

Velocidad en la producción científica de los biocombustibles en países Latinoamericanos

The rate of production in scientific publications of biofuels in Latin America countries

Jiménez-Islas D.^{1*}, Pérez-Romero M. E.^{2,4}, Aranzolo-Sánchez P. A.³

¹ Ph. D. División de Ingeniería en Energías Renovables. Instituto Tecnológico Superior de Huichapan. Hidalgo, México.

² M Sc. Facultad de Ciencias Económico-Administrativas. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, México.

³ Eng. División de Ingeniería en Energías Renovables. Instituto Tecnológico Superior de Huichapan. Hidalgo, México.

⁴ M Sc. División de Ingeniería en Gestión Empresarial. Instituto Tecnológico Superior de Huichapan. Hidalgo, México.

*djimenez@iteshu.edu.mx

Recibido: 13/05/2020
Aceptado: 26/11/2020

Cite this article as: D. Jiménez-Islas, M.E Pérez-Romero , P.A. Aranzolo-Sánchez “Velocidad en la producción científica de los biocombustibles en países Latinoamericanos”, *Prospectiva*, Vol 19, N° 1, 2021.

<http://doi.org/10.15665/rp.v19i1.2379>

RESUMEN

Los indicadores bibliométricos que describen la evolución científica son un instrumento de evaluación para la toma de decisiones en los países que buscan mantener independencia energética, sin embargo, aunque los países latinoamericanos se encuentran en la misma clasificación regional, su aportación en publicaciones científicas es variada. El objetivo del presente trabajo es determinar la velocidad de las publicaciones científicas en el tema de biocombustibles en países latinoamericanos, a través de la ecuación logística y exponencial, a partir de los datos bibliométricos de la base de datos de Scopus. Los resultados del promedio del coeficiente de determinación (R^2 0.9646) indican que la ecuación logística describe de mejor manera los datos de las publicaciones en comparación con la ecuación exponencial (R^2 0.92). El modelo exponencial coloca en el ranking de países de mayor velocidad de publicaciones en el campo de biocombustibles a Colombia, Costa Rica, Brasil y Bolivia. Los modelos son una herramienta de análisis que permite describir y predecir el comportamiento de las publicaciones y puede aplicarse a otras áreas.

Palabras clave: Bibliometría; biocombustible; Latinoamérica; Publicaciones científicas; Scopus.

ABSTRACT

The bibliometric indicators which describes the evolution scientific are evaluation instrument to take decisions in the countries who search to maintain energy independence, nevertheless, Although the Latin American countries are in the same regional classification, their contribution in scientific publications is varied. The aim of this work was to determine the rate of scientific publications on the subject of biofuels in Latin America countries, through the logistic and exponential equations, using bibliometric data of the Scopus database. The results of the average of determination coefficients (R2 0.9646) indicate that the logistic equation better describes the data from the publications compared to the exponential equation (R2 0.92). The exponential equation places Colombia, Costa Rica, Brazil and Bolivia in the ranking of countries with the highest rate of publications in the field of biofuels. Models are an analysis tool that allows describing and predicting the behavior of publications and can be applied to other areas.

Keywords: Bibliometric; Biofuels, Latin America; Scientific publications; Scopus.

1 INTRODUCCIÓN

La necesidad de confort de la población exige el consumo de los recursos energéticos que traen consigo problemas de contaminación durante su extracción, refinación y combustión. Con la intención de aminorar la problemática de contaminación, han surgido los biocombustibles como fuentes de energía alterna, los cuales son compatibles con el medio ambiente y se pueden incorporar de forma gradual en el sistema de transporte actual. Los biocombustibles son clasificados en diferentes generaciones a partir de la materia prima usada en su producción; la primera generación de biocombustibles es obtenida de cultivos alimentarios como maíz, caña de azúcar y canola, de los que se genera bioetanol y biodiesel a través del proceso de fermentación y transesterificación; la segunda generación utiliza materiales lignocelulósicos, teniendo ventajas al no competir con cultivos utilizados en la alimentación humana; la tercera generación utiliza macro y microalgas para la generación de biodiesel e hidrógeno [1].

Diversas políticas ambientales promueven el desarrollo científico de los biocombustibles, para ello se generan redes y proyectos enfocados a mitigar los problemas de contaminación ambiental, lo que resulta en la publicación de las investigaciones. En este mismo contexto, algunos países de Latinoamérica implementaron programas para promover la producción y uso de biocombustibles con el fin de beneficiarse de sus recursos [2].

La generación de información científica de biocombustibles avanza cada día y está determinada por las políticas en ciencia y tecnología, madurez de los grupos de investigación, interacción con otros grupos de trabajo e infraestructura de cada país; sin embargo, medir la evolución científica se centra en una relación numérica de publicaciones anuales, careciendo de mecanismos que permitan medir su velocidad. La riqueza del conocimiento resulta de la capacidad de innovación [3], este proceso de gestión del conocimiento crece como una necesidad basada en la creación de valor [4].

La bibliometría permite el análisis cuantitativo de la producción científica [5], los indicadores bibliométricos más comunes se basan en la productividad científica de investigadores, organizaciones y países [6]. La evaluación de la información científica ha adquirido importancia en la última década debido a que puede apoyar políticas y programas de los gobiernos con el objetivo de mejorar la capacidad de innovación en diferentes campos de conocimiento e impactar de forma positiva en la innovación y desarrollo regional.

Para el área de energías renovables, se han reportados estudios bibliométricos para diferentes fuentes de energía, entre los que podemos citar, la producción de biodiesel de 2009 a 2016 en la que se demostró un

incremento en el número de publicaciones en el año 2009 [7], análisis de artículos científicos del campo del biogas en el periodo de 1988 a 2015 en la que se mostró un incremento en el número de publicaciones de 2006 a 2011 [8], además de tendencias mundiales de investigación y producción de patentes en el campo de bioetanol, donde China y Estados Unidos son los países líderes [9].

