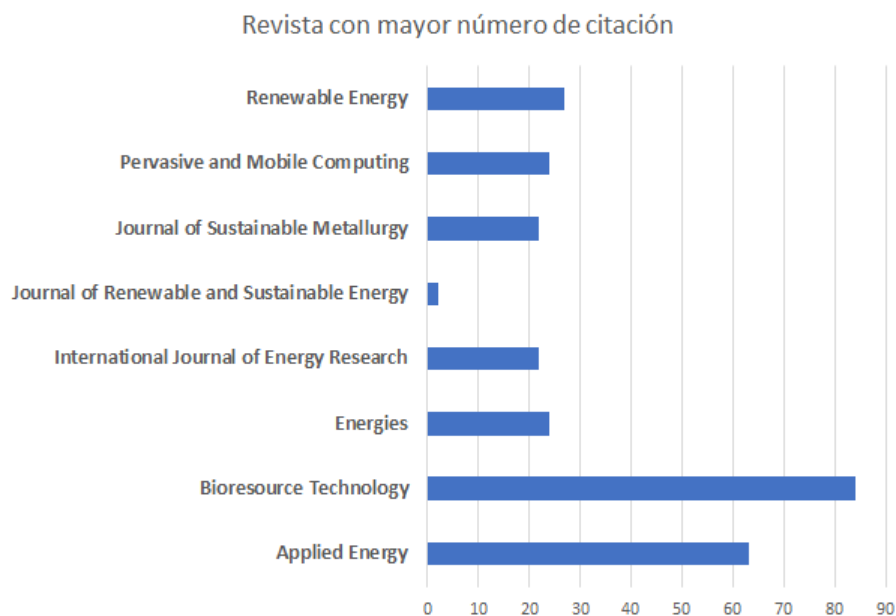


Figura 21. Revistas identificadas por número de citación.

Diagrama estratégico de la información

Mediante el diagrama de la Figura 22 se construyó el análisis de densidad y centralidad aplicado a la búsqueda realizada.

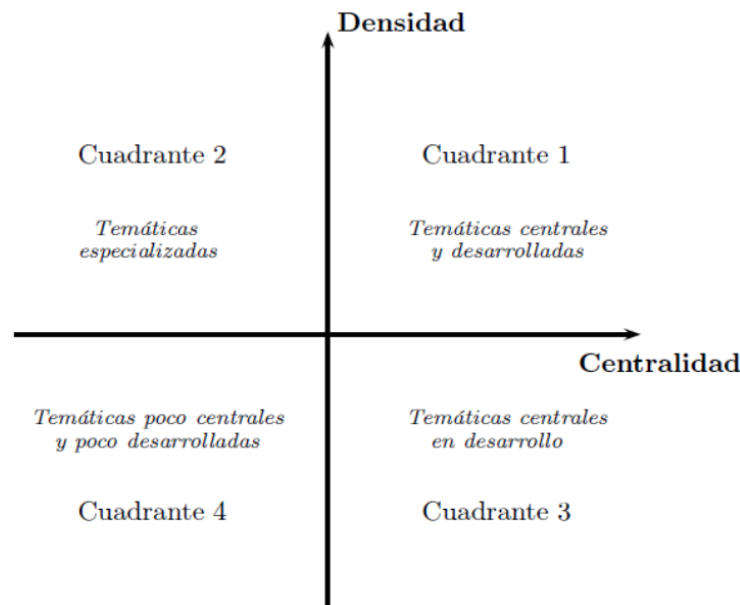


Figura 22. Mapa base de Densidad vs. Centralidad para lectura de resultados.

El cuadrante 1 muestra los temas desarrollados y ampliamente investigados, el cuadrante 2 muestra los términos de investigaciones especializadas, el cuadrante 3 muestra las temáticas que se encuentran en desarrollo e investigación y finalmente, el cuadrante 4 permite identificar las posibles brechas o temas que pueden requerir una profundización de investigación.

En la Figura 23, se muestra la aplicación de este diagrama para la búsqueda realizada.

