

Trends and Perspectives of Renewable Energy Based on Microgrids: A Bibliometric Approach

Eliseo Zarate-Perez, PhD, Mechatronic Engineering¹, Manuel Azpilcueta-Vasquez, MSc Mechatronic Engineering², Cesar Santos-Mejia, Ph. D, Electrical engineer, and Juan Grados, Ph. D, Electrical engineer³

¹Universidad Privada del Norte (UPN), Peru, eliseo.zarate@upn.edu.pe

²Universidad Nacional Federico Villareal (UNFV), Peru, 2019318824@unfv.edu.pe

³Universidad Nacional del Callao (UNAC), Peru, casantosm@unac.edu.pe, jhgradosg@unac.edu.pe

Abstract— The use of renewable energy sources in microgrids is broad and fragmented owing to the contributions of various approaches and disciplines. A bibliometric review contributes to a critical and comprehensive understanding of this field. The SciMAT software was used to determine the evolution of this important field of research. To achieve this, 842 research articles were collected from the Scopus database for 2001–2021. Recently, the thematic interest of researchers has focused on the concepts of life-cycle analyses of solar and wind energy systems and the efficiency of photovoltaic systems as a method of evaluating renewable energy sources. The results illustrate the relevance of renewable energy sources with a gradual increase in the number of studies published in international journals since 2010. The period overlay plots present several new and transient topics between sub-periods; it is a research field that undergoes constant evolution and has not yet reached a stage of scientific maturity.

Keywords— Life cycle analysis, renewable energies, bibliometric analysis, distributed generation, energy scarcity.

Digital Object Identifier (DOI):

<http://dx.doi.org/10.18687/LEIRD2022.1.1.172>

ISBN: 978-628-95207-3-6 ISSN: 2414-6390

Tendencias y Perspectivas de la Energía Renovable Basadas en Microrredes: Un Enfoque Bibliométrico

Eliseo Zarate-Perez, Ph. D Candidate¹, Manuel Azpilcueta-Vasquez, Ph. D Studente², Cesar Santos-Mejia, Ph. D³, and Juan Grados, Ph. D³

¹Universidad Privada del Norte (UPN), Peru, eliseo.zarate@upn.edu.pe

²Universidad Nacional Federico Villareal (UNFV), Peru, 2019318824@unfv.edu.pe

³Universidad Nacional del Callao (UNAC), Peru, casantosm@unac.edu.pe, jhgradosg@unac.edu.pe

Resumen— El uso de las principales fuentes renovables de energía en microrredes es amplio y fragmentado debido a la contribución de los diversos enfoques y disciplinas. En tal sentido, una revisión bibliométrica contribuiría con una concepción crítica e integral de este campo. De tal manera, el software SciMAT se utiliza para determinar la evolución de este importante campo de investigación. Para ello, se recopilaron de la base Scopus 842 artículos de investigación para el período de 2001 a 2021. En los últimos años, el interés temático por los investigadores se ha centrado en los conceptos del análisis del ciclo de vida de la energía solar y eólica y la eficiencia de los sistemas fotovoltaicos, como método de evaluación de las fuentes de energía renovable. Por lo tanto, los resultados muestran que las fuentes de energía renovable son temas relevantes, con un aumento gradual en el número de estudios publicados en revistas internacionales a partir de 2010. Los gráficos de superposición de periodos presentan varios tópicos nuevos y transitorios entre subperiodos, tratándose de un campo de investigación en constante evolución que aún no ha alcanzado una etapa de madurez científica.

Palabras clave— Análisis del ciclo de vida, energías renovables, análisis bibliométrico, generación distribuida, escasez de energía.

I. INTRODUCCIÓN

Los sistemas de generación y distribución de energía eléctrica enfrentan varios desafíos y preocupaciones que se originan no solo por la escasez de suministro de energía, sino también por problemas ambientales y operativos. Ellos deben responder a tales desafíos de manera rápida y eficiente para preservar la estabilidad y continuidad de las operaciones de acuerdo con el requisito de la demanda [1]. En la actualidad, una economía energética eficiente no implica la oposición de la generación de energía de fuentes renovables, sino su uso combinado con la energía tradicional. De esa forma se considera la conservación de una situación ecológica favorable. Es por ello que más de 170 países utilizan energías renovables para producir electricidad y establecer sus objetivos para el desarrollo de la industria [2], [3].

Esos conceptos apoyan directamente la aceleración del desarrollo de sistemas eléctricos y la investigación de componentes electrónicos de potencia mediante la validación de soluciones tecnológicas en entornos de alta fidelidad [4]. Así, la adopción de soluciones para implementar sistemas

inteligentes de energía, en el cual involucran las redes de energía renovable, requiere la definición de métricas, variables o metodologías que faciliten la comprensión y desarrollo de proyectos de esta naturaleza [5]. Por lo tanto, este estudio tuvo como objetivo identificar las tendencias y perspectivas de la energía renovable basada en microrredes. Para ello se utiliza un enfoque de mapeo científico. Es decir, se realizó una revisión cuantitativa mediante un análisis bibliométrico con el software SciMAT (*Science Mapping Analysis Tool*) [6].

