

LOS ADELANTOS DE LA DIGITALIZACIÓN EN EL SECTOR DE HIDROCARBUROS; UN ANÁLISIS BIBLIOMÉTRICO

Dary Lizeth Rivera Torres¹ & Víctor Hugo Nauzan Ceballos²

Resumen

Este artículo ahonda en el análisis bibliométrico de la digitalización en el sector de hidrocarburos, considerado el sector con mayor ingreso fiscal en todo el mundo. Según Mandrell, R. E. (1984), este fenómeno ha permitido validar nuevas herramientas para la productividad de la actividad económica extractivista y mitigar los impactos que deja en la sociedad y el ambiente. Ante ello, se realiza una inspección de la literatura alrededor de la digitalización, encontrando avances que realizan los diferentes países en términos de automatización del sector de hidrocarburos, utilización de grandes bases de información, uso de la inteligencia artificial, manejo de datos y herramientas estadísticas que no solo han ayudado a la mejora en indicadores financieros para las empresas petroleras sino que han permitido grandes avances en términos de ciencia y tecnología, reduciendo a su vez los impactos que tiene la actividad extractivista en el medio ambiente. Bajo ello, se utiliza una metodología de análisis bibliométrico, para analizar el impacto de los estudios alrededor del tema, lo cual concluye que para el sector los adelantos en términos digitales, hacen que se mejore las condiciones sociales y ambientales en el sector de explotación, mejorando la calidad de vida y reduciendo las externalidades que este sector trae en la producción.

Abstract

This article delves into the bibliometric analysis of digitization in the hydrocarbon sector, considered the sector with the highest tax revenue in the world. According to Mandrell, R. E. (1984), this phenomenon has made it possible to validate new tools for the productivity of extractivist economic activity and mitigate the impacts it leaves on society and the environment. Given this, an inspection of the literature around digitalization is carried out, finding advances made by the different countries in terms of automation of the hydrocarbon sector, use of large information bases, use of artificial intelligence, data management and statistical tools. that have not only helped improve financial indicators for oil companies but have also allowed great advances in terms of science and technology, in turn reducing the impacts that extractivist activity has on the environment. Under this, a bibliometric analysis methodology is used to analyze the impact of the studies around the subject, which concludes that advances in digital terms for the sector improve social and environmental conditions in the exploitation sector, improving the quality of life and reducing the externalities that this sector brings to production

¹ Estudiante noveno semestre. Programa de Economía Universidad Piloto de Colombia. dary-rivera@upc.edu.co.

² Docente Investigador. Universidad Piloto de Colombia. victor-nauzan@unipiloto.edu.co.

Introducción

La digitalización ha sido una acción adoptada por diferentes industrias y países por las ventajas que trae para el manejo de información, la optimización de procesos y reducción de costos en las organizaciones, así mismo, uno de los sectores con que ha adoptado esta dinámica ha sido el sector de hidrocarburos, generando avances desde la exploración de yacimientos hasta la comercialización del producto final, es por eso que los países que cuentan con mayor productividad de petróleo y gas, crearon diferentes tecnologías que actualmente son estudiadas en la academia.

La estructura de este trabajo inicia describiendo la transformación que tiene el sector de hidrocarburos con tecnologías como Big Data e Inteligencia artificial descritas por liinskij, A., Karnauhov, A., Afanasiev, M., Melekhin, V., Wei, T.X. (2022), este mismo autor muestra las consecuencias positivas que traen los procesos tecnificados y permite señalar que que implementar procesos de automatización se convierte en una necesidad para los países y las organizaciones privadas que adelantan actividades de explotación de hidrocarburos. En continuidad con esta temática, se pueden identificar las herramientas de modelación de datos con disección litológica señalada por Ezirbaev, T. B. (2021) y la física digital que describe Li, B., Han, T., y Fu, L. (2020) utilizadas por las industrias para incrementar la producción.

Por otro lado la reducción de costos e incremento de utilidades no son las únicas ventajas de la digitalización, de la mano de la tecnología también se da una mayor productividad y eficiencia para el sector, procesos de conocimiento del subsuelo para disminuir los efectos de la explotación en el medio ambiente y técnicas para la identificación de yacimientos sin necesidad de perforación geológica.

En continuidad con esto, se mencionan los principales avances que ha dejado la inteligencia artificial y modelación de datos por medio de herramientas estadísticas aludiendo al sector petrolero como protagonista en los procesos de automatización, a su vez, se describe cómo el manejo estadístico ha generado avances científicos desde la geología con procesos de litología e imágenes digitales.

Para finalizar se genera un análisis bibliométrico de la producción intelectual alrededor de la temática de digitalización en el sector de hidrocarburos tomada de las bases de datos de Scopus, utilizando el Software Vosviewer y el paquete Bibliometrix de R-Studio para determinar tendencias, número de publicaciones, contribución de Journals sobre estos temas, etc., que permitan identificar la inclinación literaria y los puntos espaciales en donde más se promueve este tipo de análisis.

