

## Análisis bibliométrico del campo de la energía undimotriz

Javier Aparisi Torrijo<sup>a</sup>, Bélgica Pacheco-Blanco<sup>b</sup>, Ismael Lengua<sup>c</sup>, Bernabé Hernandis Ortuño<sup>d</sup>

<sup>a</sup>Dpto. de Ingeniería Gráfica, Universitat Politècnica de València, España, [jaaptor@dig.upv.es](mailto:jaaptor@dig.upv.es), <sup>b</sup>Centro de Investigación en Dirección de Proyectos, Innovación y Sostenibilidad (PRINS), Universitat Politècnica de València, España, [blpacbla@dpi.upv.es](mailto:blpacbla@dpi.upv.es), <sup>c</sup>Centro de Investigación en Tecnologías Gráficas, Universitat Politècnica de València, España, [ilengua@dig.upv.es](mailto:ilengua@dig.upv.es), <sup>d</sup>Dpto. de Ingeniería Gráfica, Universitat Politècnica de València, España, [bhernand@dig.upv.es](mailto:bhernand@dig.upv.es).

---

### Resumen

*El presente artículo investiga de manera cuantitativa la literatura relacionada con la energía undimotriz, por su prometedora contribución al campo de las energías renovables. En este trabajo, se realiza un análisis bibliométrico de los más de 3.000 artículos extraídos de la colección principal de la base de datos de Web of Science, desde 2016 hasta mediados de 2021. La finalidad principal de este método es efectuar un estudio de tendencias de las publicaciones, un examen de la estructura general y anual de las citas, presentar los principales autores, revistas y países más relevantes, así como identificar temas de investigación clave para contribuir al desarrollo de este campo.*

*Los resultados muestran que la evolución de publicación aumenta considerablemente desde 2016, especialmente en los dos últimos años. Entre los países más publicadores se encuentran China y Estados Unidos. En cuanto a las revistas más representativas en esta materia son Renewable Energy y Energies. Esta cartografía actual del ámbito de la energía undimotriz ayuda a entender la investigación desarrollada en los últimos años, para identificar las áreas de interés actual y proporcionar una hoja de ruta para las investigaciones futuras.*

**Palabras clave:** *energía undimotriz, energía renovable, análisis bibliométrico, estructura de citas.*

### Introducción

La energía undimotriz, que consiste en aprovechar el movimiento de las olas del mar para la generación de electricidad, apunta a ser uno de los prometedores recursos energéticos renovables (Falcão y Henriques, 2016). Si se aprovecha ampliamente la fuerza de las olas del océano, se podría contribuir de forma significativa al suministro de energía eléctrica de los países que tengan costa (Barstow, Mork, Mollison y Cruz, 2008).

Para poder aportar un mayor conocimiento actualizado sobre el campo de la energía undimotriz, este estudio tiene como objetivo principal realizar un análisis cuantitativo del estado actual de las investigaciones existentes. Mediante un análisis bibliométrico de la colección principal de la base de datos Web of Science (WoS), se presenta la evolución temporal de las publicaciones de 2016 a mediados de 2021 con su estructura de citas, la distribución geográfica por países, los autores más productivos, las revistas que más publican y la clasificación de categorías en WoS.

El artículo describe en primer lugar la metodología utilizada, seguido del procedimiento empleado para la obtención de la base de datos objeto del análisis. A continuación se explican los resultados alcanzados y para finalizar, se abordan las conclusiones, las limitaciones así como las posibles futuras líneas de investigación.

## **Metodología**

En esta investigación, se emplea un análisis bibliométrico que consiste en un método altamente reconocido por su aportación cualitativa a diversos campos de investigación y que proporciona una visión general sobre un área concreta (Merigó, Gil-Lafuente y Yager, 2015). Este método permite medir la producción académica (Cancino, Merigó, Coronado, Dessouky y Dessouky, 2017) a través de la extracción y manipulación de datos basados en el análisis de contenidos o de citas (Martínez, Herrera, Contreras, Ruíz y Herrera-Viedma, 2014). Los resultados informan sobre el número total de trabajos publicados a lo largo de un periodo de tiempo, el número de citas por artículo, los autores más relevantes, las revistas más representativas con su factor de impacto (Thongpapanl, 2012), el índice-h por autor (Hirsch, 2005) y datos sobre la distribución geográfica como el país de origen (Bonilla, Merigó y Torres-Abad, 2015).

En cuanto a la obtención de la base bibliográfica, el primer paso fue consultar la colección principal de la WoS. A continuación se eligieron los términos de búsqueda “wave energy” en el campo ‘Título’, obteniendo 11.401 resultados. Seguidamente se definió el marco temporal desde 2016 hasta mediados de 2021<sup>1</sup>, para analizar un rango suficiente para comprender la evolución de la literatura en este ámbito. Posteriormente se afinaron los resultados eligiendo únicamente artículos, revisiones y publicaciones de temprano acceso. Por último, para no excluir ningún país de procedencia, se tuvieron en cuenta todos los idiomas lo que dio como resultado final 3.096 documentos distribuidos en 2.998 artículos (51 son de acceso temprano) y 98 revisiones.

