

Análisis de las tendencias de los resultados de investigación en producción de biodiésel de 2009 a 2016

Trend analysis of research results in biodiesel production from 2009 to 2016

Aldair Benavides Gamero^{1*}, Guillermo Valencia Ochoa², Lourdes Meriño Stand³

¹Est. Ing. Mecánica, Facultad de Ingeniería, Universidad del Atlántico, Grupo de investigación en Gestión Eficiente de la Energía, Caí. Barranquilla, Colombia

²M.Sc. Ing. Mecánico, Docente Facultad de Ingeniería, Universidad del Atlántico, Grupo de Investigación en Gestión Eficiente de la Energía, Caí. Barranquilla, Colombia

³Dr. Ing. Química, Docente Facultad de Ingeniería, Universidad del Atlántico, Grupo de Investigación en Gestión Eficiente de la Energía, Caí. Barranquilla, Colombia
Email: aebenavides@mail.uniatlantico.edu.co

Recibido: 2/07/2018

Aceptado: 30/07/2018

Cite this article as: A. Benavides-Gamero, G. Valencia-Ochoa, L. Meriño-Stand "Trend analysis of research results in biodiesel production from 2009 to 2016", *Prospectiva*, Vol 16, N° 2, 89-93, 2018.

RESUMEN

El presente estudio se realizó con el fin de evaluar la producción mundial científica relacionado a la producción del combustible biodiésel tomando bases e información de los años abarcados entre 2009–2016. Los resultados de las publicaciones, revistas, categorías de los temas, instituciones fueron analizados para hallar la producción investigativa mundial del biodiésel. Además, se aplicó el "análisis de conglomerados de palabras" (Word cluster analysis) para mostrar una visión sobre las tendencias acerca de la fabricación y producción del biodiésel. Los resultados indican que las publicaciones anuales sobre la producción de biodiésel se fue incrementando a partir del año 2009 y con un avance significativo de casi el doble entre los años 2010 y 2011. China y Malasia con 3 instituciones a nivel mundial están en el top 10 de instituciones contribuyente con relación a la producción de biodiésel en los últimos años.

Palabras claves: Análisis bibliométrico; Biodiésel; Producción; Energía; Energía renovable.

ABSTRACT

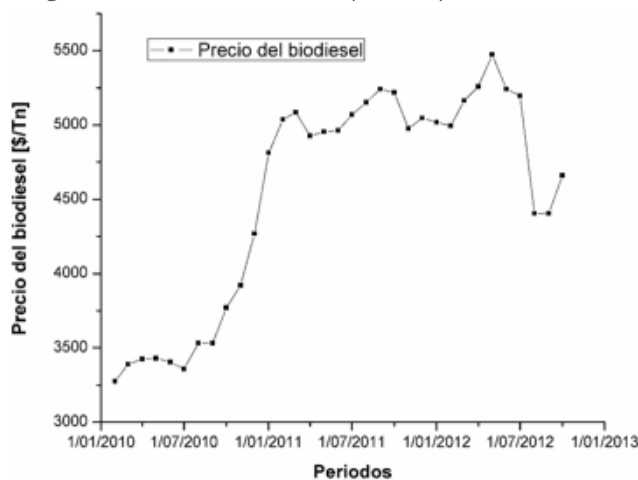
This study was carried out in order to evaluate the global scientific production related to the production of biodiesel fuel taking into account bases and information from the years covered from 2009–2016. The results of publications, journals, subject categories, institutions were analyzed to find the worldwide research output of biodiesel. In addition, "Word cluster analysis" was applied to show a view of trends in biodiesel production and its manufacture. The results indicate that the annual publications on biodiesel production have been increasing since 2009 and with a significant advance of almost double between 2010 and 2011. China and Malaysia with 3 institutions worldwide are in the top 10 contributing institutions in relation to biodiesel production in recent years.

Key words: Bibliometric analysis; Biodiesel; Production; Energy; Renewable energy.