Para conocer la evolución de la producción científica, se considera el número anual de publicaciones, sin embargo, en algunos trabajos se ha considerado la posibilidad de determinar la velocidad de publicación, entre ellos podemos mencionar la producción científica mundial sobre biodiesel en la cual se aplicó una ecuación exponencial de los últimos 15 años ($R^2=0.89$ $y=2.7598e^{0.3054x}$) [10]; otros modelos utilizados en producción científica son los lineales ($y= \text{Log } a + bt$) y logísticos ($U_t=k/(1+\mu)$) [11], también para la publicación de patentes de hidrógeno y celdas de combustible se realizó la evaluación para predecir la curva “S” mediante la ecuación logística [12].

Se ha enfatizado la necesidad de evaluar funciones para caracterizar el crecimiento de las publicaciones, sin embargo, se debe complementar la evaluación con datos de ajuste de los modelos a los datos obtenidos por las bases de datos [13]. Por lo anterior, el objetivo del presente trabajo es determinar la velocidad de publicaciones científicas en el tema de biocombustibles en países Latinoamericanos, a través de la ecuación logística y exponencial, a partir de los datos bibliométricos de la base de datos de Scopus.

2 MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Búsqueda de producción científica en el área de biocombustible para países Latinoamericanos

Se establecieron los criterios de búsqueda que contemplarán a los biocombustibles y sus diferentes variantes, para ello se usaron las siguientes palabras y operadores: “biofuels” OR “bioetanol” OR “biomass” OR “biodiesel” OR “biohydrogen” OR “biogás” OR “bioturbosine”. Los países considerados dentro del estudio son: Argentina, Bolivia, Brasil, Chile, Colombia, Costa Rica, Cuba, Ecuador, El Salvador, Guatemala, Honduras, México, Nicaragua, Panamá, Paraguay, Puerto Rico, Perú, Uruguay y Venezuela. Se descartó República Dominicana al contar con 10 publicaciones, cantidad relativamente pequeña para llevar a cabo el análisis. El procesamiento digital de la información se realizó en Microsoft Excel, permitiendo analizar la información a través de figuras y tablas. Los datos de cada país fueron procesados de forma individual para calcular la velocidad de publicación. La búsqueda se realizó en la base de datos de Scopus, contemplando los resultados de 1990 al 2019.

2.2 Cálculo de la velocidad de publicación

Se establecieron modelos para describir los datos de la producción científica, a partir del número de publicaciones por año. La ecuación logística (1) y exponencial (2) fueron usadas para ajustar los datos y se encontraron las velocidades usando la función *solver* de Excel [14]. Las ecuaciones antes mencionadas, se muestran a continuación:

$$P(t) = \frac{P_{max}}{1 + \left(\frac{P_{max}}{P_0} - 1\right)e^{-rt}} \quad (1)$$

$$P(t) = P_0 e^{rt} \quad (2)$$

Donde: P es la producción científica (número de publicaciones/tiempo), P_0 es la producción científica inicial a $t=0$ (número de publicaciones/tiempo), P_{max} es la producción máxima, r es la velocidad de publicaciones científicas (1/t).

Se realizó la normalización de las publicaciones de la base de datos y las del modelo, mediante la siguiente ecuación de normalización (3):

$$N = (P_{Scopus} - P_{Modelo})^2 \quad (3)$$

Donde: P_{Scopus} son las publicaciones reportadas en Scopus (número de publicaciones/tiempo) y P_{Modelo} son las publicaciones estimadas por el modelo (número de publicaciones/tiempo).

Posteriormente se colocó la restricción de encontrar el mínimo error a través del *solver* de Excel. Para determinar el ajuste del modelo a los datos de la producción científica se calculó el coeficiente de determinación mediante la regresión ($p < 0.05$) de Excel. Por último, se estableció el ajuste de los datos mediante la ecuación exponencial de Excel y de la ecuación de la curva se obtuvo la velocidad. Para el análisis de la información se incluyeron todos los documentos encontrados en la base de datos, bajo las características de artículo, *review*, capítulo de libro, artículo en conferencia y otro.

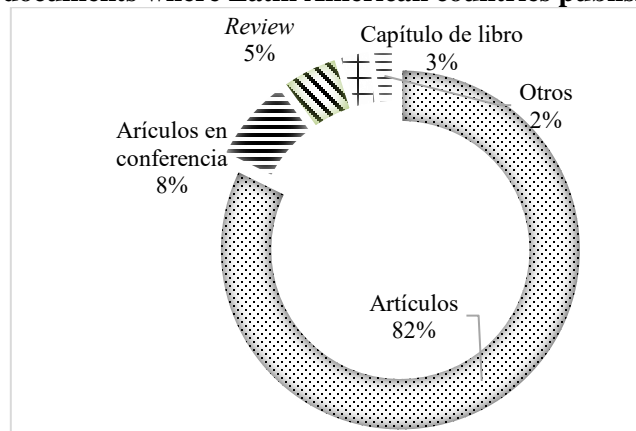
3 RESULTADOS Y ANÁLISIS

3.1 Producción científica en el área de biocombustible para países Latinoamericanos

En la Figura 1, se muestran las publicaciones del tema de los biocombustibles en los países Latinoamericanos por tipo, se observa que el 82% corresponde a artículos, dato superior a lo reportado por Yaoyang y Boeing [15], quienes reportaron el 71% para artículos y 10% en *reviews* en el mapeo del campo de biocombustibles a través de un análisis bibliométrico. En un contexto global, Zhu et al. [16] realizaron un análisis bibliométrico de seguridad energética del año 2000 al 2017, encontrando el 75% de artículos y 13% de *review*. Por otra parte, se tiene el trabajo de Mao et al. [17] quienes encontraron el 80.1% de artículos y 7.2% de *reviews* a partir de las palabras de búsqueda de “biomass energy” en un estudio bibliométrico. En promedio entre el 70 y 80 % de las publicaciones relacionadas a bioenergía se publican en artículos, seguida de *reviews*.

Figura 1. Principales tipos de documentos donde los países Latinoamericanos publican en el tema de biocombustibles.

Figure 1. Main types of documents where Latin American countries publish on biofuels.