Este estudio contribuirá al cuerpo de conocimiento existente al resaltar las tendencias y patrones en el campo de investigación de las fuentes renovables de energía utilizadas en microrredes. De la misma forma, establecer los temas de investigación relevantes y recomendar áreas para estudios futuros. En consecuencia, este artículo está organizado de la siguiente forma: En el apartado II se presenta la metodología empleada. En la sección III se presentan los principales resultados y discusiones del análisis desarrollado, incluyendo la descripción de términos básicos y el conjunto de datos para el análisis. Finalmente, se extraen algunas conclusiones en la sección IV.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizó un análisis integrado para lograr los objetivos de este estudio. Primeramente, se seleccionó el conjunto de datos sobre los métodos de evaluación adoptados en el campo de investigación de las fuentes de energía sostenible. Seguidamente, se realizó una revisión basada en el análisis bibliométrico de los registros seleccionados.

A. Selección del Conjunto de datos

Se realizó un procedimiento que define la estrategia de búsqueda, los criterios de exclusión y los métodos de extracción de datos para sintetizar los resultados. Con base en ello, se describen los siguientes pasos:

(i) Se seleccionó la base de datos multidisciplinar Scopus porque contiene varias publicaciones científicas de alto impacto, relevantes al tema y problema abordado [7].

(ii) La búsqueda se realizó utilizando el campo “*Title / Abstract / Keyword*” con los operadores inclusivos AND y OR y las palabras clave, tal y como se muestra en la Tabla I. Seguidamente, los documentos fueron seleccionados según su

relevancia, en función de si contienen los datos necesarios para abordar el tema tratado [8].

iii) Continuamente, se definió el horizonte temporal y los períodos para su análisis basándose en los documentos encontrados, número de registros, elementos relevantes y puntos de inflexión en el campo elegido [9].

TABLA I
PALABRAS CLAVE UTILIZADAS EN LA BÚSQUEDA DE LOS DOCUMENTOS DE ANÁLISIS

Operador	Palabras clave
"OR" y "AND"	("assessment methods" OR "assessment tools" OR "assessment systems") AND ("solar energy" OR "solar photovoltaic" OR "PV" OR "Wind energy" OR "Hydro energy" OR "Tidal energy" OR "Geothermal energy" OR "Biomass energy")

iv) Dado que el número de artículos publicados en este estudio obedece a una serie temporal, es conveniente realizar una proyección de la producción científica en este campo [10]. Cada una de las estadísticas se basa en los errores de pronóstico anticipado, que son las diferencias entre el valor de los datos en el momento t y el pronóstico de ese valor realizado en el momento $t-1$ [11]. Para ello, se utilizará un pronóstico utilizando el modelo de regresión que más se ajuste a los datos utilizando el entorno de *R Core Team* [12].

Los indicadores de desempeño como el RMSE (Raíz del error cuadrático medio) y el MAE (error absoluto medio) midieron la magnitud de los errores, donde un mejor modelo dará un valor menor [13]. Del mismo modo, el sesgo se medirá con el *p-value*, en el cual un mejor modelo dará un valor cercano a 0. Es así que un modelo no significativo tomará un valor de ($p \geq 0.05$), marginalmente significativo ($0.01 < p \leq 0.05$), significativo ($0.001 < p \leq 0.01$) y muy significativo ($p \leq 0.001$) [14].

B. Análisis Bibliométrico

Se realizó utilizando el software SciMAT (*science mapping analysis tool*), que es una herramienta de mapeo científico gratuito y permite el análisis de la evolución social, intelectual y conceptual en un campo científico [6], [7], [15]–[19]. Esta herramienta utiliza una serie de publicaciones científicas para construir una base de conocimiento, basándose en el análisis de palabras conjuntas y el índice- h . Asimismo, SciMAT incorpora métodos, algoritmos y medidas para los pasos, desde el preprocesamiento hasta la visualización de resultados, estableciéndose en las siguientes etapas [6], [19].

i) El análisis de la evolución de los temas de investigación permite detectar las áreas del campo de investigación, sus orígenes e interrelaciones. Así, el índice de inclusión se utilizó para detectar vínculos conceptuales entre temas de investigación en diferentes períodos, midiendo la fuerza de la asociación entre ellos [20]. Así, en el gráfico de superposición la flecha horizontal indica el número de elementos compartidos, la flecha superior de entrada representa el número de nuevos elementos, y la flecha de salida superior indica los elementos incluidos en el período anterior.

De la misma forma, en el mapa de evolución, las líneas continuas indican que los temas relacionados comparten un nombre o el nombre de uno de los temas es parte de otro. También puede existir una relación conceptual entre los temas compartiendo elementos que no son necesariamente el nombre del tema, por medio de una línea de puntos. Finalmente, el grosor de la línea es proporcional al índice de inclusión, y el tamaño del círculo es proporcional al número de documentos asociados a cada tema [21].

ii) La detección de temas de investigación se realizó también con SciMAT. Este aplica un análisis de palabras conjuntas a los datos brutos de todos los documentos publicados en el campo de investigación. Luego, la herramienta usa un índice de equivalencia, que construye una red bibliométrica estandarizada de palabras clave, y finalmente aplica el algoritmo básico simple para agrupar las palabras clave en temas.

iii) Por último, la visualización de los temas de investigación y redes temáticas fueron identificados por SciMAT, donde se muestran mediante diagramas estratégicos bidimensionales en función del grado de interacción entre ellos, considerando los valores de fuerza del tema tratado. Así, los temas motores se sitúan en el cuadrante superior derecho, considerándose desarrollados, e importantes para la estructura del campo de investigación, tal y como se muestra en la Fig. 1.