1. INTRODUCCIÓN

El mundo se enfrenta a una grave crisis energética en este siglo debido a la creciente industrialización y al uso excesivo de recursos naturales como los combustibles fósiles, estos combustibles representan el 88% del consumo energético mundial [1], este problema llevó a la necesidad de que aparecieran nuevas alternativas tales como el biodiésel y el bio-hidrógeno [2], por ende la producción de biodiésel en la actualidad es tendencia mundial [3], debido a la intensa búsqueda y necesidad de un combustible mucho más limpio e incluso nuevas fuentes de energía con una baja emisión de carbono, tanta como sea posible, tales como, energía solar, térmica, eólica, geotérmica, etcétera [4], las cuales son mejoradas a diario para la obtención de mejoras, y disminuir los inconvenientes intrínsecos de cada una. Por otro lado, el biodiésel es un combustible alternativo, renovable, biodegradable y amigable con el medio ambiente y puede ser utilizado sin ningún inconveniente en motores encendidos por compresión [6-7]. Tanto así que Brasil ha incrementado su producción de biodiesel de 736 m³ a 3,419,838 m³ en menos de 10 años [6], en otros lugares del mundo como Pakistán se le apuesta al nuevo combustible, al usar aguas residuales como materia prima debido a su alta sustentabilidad [7], para cumplir el objetivo del gobierno el cual es utilizar un 10% de biodiésel mezclado para el año 2025 [8], aunque se espera que en otros países sea mucho más cercana debido a que la producción de biocombustibles será más rápida en los siguientes años [7], aunque hay que recalcar que la producción de biodiésel trae consigo un inconveniente, que es el que no permite su uso de una manera más generalizada, y es el elevado precio del mismo, a continuación se muestra la figura 1 [9] con el precio del combustible en un periodo comprendido entre los años 2010-2012.

Figura 1. Precio del biodiésel período 2010-2012, adaptado de MIN-ER-AR.
Figure 1. Price of biodiesel 2010-2012 period adapted from MIN-ER-AR.



Cada día se estudia con mayor frecuencia la producción de biodiésel, debido a que tiene consigo muchas maneras de hacerse en todo tipo de seres vivo, incluso

hasta en el procesamiento de alimentos [10], es de gran importancia la producción de este combustible por medio de microalgas debido a que estos microorganismos además de mitigar emisiones de CO₂ y producir limpidos [11], pueden capturar el dióxido de carbono con una eficiencia diez veces más grande que las plantas terrestres [12], además, de su alto contenido de aceite y rápida producción de biomasa [13], aunque estas investigaciones no son de un día para otro, de hecho la producción de biodiésel tiene una gran historia, estas están clasificadas como biocombustibles de primera generación (G1), segunda generación (G2) y tercera generación (G3) [14]. Tan grande ha sido la producción del biodiésel que se han hecho publicaciones con más de ocho mil autores, en 485 revistas y en 94 países alrededor del mundo, estos resultados fueron hallados por medio de estudios bibliométricos, los cuales fueron introducidos por primera vez por Pritchard [15], este es un método efectivo que usa análisis cuantitativo y estadístico para describir tendencias en búsquedas en campos específicos. La bibliometría se ha aplicado ampliamente para el análisis de método y la producción científica de las tendencias de investigación en numerosos campos. El presente estudio, ha sido realizado con análisis bibliométricos comprendidos entre el año 2006 al 2016, mediante artículos básicos de publicación, incluyendo, resultado de publicaciones, categorías temáticas, revistas, países e institutos para describir el estado de investigación acerca de la producción de biodiésel. Además, el análisis de conglomerados de palabras se aplicó para evaluar la tendencia, durante la última década. Estos resultados ayudan a proveer una base para una mejor comprensión del desarrollo de la investigación global sobre producción de biodiésel.

2. METODOLOGÍA

2.1 Fuente de información y métodos

Los documentos usados en este estudio fueron obtenidos de la procesadora de metadatos HitsCite, FN Thomson Reuters Web of knowledge. En la versión 2017 con 485 revistas y 48574 referenciadas, fueron enlistadas. Debido a la ausencia de estudios y artículos antes del 2009, solo se tomaron aquellos artículos después de este año. Los artículos relacionados con la producción de biodiesel fueron consultados con base a los temas de (Bioresource Technology, Fuel, Renewable Energy, Renewable and Sustainable Energy Reviews, Energy Sources, Energy Conversion and Management, Fuel Processing Technology, Applied Energy, Energy and Fuels, Biomass and Bionergy, Energy) el factor de impacto reportado de cada revista fue obtenido de acuerdo a la versión del 2017.