---

<sup>1</sup> Se decidió contemplar el año en curso de 2021 para incluir las investigaciones más recientes.

## Resultados

El periodo elegido para el desarrollo del presente estudio es de 2016 a mediados de 2021, permitiendo analizar una base de un total de 3.096 artículos. Aunque el año 2021 se encuentra en curso, ha sido incluido para conocer las tendencias más actuales sobre la energía undimotriz.

### 3.1. Distribución de las publicaciones por año y estructura de citas

En la Figura 1 se puede apreciar que en 2017 hubo un crecimiento del 24,3% respecto del año anterior. A partir del 2017, la evolución de las publicaciones fue sostenida en torno al 7%, sin embargo en 2020 hubo un nuevo incremento del 18,3% frente al año 2019. En cuanto a las publicaciones de los 6 primeros meses del 2021, se comprueba que ya han alcanzado más de la mitad en relación al año 2020.

Por lo tanto, se puede concluir que el ámbito de la energía undimotriz está teniendo un interés cada vez mayor por parte de los investigadores.

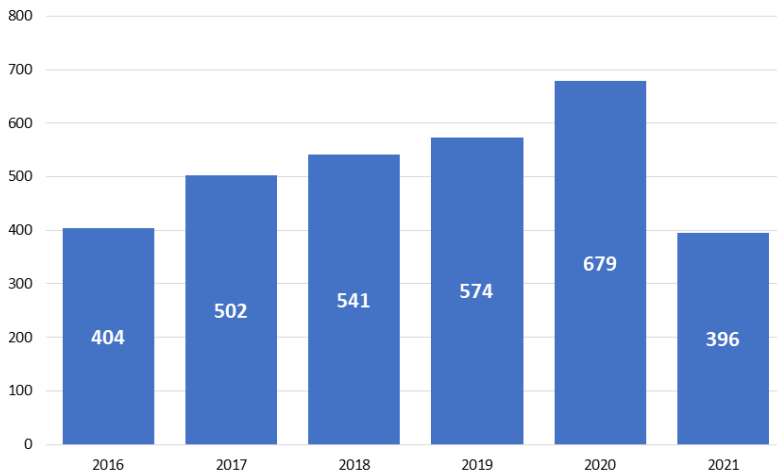


Figura 1. Distribución de las publicaciones por año. Fuente: elaboración propia (2021)

Según la Tabla 1 se puede constatar que, aun siendo un campo de interés según se ha comprobado anteriormente, el 23,2% de los artículos indexados en la base de datos WoS han tenido 0 citas, el 89% han recibido menos de 10 y solamente el 11% han sido referenciados más de 20 veces.

**Tabla 1. Estructura general de citas**

Referencias citadas	Total artículos	%
= 0 citas	719	23,2%
≥ 1 citas < 10	1563	50,5%
≥ 10 citas < 20	473	15,3%
≥ 20 citas < 50	271	8,8%
≥ 50 citas < 100	59	1,9%
≥ 100 citas < 200	9	0,3%
≥ 200 citas < 300	1	0,0%
≥ 300 citas	1	0,0%
<b>Total</b>	<b>3096</b>	<b>100%</b>

Fuente: elaboración propia (2021)

En cuanto a las citas por fecha, se observa que el año 2017 es el que más referencias ha obtenido con más de 6.930 a pesar de no ser el más productivo que fue el 2020.

**Tabla 2. Estructura de citas por año**

Año	TA	TC	≥ 1	≥ 10	≥ 20	≥ 50	≥ 100	≥ 200	≥ 300
2016	404	6935	160	103	94	18	3	0	1
2017	502	7079	250	126	69	22	5	1	0
2018	541	5560	291	115	65	12	1	0	0
2019	574	3909	356	86	34	5	0	0	0
2020	679	2090	412	43	9	2	0	0	0
2021	396	158	94	0	0	0	0	0	0
<b>Total general</b>	<b>3096</b>	<b>25731</b>	<b>1563</b>	<b>473</b>	<b>271</b>	<b>59</b>	<b>9</b>	<b>1</b>	<b>1</b>
<b>%</b>	<b>100,0%</b>		<b>50,48%</b>	<b>15,3%</b>	<b>8,75%</b>	<b>1,9%</b>	<b>0,02%</b>	<b>0,03%</b>	<b>0,03%</b>

Abreviaciones: TA: Total artículos; TC: Total número de citas; ≥ 300, ≥ 200, ≥ 100, ≥ 50; ≥ 20, ≥ 10, ≥ 1: Número de artículos igual o más 300, 200, 100, 50, 20 y 1 citas.