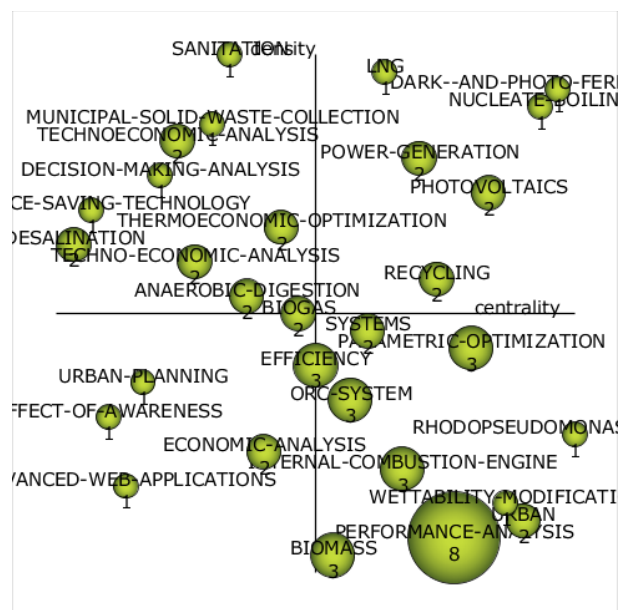


Figura 23. Mapa base de Densidad vs. Centralidad aplicado

Una vez se han sectorizado los términos procedentes de la búsqueda bibliográfica, se realiza su lectura: las investigaciones más desarrolladas tienen que ver con la fuente de energía renovable proveniente de la energía fotovoltaica y por otro lado se evidencia la tendencia del uso de prácticas como el reciclaje en vista de promover el reúso de materiales antes de que vayan a disposición final.

Dentro de las temáticas especializadas se destacan los trabajos elaborados en torno a la digestión anaerobia como método de obtención de biogás y energía eléctrica y térmica para conducir el aprovechamiento de los residuos sólidos municipales, así mismo se evidencia el uso de análisis de viabilidad por medio de la evaluación técnico-económica de las tecnologías disponibles.

Hay una fuerte tendencia en investigación de sistemas de generación de energía eléctrica mediante el aprovechamiento de la biomasa valiéndose de herramientas como la optimización analizando en especial el contexto urbano. Finalmente, existe una oportunidad de enfoque en temas poco tratados o aplicados en contextos ambientales concernientes a la planeación urbana, análisis económicos en términos de análisis ambiental en cuanto al análisis y selección de tecnologías de generación de energía en forma de calor o electricidad.

Conclusiones

Optar por el índice de citación para identificar la relevancia de un autor o revista se consideró de mayor utilidad para entender en cuáles temáticas se han interesado otros autores como consecuencia de los trabajos hasta el momento realizados y así distinguir la ruta de profundización que viene siguiendo cada campo de investigación relacionado con el WtE.

Uno de los comunes denominadores de alta relevancia en la búsqueda literaria son los residuos de alimentos como sustrato o materia prima para aplicaciones de WtE, con especial énfasis en la generación de energía eléctrica.

La red de autores correlacionados no es lo suficientemente amplia para este estudio (Figura XX), esto da lugar a inferir que un grupo de investigación puede ampliar sus trabajos de conexión, incluso con temáticas no próximas, pero sí relacionadas en el campo del aprovechamiento energético. Esto se reforzó con las Figuras xx, xx y xx donde cada una corresponde a cada artículo donde están involucrados los autores por clúster; esto no es lo esperado debido a que cuando se habla de cluster debe tener un espectro más amplio que un artículo.

Si se toma como base el diagrama estratégico de centralidad vs. densidad (Figura xx), construido en el software SciMAT® frente a la red estructurada en Vosviewer®, se observa una correspondencia en cuanto a las temáticas centrales en desarrollo que corresponden a la optimización de sistemas de recuperación energética a partir de los RSM (cuadrante 3), sin embargo en el cuadrante 4, que son las temáticas poco centrales y poco exploradas coinciden en que el análisis económico está poco desarrollada como área aplicada en sistema WtE, pero en el diagrama de SciMAT® nos trae una mejor especificación de estas temáticas por desarrollar mostrando énfasis en la planeación urbana y el trabajo en la concientización de la población.

Para enmarcar el trabajo futuro, se establece como base los resultados del cuadrante 2 que, aunque son temáticas especializadas tienen especial aplicación al tipo de residuos que se manejan en los países en desarrollo y este cuadrante reúne herramientas de la ingeniería que pueden ser aplicables al contexto ambiental para el tratamiento de los RSM.