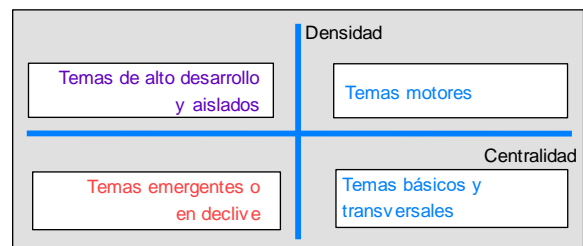


Fig. 1 Diagrama estratégico.

De igual modo, los temas muy desarrollados y aislados se ubican en el cuadrante superior izquierdo. Ellos son de menos importancia para el campo estudiado. Por otro lado, los temas emergentes o en declive se ubican en el cuadrante inferior izquierdo, ellos están poco desarrollados y no presentan mucha importancia para el área de la investigación. Finalmente, los temas básicos y transversales se ubican en el cuadrante inferior derecho, ellos representan temas importantes en el campo de la investigación, pero aún no están plenamente desarrollados.

Como complemento a los diagramas estratégicos, las redes temáticas muestran la relación de cada tema de estos diagramas con las palabras clave y sus interconexiones. Cada red temática está etiquetada con el nombre de la palabra clave más significativa del tema. Aquí, varias palabras clave están interconectadas, donde el tamaño del círculo es proporcional al número de documentos correspondientes a cada palabra clave, y el grosor del vínculo entre dos círculos es proporcional al índice de equivalencia.

III. RESULTADOS

A. Selección final de la base de datos

Se obtuvieron 909 registros de información bibliográfica de la base de datos seleccionada. Seguidamente, se excluyeron un total de 67 registros aplicando los criterios de exclusión, como el tipo de documento y la relación con el campo de investigación. Así, quedaron 842 documentos relevantes para el estudio bibliométrico. De tal manera que el horizonte temporal utilizado en este estudio fue desde el año 2001 a 2021.

El horizonte temporal se determinó a base de los principales hitos y puntos de inflexión del tema tratado. Los primeros intentos de proponer métodos para la evaluación de sistemas inteligentes, donde se proponían la incorporación de las fuentes de energías sostenible, se realizaron en la década del 2000 [22]. Es por ello por lo que, considerando el número de documentos seleccionados y los hitos relevantes, para analizar las tendencias se subdividieron en cuatro períodos (2001-2006, 2007-2011, 2012-2016 y 2017-2021).

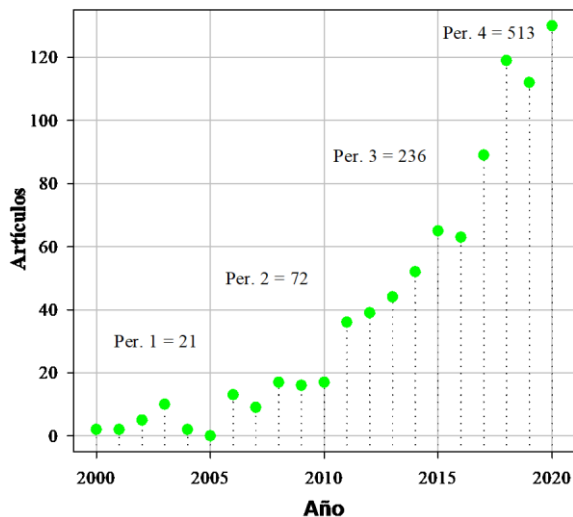


Fig. 2 Artículos publicados de los métodos de evaluación de las fuentes de energía sostenible.

En la Fig. 2 se muestra la distribución de las 842 publicaciones entre artículos de revistas y congresos para el periodo seleccionado. Se observa una distribución irregular en el número de artículos publicados con una tendencia creciente a cada año. Esto demuestra la atención prestada en los últimos años a los métodos de evaluación que se han convertido en una temática importante de la investigación en las fuentes de energía sostenible.

Dado que el número de artículos publicados en este estudio obedece a una serie temporal para el periodo seleccionado, el modelo de previsión que más se ajusta a los datos es el de tendencia cuadrática, el cual preverá los valores futuros del número de artículos publicados por cada año = $1.80764E6 + -1804.8 t + 0.450489 t^2$. Este modelo viene

dado por una curva de regresión cuadrática ajustada a todos los datos registrados.

La Tabla II resume la importancia estadística de los términos del modelo presentado. En este caso, el *p-value* para el término cuadrático es menor que 0.05, por lo que es significativamente diferente de 0 al nivel de confianza del 95,0 %. De la misma forma, el modelo presenta un RMSE de 6.54 y un MAE de 4.26, el cual miden la magnitud de los errores de previsión.

TABLA II
DESEMPEÑO DEL MODELO PRESENTADO

Parámetro	Estimación	Error estándar	t	P-value
Constante	1.81 E+06	176543	10.2391	0.00
Pendiente	—1804.8	175.665	—10.2341	0.00
Cuadrático	0.450489	0.0436978	10.3092	0.00

Teniendo en cuenta que el índice de inicio es igual a 2001 (primer año de registro) y con un intervalo de muestreo de un año, se presenta las proyecciones de publicaciones en este campo en la Fig. 3. Como se puede apreciar, las proyecciones del número de publicaciones se incrementan en los próximos 10 años, ello podría dar un indicativo que aún no se ha llegado a la etapa de madurez en el campo de investigación tratado.