3.2 Velocidad específica de publicaciones científicas de los países Latinoamericanos en el tema de biocombustibles.

En la Tabla 1, se muestran las velocidades de publicación de los países Latinoamericanos en el tema de biocombustibles, en la que se puede destacar diferentes grados de ajuste de predicción de las ecuaciones empleadas para estimar los parámetros.

De la aplicación de la ecuación logística, se obtuvo que el ranking de países con mayor velocidad para publicar en temas de biocombustibles son en un primer bloque: 1) Colombia, 2) Costa Rica, 3) Brasil, 4) Bolivia y 5) Nicaragua; estos países tiene una velocidad superior a 0.21 año⁻¹. En un segundo bloque de países con velocidades en el intervalo de 0.20 y menores a 0.21 año⁻¹, 6) Argentina, 7) Ecuador, 8) El Salvador y 9) Venezuela; en el tercer bloque en el intervalo de velocidades entre 0.19 y 0.18 encontramos a: 10) Chile, 11) Honduras y 12) México; en el último bloque del lugar 13 al 18 se encuentra; Cuba, Paraguay, Puerto Rico, Panamá, Perú y Guatemala, con un promedio de coeficiente de determinación R² de 0.9664. Se debe puntualizar que en la velocidad no solo se considera el número de publicaciones, también las condiciones iniciales y finales de las publicaciones a través del tiempo.

Tabla 1. Velocidad de las publicaciones científicas en los países Latinoamericanos
Table 1. Rate of scientific publications in Latin America countries

País	Ecuación logística		Ecuación exponencial		Ecuación exponencial de Excel	
	Constante de velocidad (año ⁻¹)	Coefficiente de determinación (R ²)	Constante de velocidad (año ⁻¹)	Coefficiente de determinación (R ²)	Constante de velocidad (año ⁻¹)	Coefficiente de determinación (R ²)
Argentina	0.2064	0.9880	0.1662	0.9316	0.1653	0.9332
Bolivia	0.2122	0.9737	0.1662	0.8933	0.1602	0.9034
Brasil	0.2173	0.9753	0.1831	0.9521	0.1726	0.9613
Chile	0.1964	0.9777	0.1607	0.9597	0.1452	0.9745
Colombia	0.2242	0.9686	0.1932	0.9746	0.1721	0.9871
Costa Rica	0.2178	0.9854	0.1685	0.8822	0.1383	0.9309
Cuba	0.1768	0.9572	0.1446	0.9513	0.1458	0.9502
Ecuador	0.2061	0.9672	0.1756	0.9798	0.1708	0.9829
El Salvador	0.2059	0.9523	0.1744	0.9824	0.1808	0.9793
Guatemala	0.1455	0.9075	0.1148	0.9419	0.1138	0.9432
Honduras	0.1815	0.9540	0.1425	0.9284	0.1410	0.9303
México	0.1815	0.9720	0.1449	0.9592	0.1409	0.9761
Nicaragua	0.2114	0.9498	0.1591	0.8176	0.1650	0.8115
Panamá	0.1667	0.9715	0.1209	0.9200	0.1091	0.984
Paraguay	0.1748	0.9592	0.1412	0.9623	0.1477	0.9645
Perú	0.1545	0.9403	0.1227	0.9808	0.1070	0.9831
Puerto Rico	0.1713	0.9882	0.1236	0.8859	0.1653	0.9396
Venezuela	0.2003	0.9766	0.1412	0.7728	0.1138	0.9002

Fuente: elaboración propia a partir de datos obtenidos en Scopus.

En un comparativo de los tres sistemas utilizados para estimar las velocidades de publicación, se determinó el promedio de los coeficientes de determinación de cada sistema, siendo la ecuación logística la que tiene un mejor ajuste R² de 0.9646, para exponencial R² de 0.9264 y la proporcionada por el programa de excel R² de 0.9464; lo anterior permite utilizar las constantes de velocidad para hacer estimaciones del comportamiento futuro de las publicaciones científicas en los países Latinoamericanos a partir de parámetros validados por el modelo.

En las publicaciones de países latinoamericanos en el tópico de biodiesel destaca Brasil, seguido de Argentina, Nicaragua, Uruguay y Chile en el periodo comprendido de 1992 a 2006, siendo Brasil el que

tiene más publicaciones debido a su conocida política nacional para afrontar la demanda de combustibles [10].

3.3 Evolución de las publicaciones de los biocombustibles en Latinoamérica

Pandey et al. [18] reportaron en el comportamiento anual de producción científica mundial sobre biodiesel un crecimiento exponencial posterior a 1995, mismo comportamiento que se muestra en las Figuras 2-5, para la producción de biocombustibles en Argentina; además de establecer a través de una ecuación exponencial un ajuste de 0.89 de los datos, con una velocidad global de publicaciones de biodiesel de 0.305 año^{-1} , superior a la obtenida en este trabajo por diferentes modelos, pero con mejor ajuste en el coeficiente de determinación, Tabla 1. El modelo logístico se ajusta a los datos obtenidos de la base de datos Scopus para Argentina, con una velocidad de publicación de 0.2 año^{-1} ; los ajustes con la ecuación exponencial son inferiores. En 2014 la producción mundial de biodiesel fue de 25.2 millones de toneladas, de los cuales Argentina y Brasil generaron cerca del 10 y 11 % [18].