Agradecimientos

Gracias a la Revista “Renewable Energies, Biomass & Sustainability” de la Asociación ALDESER por la invitación para la publicación de este tipo de trabajos, pues es una oportunidad de visualización para otros usuarios.

Agradezco a la Universidad del Valle por todos los recursos brindados para las búsquedas literarias pues con el sistema de biblioteca es de mucho aporte para desarrollar este tipo de investigaciones.

Finalmente, gracias a la Asociación ALDESER por querer reunirnos como miembros a pesar de la distancia, pero siempre presentes para tenernos en cuentas en nuestros avances académicos.

Bibliografía

- Aguaded, I. (2014). From Infocination to the Right to Communicate. *Comunicar*, 21(42), 07–08. <https://doi.org/10.3916/C42-2014-a1>
- Araújo Ruiz, J. A., & Arencibia Jorge, R. (2002). *ACIMED*. *ACIMED* (Vol. 10). Centro Nacional de Información de Ciencias Médicas. Retrieved from http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1024-94352002000400004&lng=es&nrm=iso&tlng=es
- Benato, A., & Macor, A. (2017). Biogas Engine Waste Heat Recovery Using Organic Rankine Cycle. *Energies*, 10(3), 327. <https://doi.org/10.3390/en10030327>
- Cobo, M. (2011). *SciMAT: Herramienta Software para el análisis de la evolución del conocimiento científico. Propuesta de una metodología de Evaluación. Revista española de Documentación Científica* (Vol. 21). <https://doi.org/10.3989/redc.1998.v21.i4.360>
- Escorcia, T. (2008). EL ANÁLISIS BIBLIOMÉTRICO COMO HERRAMIENTA PARA EL SEGUIMIENTO DE PUBLICACIONES CIENTÍFICAS, TESIS Y TRABAJOS DE GRADO.
- Escorsa, P., Maspons, R., & Rodríguez, M. (2000). Mapas Tecnológicos , Estrategia Empresarial Y Oportunidades. *Trabajo de Divulgación*, 57–68.
- Huang, I. B., Keisler, J., & Linkov, I. (2011). Multi-criteria decision analysis in environmental sciences: Ten years of applications and trends. *Science of the Total Environment*, 409(19), 3578–3594. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2011.06.022>
- Kumar, A., & Samadder, S. R. (2017). A review on technological options of waste to energy for effective management of municipal solid waste. *Waste Management*, 69, 407–422. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2017.08.046>
- Liang, X., Wang, X., Shu, G., Wei, H., Tian, H., & Wang, X. (2015). A review and selection of engine waste heat recovery technologies using analytic hierarchy process and grey relational analysis. *International Journal of Energy Research*, 39(4), 453–471. <https://doi.org/10.1002/er.3242>
- Nizami, A. S., Rehan, M., Waqas, M., Naqvi, M., Ouda, O. K. ., Shahzad, K., ... Pant, D. (2017). Waste biorefineries: Enabling circular economies in developing countries. *Bioresource Technology*, 241, 1101–1117. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2017.05.097>
- Sadr, S. M. K., Saroj, D. P., Kouchaki, S., Illembade, A. A., & Ouki, S. K. (2015). A group decision-making tool for the application of membrane technologies in different water reuse scenarios. *Journal of Environmental Management*, 156, 97–108. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2015.02.047>
- Villamizar, C., & Chaparro, J. (2016). Vigilancia Tecnológica De Digestión Anaerobia En Colombia Mediante El Uso De Software Bibliométrico Especializado. *Researchgate.Net*, (June). Retrieved from https://www.researchgate.net/profile/Liliana_Castro6/publication/324970539_VIGILANCIA_TECNOLOGICA_DE_DIGESTION_ANAEROBIA_EN_COLOMBIA_MEDIANTE_EL_USO_DE_SOFTWARE_BIBLIOMETRICO_ESPECIALIZADO/links/5b3665454585150d23e4de9d/VIGILANCIA-TECNOLOGICA-DE-DIGESTION
- Wallerand, A. S., Kermani, M., Voillat, R., Kantor, I., & Maréchal, F. (2018). Optimal design of solar-assisted industrial processes considering heat pumping: Case study of a dairy. *Renewable Energy*, 128, 565–585. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2017.07.027>
- World Bank Group. (2018). *What a Waste 2.0 - a Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050*.