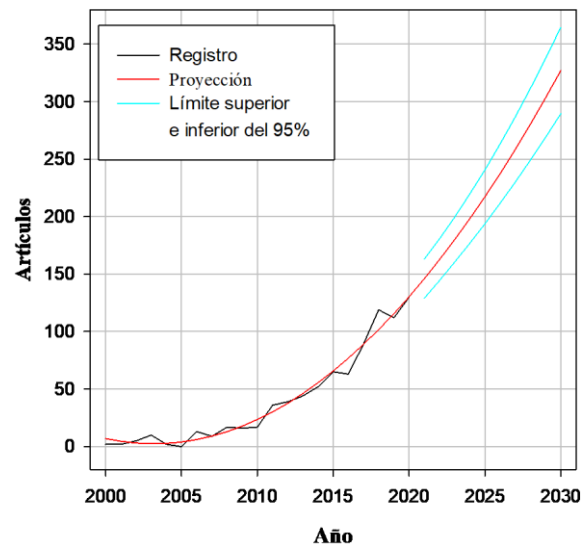


Fig. 3 Proyecciones de publicación de artículos al 95% referentes a las fuentes de energía sostenible para el periodo 2022-2030.

C. Análisis bibliométrico

i) Evolución de los temas de investigación

Los diagramas estratégicos reflejan el interés de la comunidad científica en ciertos temas clave, en paralelo con el desarrollo del concepto de los métodos de evaluación de las fuentes de energía sostenible. En la Fig. 4a se muestran los resultados para el número de palabras claves por período y su evolución, así como el número de palabras claves entrantes y

salientes y el porcentaje de palabras claves que se retienen de un período al siguiente.

Para los cuatro periodos evaluados se mantuvieron aproximadamente un tercio de las palabras claves de un periodo a otro. Ello indica que la cantidad de palabras claves nuevas y de transición es alta, pero que también la cantidad de palabras clave compartidas ha aumentado durante periodos sucesivos. Por tanto, el hecho de que las palabras clave reaparezcan con mayor fuerza en periodos posteriores podría ser indicativo de que este campo de investigación relativamente nuevo se está consolidando paulatinamente.

La Fig. 4b muestra la evolución temática del campo de investigación a través del análisis de los orígenes e interrelaciones de los temas. El grosor de las líneas representa la fuerza de la asociación medida por el índice de inclusión. Si se analiza el gráfico desde el punto de vista del número de documentos, los métodos de evaluación de ciclo de vida, generación de energía solar y turbinas eólicas presentan la mayor cantidad de documentos publicados para el cuarto período evaluado (2016-2020).

En los primeros años, se muestra una preocupación por los métodos de evaluación del desarrollo sostenible y la rentabilidad. Para el segundo período, se consideran los recursos renovables por medio de la energía solar, eólica y geotérmica. Seguidamente, en el tercer periodo se da énfasis a los métodos de evaluación de turbinas eólicas, evaluación del ciclo de vida, radiación solar, recursos energéticos y desarrollo sostenible. Finalmente, en el cuarto periodo se enfoca en tópicos como el ciclo de vida, generación de energía solar, turbinas eólicas, almacenamiento de calor y energía geotérmica.

ii) Detección de temas de investigación

Se generaron diagramas estratégicos para analizar los cambios a lo largo del tiempo y se muestran para cada uno de los períodos considerados para el análisis (2001-2006, 2007-2011, 2012-2016 y 2017-2021). La Tabla III enumera las medidas de desempeño obtenidas para cada tema y período en términos de número de documentos, índice h y valores de centralidad y densidad. Se observa que los clústeres de método de evaluación, generación de energía solar y ciclo de vida son los temas con mayor índice h, es decir, entre 16 a 40.