Fuente: elaboración propia (2021)

### 3.2. Distribución geográfica por países

Analizando la distribución geográfica de los documentos publicados, se puede apreciar en la Tabla 3 que China es el país con el mayor número de artículos con 796, seguido de Estados Unidos con 539, Inglaterra con 241, España con 145 y Australia con 139.

En relación a la estructura de citas, ésta coincide con la producción de trabajos ya que China vuelve a ser el país más referenciado con 6.849 citas y EE. UU. con 6.384.

**Tabla 3. Países con más publicaciones**

Nº	País	TA	TC	H	TC/TA	≥300	≥200	≥100	≥50	≥20	≥10	≥1	≥0
1	China	796	6849	39	8,6	0	1	6	26	90	189	417	796
2	Estados Unidos	539	6384	40	11,8	0	1	5	32	79	178	273	539
3	Inglaterra	241	2427	24	10,1	0	0	0	4	38	100	140	241
4	España	145	1564	23	10,8	0	0	0	1	30	57	87	145
5	Australia	139	1328	21	9,6	0	0	0	4	21	49	73	139

*Abreviaciones en Tabla 2; H: índice-h de la base de investigación.*

*Fuente: elaboración propia con BibExcel (2021)*

### 3.3. Autores más productivos y citados

La Tabla 4 contiene a los 5 autores que más investigaciones han publicado con sus respectivas instituciones y países de origen. Además, se refleja el índice-h que se utiliza para medir el rendimiento científico de los autores según la base de datos utilizada y el promedio de citas por artículo.

Se observa por lo tanto que el autor con más divulgaciones es ‘Ringwood, J.’ con 64 trabajos y una media de 11,9 citas por documento. Sin embargo, su índice-h es de 17 y es menor que el del tercer autor más productivo ‘Wang, Z.’, que tiene un índice-h de 29 con un total de 59 artículos y un promedio de 37 referencias para cada uno. En consecuencia, ‘Wang, Z.’ es el autor que destaca con el mayor número de citas (2.185). Cabe destacar que ‘Zhang, Y.’ ocupa el segundo puesto con mayor productividad con 63 publicaciones.

**Tabla 4. Autores con más publicaciones**

Nº	Autor	TA	Universidad	País	TC	H	TC/TA	≥100	≥50	≥10	≥1
1	Ringwood J	64	Maynooth University	Irlanda	759	17	11,9	3	30	51	64
2	Zhang Y	63	Peng Huanwu Ctr Fundamental Theory	China	407	12	6,5	1	14	42	63
3	Wang Z	59	Chinese Academy of Engineering Physics	China	2185	29	37,0	13	35	48	55
4	Zhang X	48	Ocean University of China	China	369	12	7,7	1	15	38	48
5	Liu Y	43	Ocean University of China	China	193	8	4,5	0	7	26	43

*Abreviaciones en Tabla 2; H: índice-h de la base de investigación.*

*Fuente: elaboración propia con BibExcel (2021)*

### 3.4. Revistas más productivas y citadas

En la Tabla 5 se puede comprobar que las revistas con más publicaciones desde 2016 son ‘Renewable Energy’ con 210 artículos (3.154 citas), ‘Energies’ con 170 (1.172 citas) y ‘Ocean Engineering’ con 160 (1.325 citas). Con respecto a la estructura de citas, mencionar de nuevo la revista ‘Renewable Energy’ que ha publicado 3 documentos con al menos 100, 200 y 300 citas respectivamente.

Las dos revistas con mayor factor de impacto en 2020 y en los últimos 5 años son ‘Renewable Energy’ con 18,4 y ‘Energy’ con 14,1.

**Tabla 5. Revistas con más publicaciones**

Nº	Revista	TA	TC	H	TC/TA	IF 2018	IF 5 años	≥300	≥200	≥100	≥50	≥20	≥10	≥1	0
1	Renewable Energy	210	3154	27	15	24,1	18,4	1	1	1	5	57	109	189	210
2	Energies	170	1172	17	7	8,6	7,5	0	0	0	2	11	40	132	170
3	Ocean Engineering	160	1325	18	8	10,7	9,3	0	0	0	1	14	57	136	160
4	Energy	99	1197	19	12	17,6	14,1	0	0	0	2	19	45	85	99
5	Journal of Marine Science and Engineering	77	257	10	3	3,5	3,4	0	0	0	0	0	10	51	77

*Abreviaciones en Tabla 2; IF: Índice factor.*

*Fuente: elaboración propia con BibExcel (2021)*

### 3.5. Estructura por categorías en WoS

En cuanto a la clasificación por categorías en WoS, la Tabla 6 muestra que la que más destaca es ‘Energy & Fuels’ con el 26,2% de los artículos, seguido de ‘Oceanography’ con el 13,2%, ‘Engineering, Ocean’ con el 12,9% y ‘Green & Sustainable Science & Technology’ con el 12,5%.