Todos los artículos relacionados con la producción de biodiésel en los últimos 8 años (2009-2016) se evaluaron de la siguiente manera: categoría, publicaciones, revis-

tas e institutos, con el fin de conocer la tendencia de las diferentes investigaciones, además del uso del análisis de conglomerados de palabras, el cual combinó las palabras en el título, palabras clave y resúmenes para facilitar la búsqueda del tema mencionado con anterioridad.

2.2 Procedimiento

Para el tratamiento de la información y generación de resultados, fue necesario el estudio cuantitativo, con los siguientes cuatro pasos, como se muestra en la figura 2.

Figura 2. Pasos para realización de análisis cuantitativos.
Figure 2. Steps to perform scientific analysis.



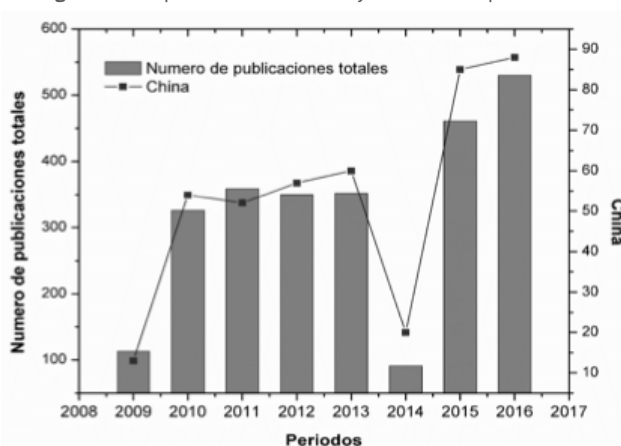
En la primera etapa del procedimiento, la cual corresponde a la búsqueda, es en la que se definen criterios como palabras claves y se ratifica la fuente de información; seguido a esto se descarga los metadatos obtenidos. Posteriormente en la etapa de exportación, se consigue una base de datos la cual se trasladaron al programa HitsCite, donde al final se halló el análisis con los indicadores bibliométricos. En la etapa de estudio, se recopilaban los indicadores bibliométricos que son generados por HitsCite, para el procesamiento de esta información científica, los cuales se visualizaron en una última etapa, mediante la obtención de tablas datos y gráficos que muestran los resultados estudiados [16].

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Publicaciones

El biodiésel se desarrolló de forma significativa a raíz de la crisis energética y el elevado costo del petróleo en 1970, en el año 1982 se realizaron las primeras pruebas, pero es solo en 1988 cuando se empieza a hacer producciones locales de este biocombustible, a principios del año 2009, se empiezan a hacer estudios significativos, tanto así que en ese año se publicaron 112 artículos investigativos, y tan grande fue el desarrollo que para el año 2010 el número de artículos publicados fue de 326, para el 2011 fue de 359, para el 2012 fue de 350, y 352 para el año 2013, para el cual ya se habían publicado 1500 artículos en total, pero en el año 2014 hubo una decadencia abrupta con respecto al año anterior, hasta la fecha se han registrado 3002 publicaciones en HitsCite, de las cuales se han publicado la gran parte por el país chino, tal como se muestra en la figura 3.

Figura 3. Publicaciones totales y país que más publica.
Figure 3. Total publications and country with the most publications.



3.2 Distribución de publicaciones de países e institutos

Las contribuciones de los artículos publicados por institutos relacionados con producción de biodiésel formaron un total de 3006 publicaciones, de las cuales 22 no tienen datos acerca de su instituto lo que deja un total de 2150 institutos inscritos en la base de datos de HitsCite. La tabla 2 (top 15 de países) muestra a China e India como los máximos países que han publicado temas relacionados a la producción de biodiésel publicando 493 y 369 artículos respectivamente seguido de Brasil (304) USA (256) y Malasia (255) lo cual ya supera al siguiente país España con casi el doble (161) como se muestra en la tabla 1.