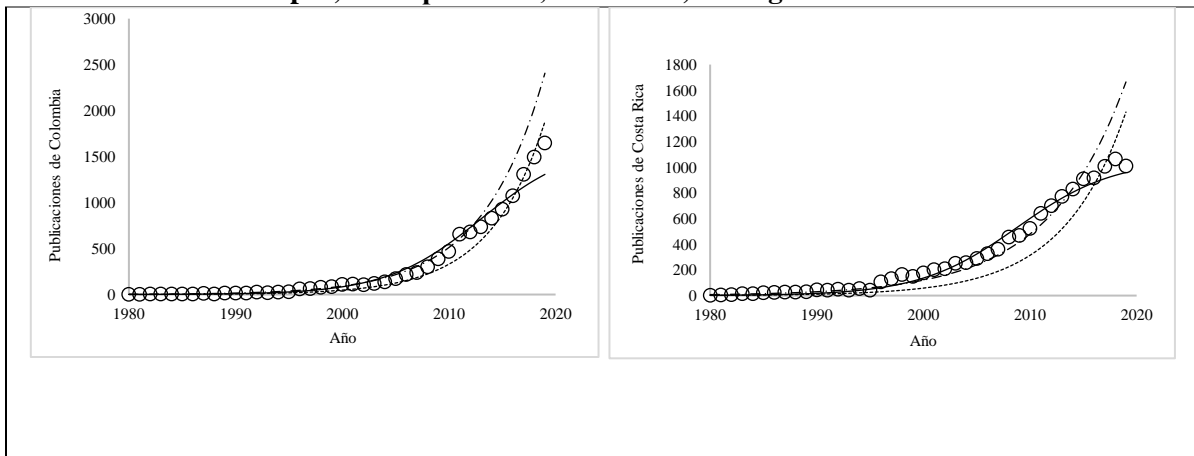
3.3.1 Evolución de las publicaciones de los biocombustibles en Latinoamérica con velocidad mayor a 0.21 año^{-1}

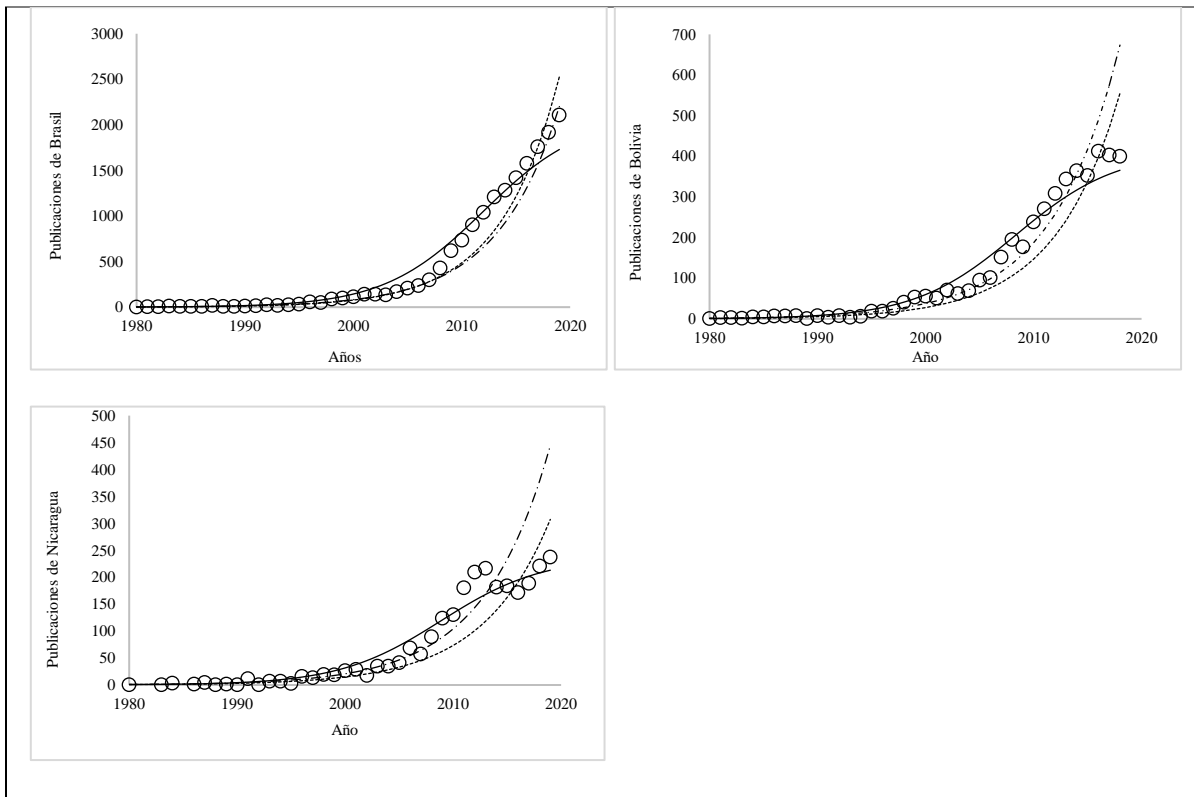
Colombia es el país que mantiene la mayor velocidad (0.22 año^{-1}) de publicación científica en el área de biocombustibles, sin embargo, el número máximo de publicaciones es 22% menor que los publicados por Brasil (2109 publicaciones), obsérvese en la Figura 2. De acuerdo al criterio de búsqueda, a través de un análisis bibliométrico se encontró a la Universidad Nacional de Colombia en el número 1 en publicaciones, seguida de Universidad de Antioquia, Centro Internacional de Agricultura Tropical, Universidad de los Andes Colombia, Universidad Industrial de Santander; el número de instituciones de Colombia ayuda a mantener un constante de crecimiento a corto plazo.

Figura 2. Evolucion de las publicaciones de biocombustibles en Latinoamérica con velocidad mayor a 0.21 año^{-1} . ○ Publicaciones de Scopus,----Exponencial, •-•-Excel, — Logística.

Figure 2. Evolution of publications of biofuels in Latin American with rate greater than 0.21 year^{-1}

○ Publications of Scopus, ----Exponential, •-•-Excel, — Logistic.