Estado del Arte

La digitalización en el sector de hidrocarburos se ha convertido en una necesidad para los países por las consecuencias pragmáticas que genera en términos de competitividad y productividad, además de esto, la creación de inteligencia artificial y sistemas de información ha permitido grandes avances en términos de ciencia y tecnología provocando también

efectos ambientales positivos para las economías que se están automatizando, es por eso que la prospectiva global se debe direccionar hacia la tecnología y transformación digital.

Según Iiinskij, A., Karnauhov, A., Afanasiev, M., Melekhin, V., Wei, T.X. (2022) en el complejo de explotación de petróleo y gas se han implementado instrumentos digitales como Big Data, inteligencia artificial (IA) y tecnologías de TI que permiten la competitividad del sector. Gracias a los avances que genera la digitalización, diferentes países identificaron la necesidad de automatizar sus procesos, es así como Varlmov, A. I., Gogonenkov, G. N., Melnikov, P. N., y Cheremisina, E. N. (2021) describen que en Rusia se creó el proyecto “Economía digital de la Federación de Rusia” que influye positivamente en la eficacia de la explotación geológica del subsuelo, de la misma forma en China, cuenca de Sichuan, según Zhou, L., Li, D., Wu, Y., Zhong, F. Y., Ren, B. B., Li, F., & Zhang, X. J. (2017), se utiliza la modelación de la información litológica y eléctrica para confirmar los arrecifes que se desarrollaron bien en la formación Changxing del Pérmico Superior.

Ha iniciado una nueva forma de ver el mundo de la explotación de hidrocarburos, pues la digitalización se ha adelantado desde diferentes frentes, autores como Mora, J. P., Bedle, H., y Kurt, J. M. (2021) destacan la importancia de los estudios geotérmicos para identificar las condiciones del suelo en la explotación de carbono, Ezirbaev, T. B. (2021) describe la pertinencia de los datos con disección litológica para identificar yacimientos para la explotación de petróleo y gas, Li, B., Han, T., y Fu, L. (2020) indican la función que tiene la física digital para definir la relación que existe entre las propiedades dieléctricas de las rocas con la caracterización cuantitativa de los yacimientos de petróleo y gas y Gao, S. -, y Gao, Y. -. (2020) muestran el uso de las tecnologías digitales en la producción de gas con deliquificación.

Dentro de los principales beneficios que ha traído la digitalización en el sector está la reducción de costos e incremento de utilidad pues para Zhao, G., Chen, H., Tan, X., & Xiao, J. (2018) el uso de los métodos numéricos y su digitalización son fundamentales para el estudio geológico y la explotación de recursos naturales, por ejemplo, Yudin, A., Khan, A. M., Romanovskii, R., Alekseev, A., y Abdrazakov, D. (2021) indican que conceptos digitales como la ranura experimentada en laboratorio, permiten anticipaciones realistas de productividad y mayor eficacia en la explotación, así mismo, Pemper, R. (2020) señala como la digitalización de pulsos de rayos gamma ha permitido localizar y producir hidrocarburo reservorios de kerógeno y gas natural, siendo la principal recomendación según Lindsay, G., Nobakht, B., & Marshall, C. (2019), el uso de los datos históricos de diagnóstico para reducir los costos operativos porque autores como Baketarić, T., & Cvetković, M. (2015) definen que el uso de esos datos ha permitido el modelado del subsuelo, responsable del reconocimiento de las llamadas trampas para hidrocarburos.

Además de eso, el uso de nuevas tecnologías en el sector de hidrocarburos ha traído consecuencias positivas en términos ambientales, de acuerdo con Zeng, Q. -, Deng, F., Zhang, Y. -, Shao, Y. -, Ye, Y., Wang, W. -, & Hu, Y. (2020) en términos de contaminación acústica la transformada Beamlet multiescala ha disminuido los efectos del ruido en la explotación de carbono, de la misma forma, Fisher, E. M. D., Benoy, T., Humphries, G., Wilson, D., Lengden, M., Johnstone, W., Ozanyan, K. (2020). prueban como herramientas

como las imágenes de fibra laser han permitido desarrollar motores de mejor eficiencia que disminuyen los escapes de gas y evitan la contaminación.

Una de las herramientas más importantes en el proceso de digitalización de los hidrocarburos son los sistemas de información. Como lo señalan Colombera, L., Mounney, N. P., y Mccaffrey, W. D. (2012), el uso de bases de datos ha contribuido al entendimiento de la arquitectura fluvial, arquitectura del subsuelo y envases en la explotación de hidrocarburos, también, Nimmagadda, S. L., Dreher, H., Nawaz, M., y Laiq, K. (2010), indican que el almacenamiento y minería de datos facilita la interpretación de los sistemas petroleros logrando el mejoramiento de los yacimientos, por eso, según Wang, K., Zou, Q., Wang, Z., Zhang, X., & Li, W. (2020), en países como China se han creado plataformas digitales para recopilar los datos de producción de petróleo y gas.