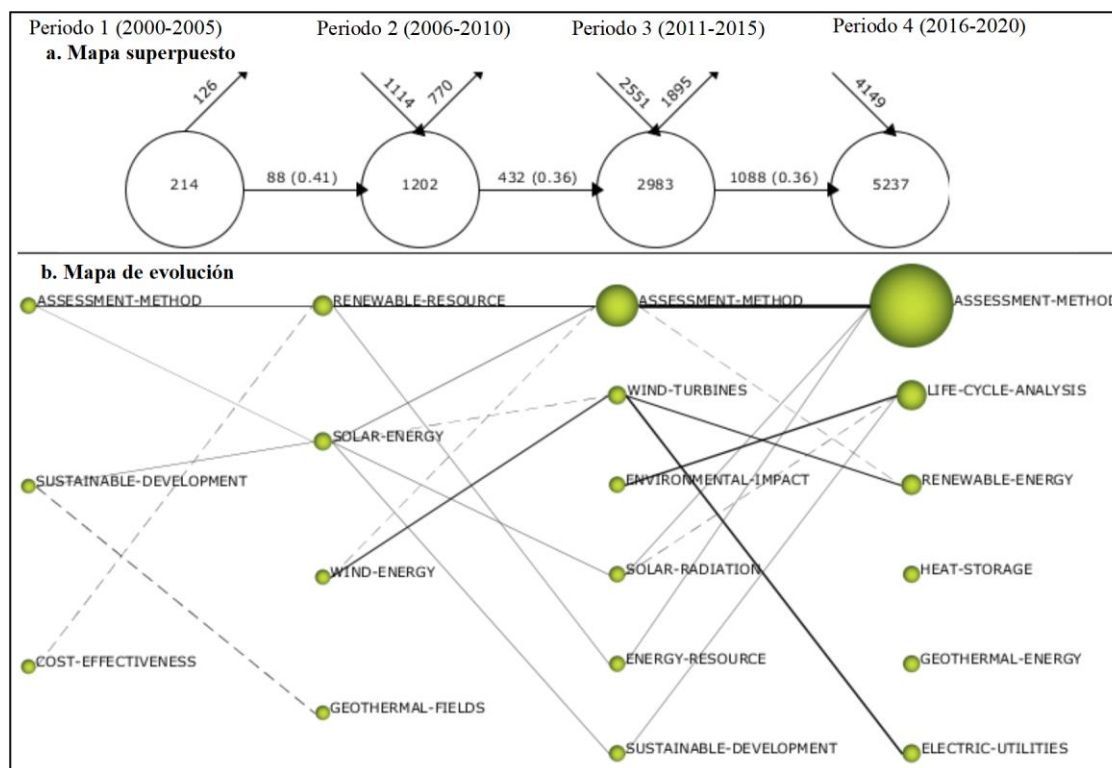


Fig. 4 Evolución temática de las técnicas de las fuentes de energía sostenible.

iii) Visualización de temas de investigación y redes temáticas

Primer período (2001-2006): Según el esquema estratégico, presentado en la Fig. 5, se pueden observar tres temas de investigación en los 17 artículos seleccionados en

este período. De estos, los métodos de evaluación se consideran temas muy desarrollados e importantes en este campo de investigación. Además, el tema de rentabilidad se considera un tema muy desarrollado pero aislado, no tan importante en este periodo. Finalmente, el tema de desarrollo

sostenible se considera un tema básico, este es importante en el campo, pero aún no está plenamente desarrollado.



Fig. 5 Temas de investigación para el período (2001-2006).



Fig. 6 Temas de investigación para el período (2007-2011).

Segundo período (2007-2011)

De acuerdo con el esquema estratégico, presentado en la Fig. 6, de los 59 artículos seleccionados en este período, se pueden observar cuatro temas de investigación. Los recursos renovables se consideran temas importantes e impulsores para esta área de investigación. De igual forma, la energía geotérmica se encuentra en el cuadrante de los temas muy desarrollados y especializados, que no se relacionan en su mayoría con el campo del tema estudiado. Para el tópico de energía eólica no se presenta un avance considerable en este período. Finalmente, el tema de energía solar se considera un

tema básico y transversal, no desarrollado en este período, pero muy importante para el campo de estudio.

Tercer período (2012-2016): De acuerdo con el diagrama estratégico presentado en la Fig. 7, de las 197 obras seleccionadas en este período, se pueden observar seis temas de investigación. Entre estos, los métodos de evaluación y radiación solar se consideran temas motores, por lo que están bien desarrollados. De igual forma, la evaluación del ciclo de vida se considera un tópico desarrollado, pero de una forma aislada dentro de este campo de investigación. Por otro lado, desarrollo sostenible se considera un tema emergente o en declive y, finalmente, el tópico de recursos energéticos se considera valioso para el campo científico, pero no están bien desarrollados en este período.

TABLA III
TEMAS POR PERIODOS Y MEDIDAS DE DESEMPEÑO

Clúster	Nº Doc.	Nº Citas	Centralidad	Densidad	Índice H
Periodo 1 (2001–2006)					
<i>Sustainable development</i>	3	80	35.02	36.11	1
<i>Cost-effectiveness</i>	3	122	16.67	44.44	2
<i>Assessment-method</i>	11	367	83.65	73.34	7
Periodo 2 (2007–2011)					
<i>Wind-energy</i>	6	135	41.39	26.07	4
<i>Solar-energy</i>	20	746	52.23	23.5	11
<i>Renewable-resource</i>	30	1492	85.02	46.97	15
<i>Geothermal-fields</i>	3	0	2.92	146.67	0
Periodo 3 (2012–2016)					
<i>Wind-turbines</i>	21	575	35.94	13.33	13
<i>Sustainable-development</i>	11	312	2.88	12.6	8
<i>Solar-radiation</i>	12	560	13.04	14.26	8
<i>Environmental-impact</i>	12	486	1.08	28.3	10
<i>Energy-resource</i>	9	212	11.13	8.48	6
<i>Assessment-method</i>	132	5142	87.88	45.02	41
Periodo 4 (2017–2021)					
<i>Renewable-energy</i>	30	318	29.26	3.2	11
<i>Life-cycle-analysis</i>	75	871	34.7	29.11	17
<i>Heat-storage</i>	14	219	9.25	13.46	8
<i>Geothermal-energy</i>	15	140	0.73	11.38	8
<i>Electric-utilities</i>	20	201	11.7	13.13	8
<i>Assessment-method</i>	324	3824	130.4	35.81	31

Cuarto período (2017-2021): La Fig. 8 muestra el diagrama estratégico que contiene 7 temas principales de investigación y 478 artículos. Entre ellos, métodos de evaluación y análisis del ciclo de vida se consideran tópicos desarrollados e importantes para el campo de investigación

tratado. Mientras que, el tema de almacenamiento de calor está medianamente desarrollado y aislado, lo que no se muestra tan importante para el campo de investigación en mención. Por otro lado, para este período el tema de energía geotérmica se encuentra como un tema emergente o en declive. Finalmente, el tema de generación de energía solar se considera como un tema muy importante para el área de investigación, pero que aún no ha alcanzado el estado de madurez científica.