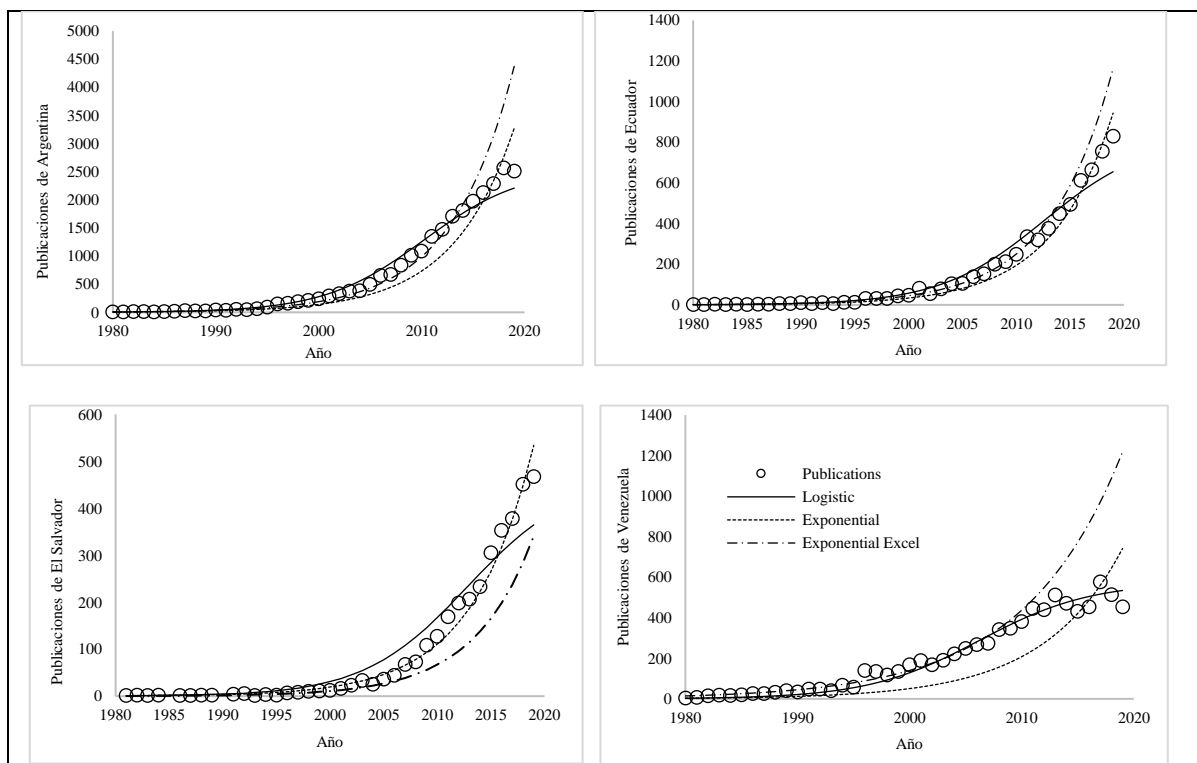


Por su parte, la Universidad de Sao Paulo, el Instituto Nacional de Investigaciones de la Amazonía, la Empresa Brasileña de Investigación Agropecuaria-Embrapa y la Universidad Federal de Río de Janeiro se destacan en la velocidad en la que se realizan publicaciones en el áreas de biocombustibles. Del país Costa Rica, la universidad referente en velocidad de publicaciones en el área es el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, además de la Universidad de Costa Rica. En 2009 Bolivia se consideraba un posible productor de biocombustibles obtenidos a partir de palma y soya, además del impulso del uso de biodiesel a través de la ley 3207 anunciada por el gobierno Federal de Bolivia en la que se aprovecharían cultivos locales como girasol, maíz, entre otros [19, 20]. Una de las características de la evolución científica de las publicaciones de Bolivia fue que se tiene coautoría con universidades extranjeras, lo que ha permitido incrementar su velocidad en publicaciones en el área de biocombustibles.

3.3.2 Evolución de las publicaciones de los biocombustibles en Latinoamérica con velocidad mayor a 0.20 y menor que 0.21 año⁻¹

Para el bloque de países con velocidades de 0.20 y menores de 0.21, Argentina encabeza la lista, seguido de países como Ecuador, El Salvador y Venezuela, obsérvese en la Figura 3. Las instituciones que se destacan en este campo son el Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (Argentina), Universidad Nacional de Colombia (a través de una colaboración), Universidad de los Andes, Mérida (Venezuela), Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas (Venezuela), Universidad de Buenos Aires (Argentina), y la Pontificia Universidad Católica de Ecuador (Ecuador). Hay reportes de Morelos [21] donde se muestra que en América Latina la producción de biocombustible es liderada por Brasil y Argentina.

Figura 3. Evolucion de las publicaciones de biocombustibles en Latinoamérica con velocidad mayor a 0.20 y menor que 0.21 año⁻¹. ○ Publicaciones de Scopus, ----Exponencial, •-•-Excel, — Logística.
Figure 3. Evolution of publications of biofuels in Latin American with rate greater than 0.2 and less than 0.21 year⁻¹ ○ Publications of Scopus, ----Exponential, •-•-Excel, — Logistic.