**Tabla 6. Principales categorías en WoS y estructura de citas**

Categoría WOS	TA	%	TC	H	TC/TA	≥300	≥200	≥100	≥50	≥20	≥10	≥1
Energy & Fuels	810	26,2%	9867	10	12	1	1	6	28	152	331	680
Oceanography	408	13,2%	2641	7	6	0	0	0	1	26	104	317
Engineering, Ocean	398	12,9%	2572	6	6	0	0	0	2	26	101	312
Green & Sustainable Science & Technology	386	12,5%	5516	6	14	1	1	4	16	90	180	331
Engineering, Marine	312	10,1%	1935	5	6	0	0	0	1	18	79	239

*Abreviaciones en Tabla 2; H: índice-h de la base de investigación.*

*Fuente: elaboración propia con BibExcel (2021)*

## **Conclusiones**

El objetivo de este estudio era aportar conocimiento cuantitativo al campo de la investigación sobre la energía undimotriz, mediante la identificación de variables como las publicaciones por año con su estructura de citas, los países que más publican, los principales investigadores, las revistas científicas y las áreas de investigación.

El análisis bibliométrico ha demostrado que el interés por la energía de las olas ha tenido un crecimiento constante a lo largo de todo el periodo de la base analizada. Además, cabe destacar que los artículos publicados entre 2018 y mediados de 2021 representan el 70% del total. No obstante, el 89% de los trabajos correspondientes a ese periodo de tiempo han obtenido menos de 10 citas, siendo 2016, 2017 y 2018 los años que más referencias han generado con el 76% del total.

Los países más activos en cuanto al número de publicaciones son China, que tiene más del 25,7% de los documentos y Estados Unidos con un 17,4%. En cuanto a los autores más productivos destacan Ringwood, J., y Zhang, Y. con 64 y 63 artículos respectivamente.

Por otro lado, las dos primeras revistas con más investigaciones y citas son ‘Renewable Energy’ con el 6,78% de toda la base y ‘Energies’ con 5,49%. Dentro del apartado de categorías, el 26,2% de los documentos se clasifican dentro de “Energy & Fuels”.

Como limitaciones, se podría señalar que los resultados proceden únicamente de WoS y aunque se considera una de las más influyentes, se podría complementar con otras bases como por ejemplo Scopus. Además, hay que tener en cuenta que se trata de un análisis bibliométrico con un periodo de tiempo predeterminado y por lo tanto, en el futuro, los datos e interpretaciones podrían evolucionar de manera diferente.

Como futuras líneas de investigación, se recomienda realizar estudios sobre temáticas más concretas como podrían ser analizar los diferentes sistemas existentes sobre la energía undimotriz y su rendimiento energético.

## **Referencias**

- Barstow S., Mørk G., Mollison D., Cruz J. (2008). The Wave Energy Resource. In: Cruz J. (eds) Ocean Wave Energy. Green Energy and Technology (Virtual Series) Springer, Berlin, Heidelberg, pp. 93-132. [https://doi.org/10.1007/978-3-540-74895-3\\_4](https://doi.org/10.1007/978-3-540-74895-3_4)
- Bonilla, C. A., Merigó, J. M., & Torres-Abad, C. (2015). Economics in Latin America: a bibliometric analysis. *Scientometrics*, 105(2), 1239–1252. <https://doi.org/10.1007/s11192-015-1747-7>
- Cancino, C., Merigó, J. M., Coronado, F., Dessouky, Y., & Dessouky, M. (2017). Forty years of Computers & Industrial Engineering: A bibliometric analysis. *Computers and Industrial Engineering*, 113, 614–629. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2017.08.033>

- Falcão, A. F. O., & Henriques, J. C. C. (2016). Oscillating-water-column wave energy converters and air turbines: A review. *Renewable Energy*, 85, 1391–1424. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2015.07.086>
- Hirsch, J. E. (2005). An index to quantify an individual's scientific research output. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 102(46), 16569–16572.
- Martínez, M. A., Herrera, M., Contreras, E., Ruíz, A., & Herrera-Viedma, E. (2014). Characterizing highly cited papers in Social Work through H-Classics. *Scientometrics*, 102(2), 1713–1729.
- Merigó, J. M., Gil-Lafuente, A. M., & Yager, R. R. (2015). An overview of fuzzy research with bibliometric indicators. *Applied Soft Computing Journal*, 27, 420–433.
- Thongpapanl, N. (2012). The changing landscape of technology and innovation management: An updated ranking of journals in the field. *Technovation*, 32(5), 257–271.