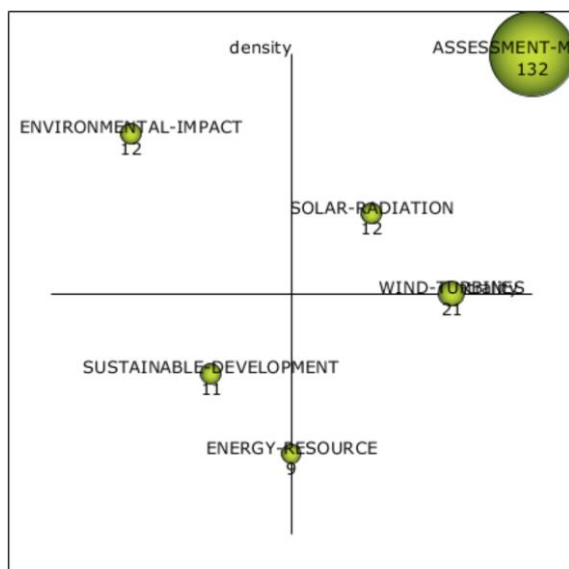


Fig. 7 Temas de investigación para el período (2012-2016).

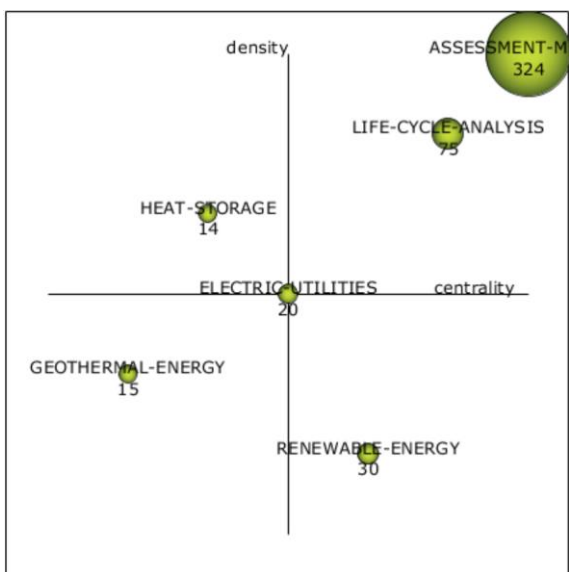


Fig. 8 Temas de investigación para el período (2017-2021).

A continuación, se presentan las redes temáticas para los temas motores e importantes del último periodo, una vez que se ha determinado los temas relevantes para este campo de investigación a través de los diagramas estratégicos. Como se muestra en la Tabla III, el tema método de evaluación tiene 324 documentos publicados con 3824 citas y un índice-h de 31

en el último periodo, siendo el tema más relevante. De la misma forma, la red temática muestra tópicos importantes dentro de este tema como los sistemas fotovoltaicos, energía solar, energía eólica, evaluación de desempeño, eficiencia energética, entre otros.

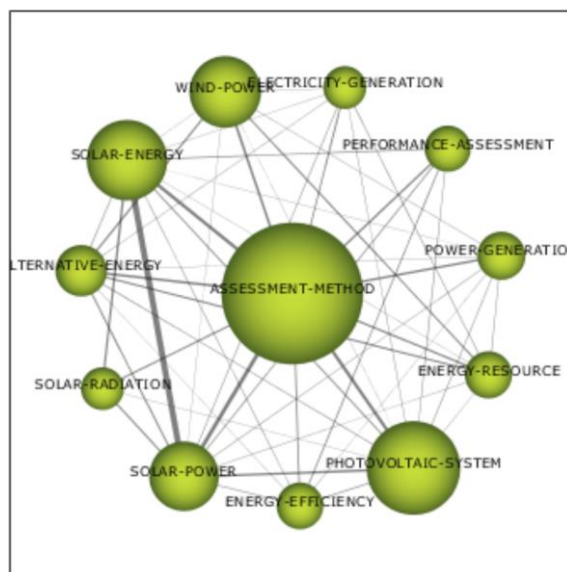


Fig. 9 Red temática de métodos de evaluación.

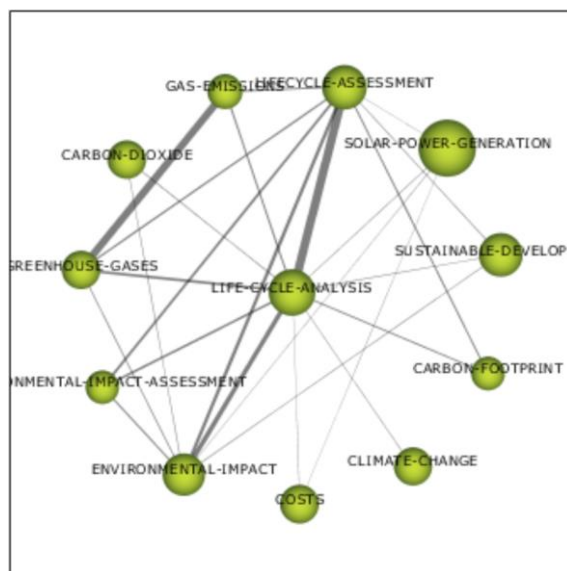


Fig. 10 Red temática de análisis del ciclo de vida.

El tema análisis del ciclo vida contiene 75 documentos, 871 citas y con un índice-h de 17. Este tema, por medio de la red temática presentada en la Fig. 9, muestra tópicos como generación de energía solar, desarrollo sostenible, huella de carbono, cambio climático, costos, evaluación del impacto ambiental, gases de efecto invernadero y dióxido de carbono. Este tema, al igual que el tema de métodos de evaluación, se considera importante para la estructura de investigación en el

campo, aunque con menor índice de densidad y centralidad que el tema anterior.