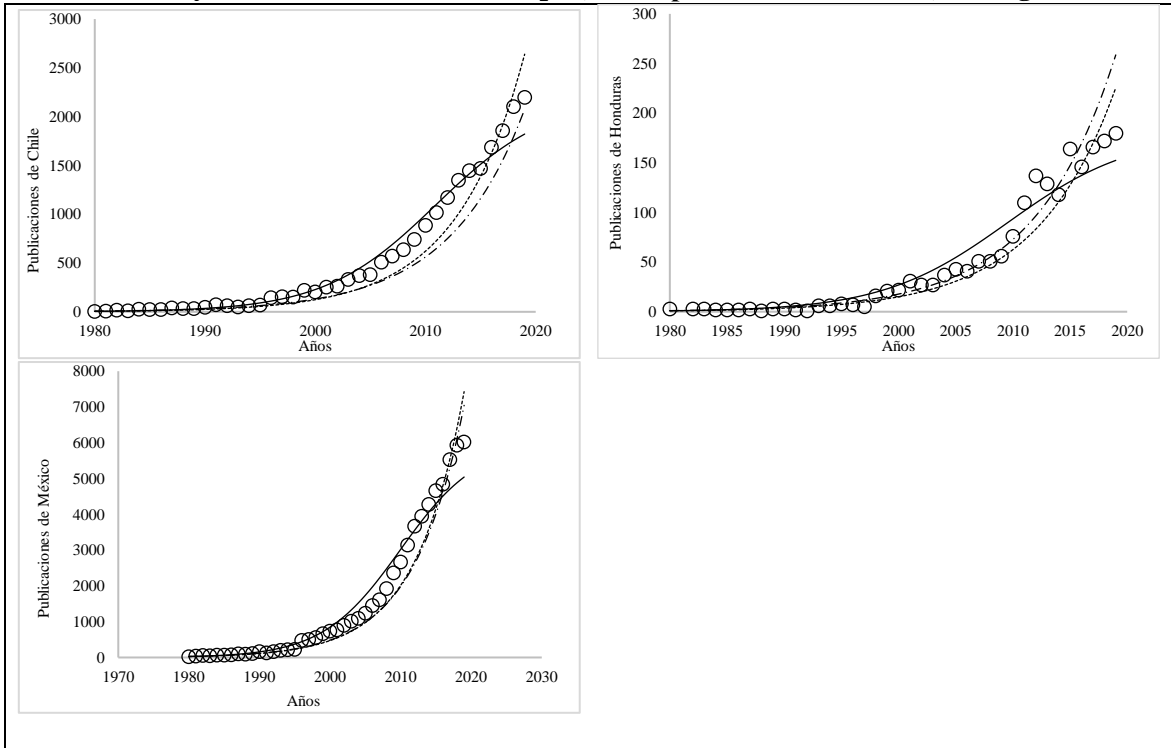


En la Figura 3, también se puede identificar el dominio de Argentina en el número de publicaciones (2568), sin embargo, Ecuador, Venezuela y El Salvador, con porcentajes menores de 32%, 22% y 18% con respecto a la producción de Argentina.

3.3.3 Evolución de las publicaciones de biocombustibles en Latinoamérica con velocidad mayor a 0.18 y menor que 0.19 año⁻¹

De las publicaciones con intervalo de velocidad de 0.18-0.19 año⁻¹, los resultados se muestran en la Figura 4, donde México tiene más de 6000 publicaciones, Chile cerca de un tercio de las publicaciones de México y Honduras con 3% de las publicaciones de México. Sin embargo, la velocidad de publicación es ligeramente mayor en Chile (0.1961 año⁻¹), seguido de Honduras y México (0.1815 año⁻¹). Es necesario resaltar que lo que se mide es la evolución a través de los años, no se está evaluando la producción neta. El crecimiento de publicaciones en la mayoría de los casos es acompañada con políticas energéticas que fomentan el uso de combustibles alternos. En el caso de Chile, el Programa de Fomento a la Investigación, como los impulsados por el Comité Nacional de Ciencia y Tecnología (CONICYT) mediante las líneas FONDEF y FONDECYT y el Programa Bicentenario de Ciencia y Tecnología son parte de las líneas de acción que promueve el gobierno, que sin duda ayuda a impulsar la investigación en el sector de los biocombustibles [19]. Por su parte, México generó una estrategia energética a través de la ley de promoción y desarrollo de bioenergéticos mediante la comisión intersecretarial de bioenergéticos, se estima que en 2030 se podrá abastecer un 30% del consumo de energía primaria a través de bioenergía [22].

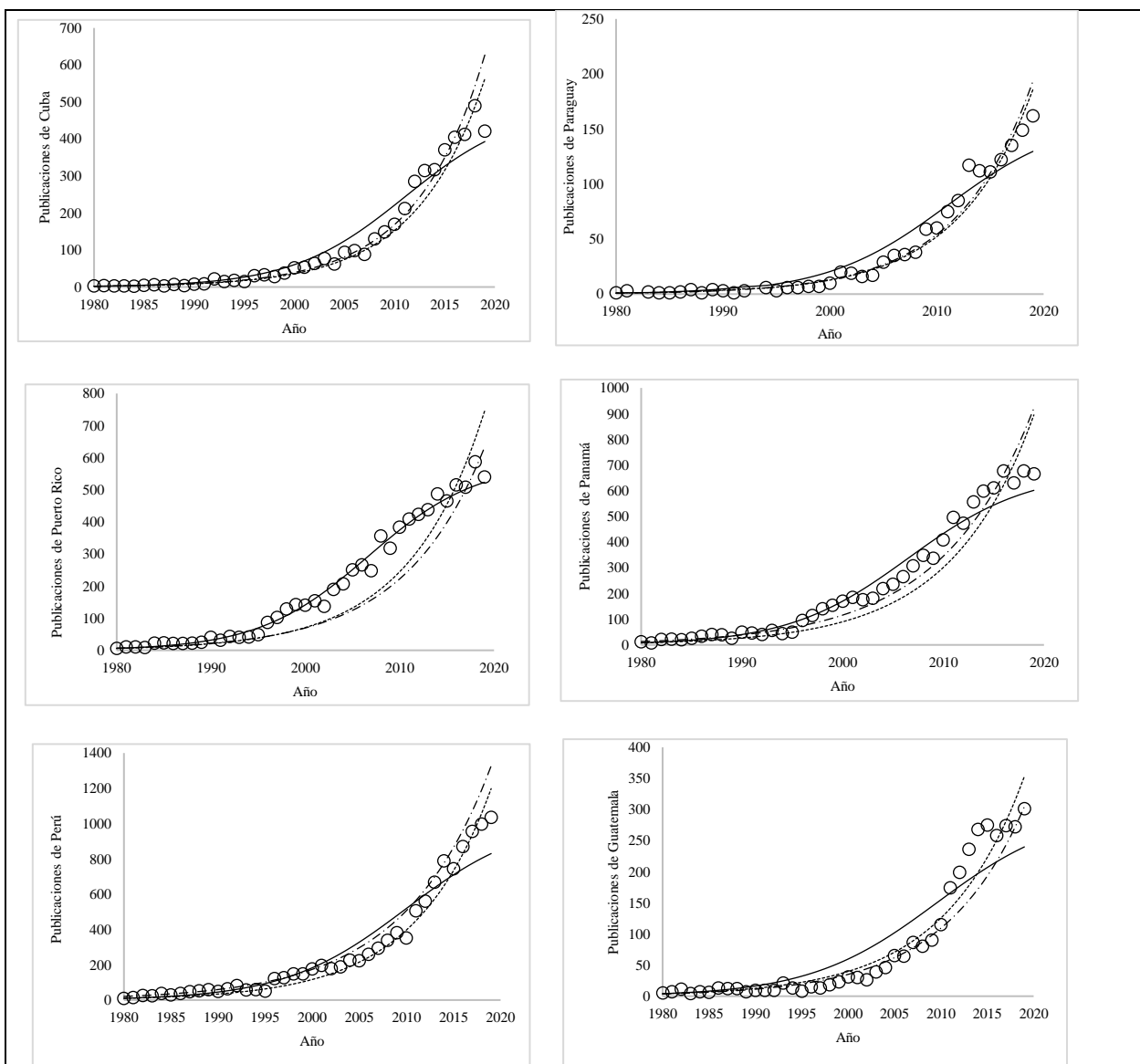
Figura 4. Evolucion de las publicaciones de biocombustibles en Latinoamérica con velocidad mayor a 0.18 y menor que 0.19 año⁻¹. ○ Publicaciones de Scopus,----Exponencial, •-•-•-Excel, — Logística.
Figure 4. Evolution of publications of biofuels in Latin American with rate greater than 0.18 and less than 0.19 year⁻¹○ Publications of Scopus, ----Exponential, •-•-•-Excel, — Logistic.