Tabla 1. Top 15 de los países más productivos en producción de biodiésel.
Table 1. Top 15 of the most productive countries in biodiesel production.

Países	Publicaciones	(%) Porcentaje	TLCS	TGCS
China	493	16,4%	2162	9299
India	369	12,3%	1517	6077
Brasil	304	10,1%	555	3142
USA	256	8,5%	832	5308
Malasia	255	8,5%	1677	6366
España	161	5,4%	552	2960
Irán	124	4,1%	320	1417
Corea del sur	122	4,1%	413	1888
Japón	110	3,7%	506	1600
Tailandia	108	3,6%	357	1629
Canadá	83	2,8%	244	1346
Italia	80	2,7%	232	1200
Taiwán	75	2,5%	378	1985
Turquía	66	2,2%	208	1190
Reino Unido	62	2,1%	209	1168

TLCS, Puntaje total de citas locales; TGCS, puntaje total de citas globales

El primer estudio relacionado con la producción de biodiésel se publicó con 3 autores de origen chino en el mes de julio del año 2009. De los 2150 institutos, 1328 publicaron 1 solo artículo (61.767%) y 330 institutos publicaron

2 artículos (15.3488). La tabla 3, provee la lista del top 15, de los institutos más productivos durante los años 2009 hasta 2016. La Universidad Sains Malasia (66) está de primero en el rango, seguido por la Universidad de Malasia (62) y en tercer lugar China's Academy Science(59), los datos de esta última academia fueron parcializados, debido a que esta se encuentra en muchas ciudades, y podría aparecer un ranking distinto, estos podrían ser generado si los artículos fueran generados por divisiones o ramificaciones, esto es notable debido a que 3 institutos del top 10 son originarios de China, lo cual está de acuerdo con la tabla anterior y como ha aumentado las publicaciones en China. A lo largo del top 10 de los institutos más productivos se encontró 2 institutos en sur América, las cuales son Universidad de Sao Paulo y la Universidad Federal de Rio de Janeiro. Los institutos provenientes de Malasia suelen tener mayores referencias a nivel global (TGCS) con un 46,88% en el top 10, lo descrito con anterioridad se puede visualizar en la tabla 2.

Tabla 2. Top 12 de los institutos más productivos acerca de la producción de biodiesel.
Table 2. Top 12 of the most productive institutes on biodiesel production.

Institutos	Publicaciones	Porcentaje	TLCS	TGCS
Univ Sains Malaysia	66	2,2%	668	2531
Univ Malaya	62	2,1%	414	1565
Chinese Acad Sci	59	2,0%	241	981
Univ Putra Malaysia	44	1,5%	252	888
Indian Inst Technol	41	1,4%	135	666
Tsinghua Univ	38	1,3%	172	752
Univ Sao Paulo	38	1,3%	36	311
Univ Fed Rio de Janeiro	37	1,2%	60	330
Chulalongkorn Univ	30	1,0%	91	327
Univ Chinese Acad Sci	25	0,8%	57	182

TLCS, Puntaje total de citas locales; TGCS, puntaje total de citas globales

A continuación, en la tabla 3 se muestra el número de publicaciones por año de las revistas más importantes entre los años comprendido entre 2009-2016 en el cual se puede ver como la revista Fuel ha tenido un aumento considerable en los últimos 2 años, y como Bioresource Thechnology se ha mantenido top1 y publicando un número de artículos bastantes significativos.

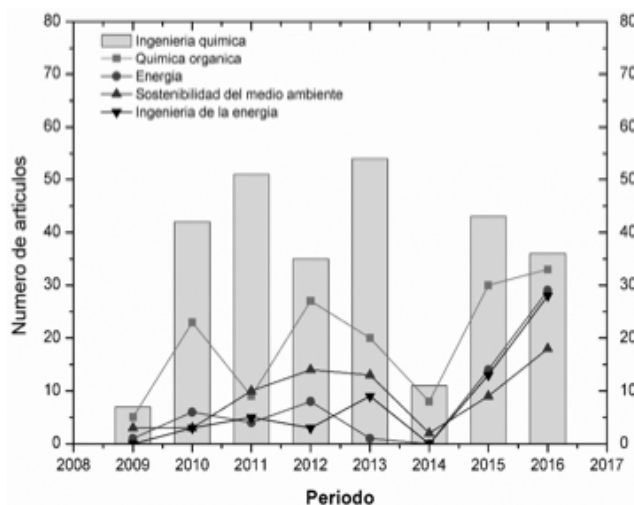
Tabla 3. Publicaciones por años de las revistas más importantes.
Table 3. Publications by year of major journals.