Finalmente, es importante resaltar que el tema de energía renovable o sostenible es importante dentro del campo de investigación, pero que aún no se encuentra muy desarrollado. Este tema abarca los tópicos de recursos renovables o sostenibles, sostenibilidad, políticas energéticas, inversiones y turbinas eólicas, según se presenta en la Fig. 11. Las fuentes más importantes de energía renovable incluyen tecnologías de conversión solar fotovoltaica, sistemas de energía de biomasa y biocombustible, turbinas de energía eólica, tecnologías de energía geotérmica y sistemas de energía hidroeléctrica [23].

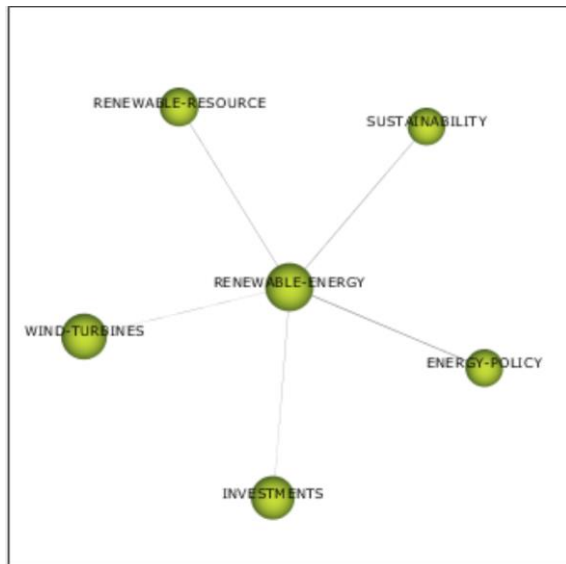


Fig. 11 Red temática para métodos de energía renovable

IV. CONCLUSIONES

Este trabajo se basa en el uso de SciMAT para el análisis bibliométrico en la identificación de las tendencias y perspectivas de la energía renovable basada en microrredes. Para ello, se recolectó un conjunto de artículos para el período de 2001 a 2021 de la base de datos Scopus.

Los resultados muestran que las fuentes de energía renovable son temas importantes, con un aumento gradual en el número de estudios publicados en revistas internacionales a partir de 2010. Los gráficos de superposición de períodos presentan varios tópicos nuevos y transitorios entre subperíodos, tratándose de un campo de investigación en constante evolución que aún no ha alcanzado una etapa de madurez.

En los últimos años, el interés de la investigación se ha centrado en los métodos de evaluación de viabilidad energética, considerándose un tópico desarrollado e importante para el campo de investigación tratado. Además, se ha mantenido un interés paralelo en los conceptos de análisis del ciclo de vida de las fuentes de energía renovable.

Por lo tanto, se refleja en el período final que las investigaciones dan énfasis en los sistemas fotovoltaicos, energía eólica, evaluación de desempeño y eficiencia energética como tópicos más relevantes.

De igual forma, el tema del análisis de ciclo de vida incluye tópicos relevantes como generación de energía solar, desarrollo sostenible, huella de carbono, cambio climático, costos, evaluación del impacto ambiental y gases de efecto invernadero.

AGRADECIMIENTOS

Los autores desean agradecer el apoyo en parte de la Universidad Privada del Norte (UPN), por su asistencia en este estudio.

REFERENCIAS

- [1] F. Yanine, A. Sanchez-Squella, A. Barrieto, F. Cordova, and S. K. Sahoo, "Engineering Sustainable Energy Systems: How Reactive and Predictive Homeostatic Control Can Prepare Electric Power Systems for Environmental Challenges," in *Procedia Computer Science*, Jan. 2017, vol. 122, pp. 439–446. doi: 10.1016/j.procs.2017.11.391.
- [2] Y. A. Nazarova, N. Y. Sopilko, A. Feliksovna Orlova, R. Shoidorzhiyeva Bolotova, and G. V. Gavlovskaya, "International Journal of Energy Economics and Policy Evaluation of Development Prospects of Renewable Energy Source for Russia," *Int. J. Energy Econ. Policy*, vol. 7, no. 4, pp. 1–6, 2017.
- [3] E. Zarate-Perez and R. Sebastián, "Autonomy evaluation model for a photovoltaic residential microgrid with a battery storage system," *Energy Reports*, vol. 8, pp. 653–664, Nov. 2022, doi: 10.1016/J.EGYR.2022.07.085.
- [4] S. Wang, L. Liu, L. Wu, and G. Zhao, "Consumer-Centric Spatiotemporal Reliability Assessment and Compensation Model with Sensitive Component Analysis in Smart Grid," *IEEE Trans. Power Syst.*, vol. 33, no. 2, pp. 2155–2164, Mar. 2018, doi: 10.1109/TPWRS.2017.2723800.
- [5] J. Montoya *et al.*, "Advanced Laboratory Testing Methods Using Real-Time Simulation and Hardware-in-the-Loop Techniques: A Survey of Smart Grid International Research Facility Network Activities," *Energies*, vol. 13, no. 12, p. 3267, Jun. 2020, doi: 10.3390/en13123267.
- [6] M. J. Cobo, A. G. López-Herrera, E. Herrera-Viedma, and F. Herrera, "SciMAT: A new science mapping analysis software tool," *J. Am. Soc. Inf. Sci. Technol.*, vol. 63, no. 8, pp. 1609–1630, Aug. 2012, doi: 10.1002/asi.22688.
- [7] C. Díaz-López, M. Carpio, M. Martín-Morales, and M. Zamorano, "Analysis of the scientific evolution of sustainable building assessment methods," *Sustain. Cities Soc.*, vol. 49, p. 101610, Aug. 2019, doi: 10.1016/j.scs.2019.101610.
- [8] D. Pati and L. N. Lorusso, "How to Write a Systematic Review of the Literature," *Heal. Environ. Res. Des. J.*, vol. 11, no. 1, pp. 15–30, Jan. 2018, doi: 10.1177/1937586717747384.
- [9] D. Moher, A. Liberati, J. Tetzlaff, and D. G. Altman, "Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses: The PRISMA Statement," *PLoS Med.*, vol. 6, no. 7, p. e1000097, Jul. 2009, doi: 10.1371/journal.pmed.1000097.
- [10] J. López-Belmonte, A. Segura-Robles, A.-J. Moreno-Guerrero, and M.-E. Parra-González, "Projection of E-Learning in Higher Education: A Study of Its Scientific Production in Web of Science," *Eur. J. Investig. Heal. Psychol. Educ.*, vol. 11, no. 1, pp. 20–32, Jan. 2021, doi: 10.3390/ejihpe11010003.
- [11] E. J. Zarate, M. Palumbo, A. L. T. Motta, and J. H. Grados, "FORECASTING PHOTOVOLTAIC POWER USING BAGGING FEED-FORWARD NEURAL NETWORK," *www.tjprc.org SCOPUS Indexed Journal editor@tjprc.org*, vol. 10, pp. 12479–12488, Jun. 2020. Accessed: Nov. 03, 2020. [Online]. Available: www.tjprc.org
- [12] R Core Team, "R: a language and environment for statistical computing.