3.3.4 Evolución de las publicaciones de biocombustibles en Latinoamérica con velocidad mayor a 0.14 y menor que 0.18 año⁻¹

En la Figura 5, se muestran los países como Cuba, Paraguay, Puerto Rico, Panamá, Perú y Guatemala, los cuales tienen un porcentaje de publicaciones bajo en comparación con los tres grupos presentados, en algunos casos no se superan los 1000 trabajos, lo que reduce las posibilidades de incrementar su velocidad. Derivado del análisis de eficiencia de países Latinoamericanos que producen bioetanol a partir de caña de azúcar, se tiene a Brasil como el más eficiente, seguido de Paraguay y Ecuador; en cuanto a la producción de biodiesel se ubica a Perú como el país más eficiente en su producción, seguido de Colombia y Ecuador [21].

Figura 5. Evolucion de las publicaciones de biocombustibles en Latinoamérica con velocidad mayor a 0.14 y menor que 0.18 año⁻¹. ○ Publicaciones de Scopus,----Exponencial, •-•-•-Excel, — Logística.
Figure 5. Evolution of publications of biofuels in Latin American with rate greater than 0.14 and less than 0.18 year⁻¹○ Publications of Scopus, ----Exponential, •-•-•-Excel, — Logistic.



Apartir del análisis de la información generada a través de la base de datos de Scopus, se determinó que la evolución de las investigaciones tiene un comportamiento exponencial específico para cada país Latinoamericano; con el empleo de modelos podemos determinar el posible escenario de publicaciones en el área de biocombustibles, pero es necesario la incorporación de políticas energéticas asociadas a la investigación de los diferentes sustratos de cada país para fomentar el desarrollo de ciencia básica y aplicada.

Los modelos empleados pueden describir los datos de publicaciones científicas, algunos autores han propuesto expresiones matemáticas en la búsqueda de explicar y predecir el comportamiento y evolución de diferentes campos de estudio. Bornman y Mutz [23], examinaron la velocidad de crecimiento de la ciencia moderna a través de una regresión no lineal del modelo $y(t)=b_0*\exp(b_1*(t-t_0))$, donde $b_0=y(0)$ para el año inicial. Para el presente trabajo se utilizó el mismo modelo y el comportamiento en ajuste y velocidad es similar, por lo que el modelo exponencial empleado presenta robustez en la predicción del comportamiento de los datos de crecimiento de publicaciones científicas. López-Muñoz et al. [21]

utilizaron ajuste de datos de la producción del crecimiento científico del tratamiento farmacológico del desorden bipolar, utilizaron una ecuación exponencial $y=37.929e^{0.0942x}$ con ajuste $R^2=0.9019$ y $y=12.169e^{0.1097x}$ con ajuste $R^2=0.8985$; es evidente como los modelos pueden describir diferentes áreas de conocimiento. Se debe considerar, que la curva logística esta limitada a tener un valor inicial y final de las publicaciones, además de un crecimiento exponencial donde nos percatamos que la ciencia nunca deja de crecer, sin embargo, es necesario analizar a detalle la posibilidad de que la ciencia puede crecer de acuerdo a un patrón exponencial [25]. Por ello, en el presente trabajo se determinó que el modelo logístico describe con mayor significancia los datos exponenciales de las publicaciones científicas en biocombustibles de los países Latinoamericanos.

Con respecto al análisis bibliométrico, en este trabajo se clasificó la información encontrada a partir de uno de los enfoques más comunes de la bibliometría, el número de artículos, el cual permite mostrar la productividad [26], entregando una imagen completa de un campo de investigación [27] que en este caso fue el área de los biocombustibles.

4 CONCLUSIONES

- A través de la determinación de las velocidades de publicación de biocombustibles en Latinoamérica identificamos que existen países que son líderes en el número de publicaciones, sin embargo, su velocidad específica de crecimiento es menor. En este sentido, Colombia fue el país con mayor velocidad de publicación en el área de biocombustibles, independientemente del número de artículos publicados por Brasil, México, Argentina o Chile. Otro hallazgo importante en las velocidades de publicación fue que países como Colombia y Brasil han mantenido un crecimiento exponencial, con respecto al resto de los países que tienen una o varias etapas de desaceleración en los últimos años. El modelo logístico tuvo mayor ajuste estadístico a los datos de publicaciones científicas y con los datos de velocidad generados se puede hacer la predicción del comportamiento en los siguientes años de cada país Latinoamericano.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la Facultad de Ciencias Económico Administrativas de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo por el acceso a la base de datos. La autora Miriam Edith Pérez Romero, también agradece al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por la beca recibida para realizar estudios de posgrado.