Años	Bioresource Technology	Fuel	Renewable Energy	Renewable and Sustainable Energy Reviews	Energy Sources Part A: Recovery, Utilization and Environmental Effects
2009	7	5		1	3
2010	42	23		6	3
2011	51	9		4	10
2012	35	27		8	14
2013	54	20		1	13
2014	11	8		0	2
2015	43	30		14	9
2016	36	33		29	18

Las publicaciones relacionadas a la producción de biodiésel entre los años 2009 y 2016, brindaron grandes aportes para las diferentes ramas de estudios, tales como ingeniería química, química orgánica e incluso en campos energéticos, entre otros. La ingeniera química ocupa el primer lugar como el campo de estudio que más se benefició a partir de artículos publicados y con una gran diferencia entre los otros campos de estudios, sin importar el año, el filtrado por áreas del conocimiento fue obtenido por medio de Scimago Journal & Country Rank (SJR) y fue ilustrado de manera gráfica como se muestra en la figura 4.

Figura 4. Crecimientos en las tendencias relacionadas a la producción de biodiésel top 5.

Figure 4. Growth in trends related to the production of top 5 biodiesel.



3.3 Temas de interés

Las palabras claves de un autor en un artículo pueden suplir detalles acerca del tema artículo y un análisis de estos, esto puede ofrecer las tendencias de las búsquedas de información de un campo particular. En los 3006 artículos se encontraron un total de 12932 palabras claves, de las cuales solo se usaron 1 vez 3613 (24,45%), el número de palabras claves que se repitieron 2 veces fueron 978 (7,562%). La palabra biodiésel, fue asociada a muchos resultados similares, por lo cual su número de artículos encontradas fue 1826, seguidos de transesterificación (666), microalga (182), esterificación (172), lipasa (137), catalizadores heterogéneos (116), optimización (114), producción de biodiésel (107), método de superficie de respuesta (83), desperdicios (82), glicerol (71), biocombustible (64), cinética (53), propiedades de la energía (47), biocombustibles(46), biomasa (46), lípidos (45), análisis de metano (45), glicerol crudo (43), aceite de soya (40). Los resultados basados en las palabras claves de los autores, fueron empleados con el fin de analizar el comportamiento histórico acerca de la producción de biodiésel, donde se aplicó un método llamado (Word cluster analysis), el cual se utilizó para la tendencia de búsqueda como simulaciones, proce-

sos, entre otros. En el presente estudio, los títulos de los artículos, palabras claves de los autores y resúmenes fueron combinados para el análisis.

4. CONCLUSIONES

Basado en los 3006 artículos publicados en la base de HitsCite, este estudio bibliométrico muestra una amplia vista de búsqueda acerca de la producción de biodiésel, y se pueden observar factores significativos a lo largo del estudio. El análisis de palabras claves mostró que los estudios pueden ser separados, en 3 grandes aspectos, tales como biodiésel, transesterificación, y catalizadores, además de aplicaciones y métodos para mejorar el comportamiento de la producción de biodiésel. La búsqueda e investigación acerca de la producción de biodiésel, tuvo un aumento considerable desde el comienzo y se predice que pueden aumentar a futuro.

Los artículos fueron publicados en 485 revistas. La revista Biosources Technology fue la revista con más artículos publicados, seguido de Fuel, Renewable Energy, Renewable and Sustainable Energy Reviews, Energy Sources Part A: Recovery Utilization and Environmental Effects. China y Malasia fueron los países con mayores aportes investigativos con 3 institutos cada uno dentro de un top 12, y según los países, el país con mayores publicaciones es China, seguido de India y Brasil, y la palabra más utilizada como palabras claves en los artículos publicados fue biodiésel (60,7%).