- R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria,” 2020.
- [13] E. J. Z. Perez, M. P. Fernández, and A. L. T. S. da Motta, “Performance Analysis of Bagging Feed-Forward Neural Network for Forecasting Building Energy Demand,” *Curr. J. Appl. Sci. Technol.*, vol. 30, no. 2, pp. 1–12, Oct. 2018, doi: 10.9734/CJAST/2018/44836.
 - [14] F. Solla, A. Tran, D. Bertoncelli, C. Musoff, and C. M. Bertoncelli, “Why a P -Value is Not Enough,” *Clin. Spine Surg.*, vol. 31, no. 9, pp. 385–388, Nov. 2018, doi: 10.1097/BSD.0000000000000695.
 - [15] J. R. López-Robles, M. J. Cobo, N. K. Gamboa-Rosales, and E. Herrera-Viedma, “Mapping the intellectual structure of the international journal of computers communications and control: A content analysis from 2015 to 2019,” in *Advances in Intelligent Systems and Computing*, 2021, vol. 1243 AISC, pp. 296–303. doi: 10.1007/978-3-030-53651-0_25.
 - [16] J. R. López-Robles, J. R. Otegi-Olaso, I. Porto-Gomez, H. Gamboa-Rosales, and N. K. Gamboa-Rosales, “Understanding the intellectual structure and evolution of Competitive Intelligence: a bibliometric analysis from 1984 to 2017,” *Technol. Anal. Strateg. Manag.*, vol. 32, no. 5, pp. 604–619, May 2020, doi: 10.1080/09537325.2019.1686136.
 - [17] J. R. López-Robles, J. R. Otegi-Olaso, I. Porto Gomez, N. K. Gamboa-Rosales, H. Gamboa-Rosales, and H. Robles-Berumen, “Bibliometric network analysis to identify the intellectual structure and evolution of the big data research field,” in *Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, Nov. 2018, vol. 11315 LNCS, pp. 113–120. doi: 10.1007/978-3-030-03496-2_13.
 - [18] A. Samia, M. M. Djamel, and B. Samira, “Proposal of a flexible and universal survey generator for a Business Intelligence,” Oct. 2018. doi: 10.1109/CEIT.2018.8751913.
 - [19] E. Zarate-Perez, E. Rosales-Asensio, A. González-Martínez, M. de Simón-Martín, and A. Colmenar-Santos, “Battery energy storage performance in microgrids: A scientific mapping perspective,” *Energy Reports*, vol. 8, pp. 259–268, Nov. 2022, doi: 10.1016/J.EGYR.2022.06.116.
 - [20] C. Sternitzke and I. Bergmann, “Similarity measures for document mapping: A comparative study on the level of an individual scientist,” *Scientometrics*, vol. 78, no. 1, pp. 113–130, Dec. 2009, doi: 10.1007/s11192-007-1961-z.
 - [21] E. J. Zarate, A. L. T. S. Da Motta, and J. H. Grados, “Evolution of Smart Grid Assessment Methods: Science Mapping and Performance Analysis,” *Int. J. Eng. Res. Technol.*, vol. 13, pp. 5166–5175, 2020.
 - [22] U. Hany and L. Akter, “Wireless sensor network for information based domestic power management,” in *2014 17th International Conference on Computer and Information Technology, ICCIT 2014*, Mar. 2003, pp. 180–184. doi: 10.1109/ICCITech.2014.7073126.
 - [23] Y. S. Mohammed, M. W. Mustafa, N. Bashir, and I. S. Ibrahim, “Existing and recommended renewable and sustainable energy development in Nigeria based on autonomous energy and microgrid technologies,” *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 75, pp. 820–838, Aug. 2017, doi: 10.1016/j.rser.2016.11.062.