REFERENCIAS

- [1] R. Sindhu, P. Binod, A. Pandey, S. Ankaram, Y. Duan, M. K. Awasthi “Biofuel production from biomass” en *Current Developments in Biotechnology and Bioengineering*, Elsevier. pp. 79-92, 2019. doi:10.1016/b978-0-444-64083-3.00005-1.
- [2] R. Janssen, D. D. Rutz “Sustainability of biofuels in Latin America: Risks and opportunities”. *Energy Policy*, 39(10), 5717-5725, 2011. doi: 10.1016/j.enpol.2011.01. 047.
- [3] T. Y. Sánchez, F. F. García, F. J. Mendoza “La capacidad de innovación y su relación con el emprendimiento en las regiones de México”. *Estudios Gerenciales*, 31(136), 243-252, 2015. doi.org/10.1016/j.estger.2015.04.001.
- [4] M. S. N. Figueiredo, A. M. Pereira “Managing Knowledge – The Importance of Databases in the Scientific Production”, *Procedia Manufacturing*. 12, 166-173, 2017. doi.org/10.1016/j.promfg.2017.08.021

- [5] C. Patrón, J. M. López, S. Piovesan, B. Demaría “Análisis bibliométrico de la producción científica de la revista Odontoestomatología”, *Odontoestomatología*, 16, 34-43, 2014.
- [6] B. Tarazona-Alvarez, R. Lucas-Dominguez, V. Paredes-Gallardo, A. Alonso-Arroyo, A. Vidal-Infer “A bibliometric analysis of scientific production in the field of lingual orthodontics”, *Head Face Med*, 15, 23, 2019. doi:10.1186/s13005-019-0207-7
- [7] A. Benavides-Gamero, G. Valencia-Ochoa, L. Meriño-Stand “Trend analysis of research results in biodiesel production from 2009 to 2016”, *Prospectiva*, 16, 89-93, 2018. doi: 10.15665/rp.v16i2.1656
- [8] M. S. Coelho, F. G. Barbosa, M. A. Zimmermann de Souza “A bibliometric analysis of top-cited papers in the biogas field. *Environmental Earth Sciences*, 78, 318 (2019). doi:10.1007/s12665-019-8303-3
- [9] C. de la Cerna “Bioethanol: Tendencias mundiales de investigación”, *Alianzas y Tendencias*, 1, 1-4, 2016.
- [10] R. A. Collymore, J. R. Arencibia, G. A. Blanco, R. J. A. Araújo, “Producción científica mundial sobre biodiesel”, *ACIMED*, 18 (5), 1-19, 2008.
- [11] S. Dhoble, S. Kumar, S. Kumar, “Publication productivity of India scientists in groundnut research: A bibliometric study”, *COLLNET Journal of Scientometrics and Information Management*, 12 (1), 149-159, 2018. doi: 10.1080/09737766.2018.1433090.
- [12] Y. H. Chen, C. Y. Chen, S. C. Lee “Technology forecasting of new clean energy: The example of hydrogen energy and fuel cell”, *African Journal of Business Management*, 4, 1372-1380, 2010.
- [13] P. Sharma, B. M. Gupta, S. Kumar “Application of growth models to science and technology literature in research specialties”, *DESIDOC Bulletin of Information Technology*, 22 (2), 17-25, 2002.
- [14] D. Jiménez-Islas, J. Páez-Lerma, O. N. Soto-Cruz, J. N. Gracida-Rodríguez, “Modelling of ethanol production from reed beet juice by *Saccharomyces cerevisiae* under thermal and acid stress conditions”, *Food Technology and Biotechnology*, 52 (1), 93-100, 2014.
- [15] X. Yaoyang, W. Boeing, “Mapping biofuel field: A bibliometric evaluation of research output”, *Renewable and Sustainable Energy Review*, 28, 82-91, 2013. doi:10.1016/j.rser.2013.07.027
- [16] W. Zhu, A. Kuo, J. Chen, B. Ding, “A retrospective analysis with bibliometric of energy security in 200-2017”, *Energy reports*, 4, 724-732, 2018. doi:10.1016/j.egy.2018.10.012
- [17] G. Mao, H. Zou, H. Du, J. Zuo, “Past, current and future of biomass energy research: A bibliometric analysis”, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 52, 1823-1833, 2015. doi:10.1016/j.rser.2015.07.141
- [18] A. Pandey, C. Larroche, C-G. Dussap, E. Gnansounou, S. K. Khanal, S. Ricke, (2019). *Biofuels: Alternative feedstocks and conversion processes of liquid and gaseous biofuels*. UK: Second Edition, Elsevier Academic Press, 2000. 1-886.
- [19] Z. R. A. Valdez, “Biocombustibles, perspectivas, riesgos y oportunidades”, *Perspectivas*. 23, 41-53. 2009.
- [20] G. Knothe, J. Krahl, J. V. “Gerpen, Biodiesel in south America” en *The biodiesel Handbook*. Urban Illinois. 2nd edition. *AOCS Press*. 2010
- [21] J. Morelos, “Análisis de la variación de la eficiencia en la producción de biocombustibles en América Latina”, *Estudios Gerenciales*., 32 (39), 120-126, 2016. doi:10.1016/j.estger.2016.01.001
- [22] FAO. *La Bioenergía en América Latina y El Caribe*. Primera Edición, 1-431, 2013
- [23] L. Bornman, R. Mutz, “Growth rates of modern science: A bibliometric analysis based on the number of publications and cited references”, *Journal of the association for Information Science and Technology*, 66, 2215-2222, 2015. doi:10.1002/asi.23329
- [24] F. López-Muñoz, E. Vieta, G. Rubio, P. García-García, C. Álamo “Bipolar disorder as and emerging pathology in the sciences literature: a bibliometric approach”, *Journal of affective disorders*, 92, 161-170, 2006.
- [25] Andrés A. (2010). *Measuring Academic Research. How to undertake a bibliometric study*. Oxford: Chandos Publishing, UK. 1st Edition. 1-186.
- [26] C. A. Cancino, J. M. Merigó, J. P. Torres, D. Diaz “A bibliometric analysis of venture capital research”, *Journal of Economics, Finance and Administrative Science*, 23 (45), 182-195, 2018.

[27] L. Valenzuela-Fernández, J. M. Merigó, C. Nicolas “The most influential countries in market orientation: a bibliometric analysis between 1990 and 2016”, *International Journal of Engineering Business Management*, 10, 1-9, 2018.