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la Facultad de Ingeniería y al grupo de investigación en gestión eficiente de la energía de la Universidad del Atlántico por el apoyo recibido en el desarrollo de esta investigación, y los recursos disponibles en el laboratorio de gestión eficiente de la energía de la misma institución.

REFERENCIAS

- [1] S. H. Shah, I. A. Raja, M. Rizwan, N. Rashid, Q. Mahmood, F. A. Shah, A. Pervez, "Potential of microalgal biodiesel production and its sustainability perspectives in Pakistan", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 81, 76–92, 2018.
- [2] H. M. Amaro, A. C. Macedo, F. X. Malcata, "Microalgae: An alternative as sustainable source of biofuels?", *Energy*, 44(1), 158–166, 2012.
- [3] J. Greseel, "Transgenics are imperative for biofuel crops", *Plant Science*, 174(3), 246–263, 2008.
- [4] M. T. Arias, A. de J. Martínez Roldán, R. O. Cañizares Villanueva, "Producción de biodiesel a partir de microalgas: parámetros del cultivo que afectan la producción de lípidos", *Acta Biológica Colombiana*, 18(1), 43–68, 2013.
- [5] H. Liu, X. Ma, B. Li, L. Chen, Z. Wang, J. Wang, "Combustion and emission characteristics of a direct injection diesel engine fueled with biodiesel and PODE/biodiesel fuel blends", *Fuel*, 209, 62–68, 2017.
- [6] F. C. de Oliveira, S. T. Coelho, "History, evolution, and environmental impact of biodiesel in Brazil: A review", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 75, 168–179, 2017.
- [7] F. C. de Oliveira, S. T. Coelho, "History, evolution, and environmental impact of biodiesel in Brazil: A review", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 75, 168–179, 2017.
- [8] M. Ali, R. Sultana, S. Tahir, I. A. Watson, M. Saleem, "Prospects of microalgal biodiesel production in Pakistan – A review", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 80, 1588–1596, 2017.
- [9] Ministerio de Energía y Minería "Precios de Biodiesel," [Internet] disponible desde: https://glp.se.gov.ar/biocombustible/reporte_precios.php#categoria [Acceso 7 de Octubre 2017].
- [10] O. V. Okoro, Z. Sun, J. Birch, "Meat processing dissolved air flotation sludge as a potential biodiesel feedstock in New Zealand: A predictive analysis of the biodiesel product properties", *Journal of Cleaner Production*, 168, 1436–1447, 2017.
- [11] O. V. Okoro, Z. Sun, J. Birch, "Meat processing dissolved air flotation sludge as a potential biodiesel feedstock in New Zealand: A predictive analysis of the biodiesel product properties", *Journal of Cleaner Production*, 168, 1436–1447, 2017.
- [12] J. C. M. Pires, M.C.M. Alvim-Ferraz, F.G. Martins, M. Simões, "Carbon dioxide capture from flue gases using microalgae: Engineering aspects and biorefinery concept", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16, 5, 3043–3053, 2012.
- [13] M. M. Phukan, R. S. Chutia, B.K. Konvar, R. Katak, "Microalgae Chlorella as a potential bio-energy feedstock", *Applied Energy*, 88(10), 3307–3312, 2011.
- [14] B. G. Subhadra, "Sustainability of algal biofuel production using integrated renewable energy park (IREP) and algal biorefinery approach", *Energy Policy*, 38(10), 5892–5901, 2010.
- [15] R. Narváez Martínez, C. Cataño Conde, G. Yaber Bernal, P. Quintero, "Importancia e impacto del biodiesel como energía renovable a partir de aceites vegetales reciclados en Barranquilla", *Academia Libre*, 10, 2012.
- [16] I. S. Nieto, Y. Cárdenas, G. Valencia, "Análisis cuantitativo de la investigación de sistemas fotovoltaicos integrados a edificios desde el año 2000 a 2017", *Revista Espacios*, 38(47), 29, 2017.