Con estos sistemas de información, se han implementado herramientas estadísticas como lo muestra Obi, D. A., Okereke, C. S., Egeh, U. E., & Olagundoye, O. O. (2008) en el uso del filtrado polinomial y sistemas informáticos para modelar mapas Aero magnéticos en el sector de hidrocarburos del sureste de Nigeria, también según Woods, M. A., Newell, A. J., Farrant, A. R., Haslam, R. B., & Clarke, S. M. (2018), la adopción de cartografía digital permitió el modelado geológico para la estimación de los datos de ubicación de pozos para la explotación petrolera, es así, como la modelación se convierte en piedra angular para el sector.

La inteligencia artificial también ha sido un aspecto importante en la digitalización según Rubo, R. A., de Carvalho Carneiro, C., Michelin, M. F., y Gioria, R. D. S. (2019), autor que destaca el uso de algoritmos de aprendizaje automático que disminuyen los errores humanos en la explotación de crudo, de la misma forma Saveliev, Y. V., y Savelieva, N. N. (2019), indican que invenciones como el inversor de corriente de soldadura IST ha permitido al sector petrolero utilizar mejores herramientas para la explotación como lo son las tuberías sin desmagnetización preliminar.

Uno de los sectores con mayor influencia de la digitalización es el sector petrolero, pues como lo indican Azim, R. A., y Mahgoub, I. (2019), con el uso de datos se ha identificado la estructura y profundidad de yacimientos para la producción, además, para el estudio de las propiedades del suelo, según Sun, H., Belhaj, H., Tao, G., Vega, S., y Liu, L. (2019) en la caracterización de yacimientos se han utilizado técnicas de imágenes digitales en las que se definen las microestructuras rocosas detalladas, por otro lado Imai, R., Endo, T., Tulett, J., Ikegami, T., Rubrico, J., Yoneshima, S., Katayama, M. (2013) describen que los generadores de imágenes han permitido estudios sísmicos que mapean las formaciones de pozos para la explotación, sin embargo, la productividad no ha sido el único enfoque en este sector, en términos de calidad según Gadallah, M. M., Samir, A., & Nabih, M. A. (2010) la digitalización en mapas isócronos determina las características de los yacimiento y el contenido de los fluidos, permitiendo una mejor clasificación del producto final petrolero.

La tecnología no solo ha generado avances internos en el sector, sino que ha permitido que se extiendan los beneficios hacia los aportes en ciencia desde la explotación de

hidrocarburos, según Jacquemyn, C., Huysmans, M., Hunt, D., Casini, G., y Swennen, R. (2015) el campo de la geología denominado litología se ha visto beneficiado por el uso de datos en los modelos de afloramiento digital, en otros campos como la tomografía de acuerdo con Garcia-Stewart, C. A., y McCann, H. (2005)., los generadores de imágenes han permitido la cartografía de hidrocarburos dentro de la cámara de combustión de un motor.

Es así como presente y el futuro del sector de hidrocarburos está sujeto a los avances en digitalización porque como lo indica Mandrell, R. E. (1984), estas nuevas herramientas dan grandes mejoras en rendimiento y precio de los procesos, además, para Lin, S. -, McKeigue, K., y Maldarelli, C. (1991), gracias a las nuevas herramientas se han logrado teorías de verificación experimental para nuevos estudios en el sector y por último, cabe resaltar que en el enfoque digital, para Greig, F., Johnston, E. M., Binnie, T. D., y Mackenzie, H. A. (1994)., el proceso más importante, que permite todos los avances necesarios, es la medición, análisis de datos y desarrollo de sistemas para su utilización.

Metodología

Los grandes cambios que se han generado en los últimos años en relación a la producción y comercialización del petróleo en el mundo, se han derivado en escenarios más tácitos o donde se genera la actividad petrolera. En este sentido, parte de la comercialización como también de la explotación del crudo, proviene de la forma en la que se emanan herramientas digitales alrededor de la actividad, para que su participación en el mercado tenga una mayor relevancia e injerencia en la toma de decisiones. En este sentido Mandrell, R. E. (1984), expresa que, con las nuevas herramientas de orden digital, se logra grandes mejoras en rendimiento de la producción y un impacto en el precio de los procesos que se asocian a la actividad.

Ante lo anterior, se ha dispuesto de una búsqueda bibliográfica de la manera en la que se ha desarrollado este proceso de digitalización en el sector petrolero a nivel mundial, y las implicaciones que estas puedan derivar en la exploración como también en la producción y la comercialización de este crudo en las diferentes economías. Por tanto, el uso de la bibliometría es en sí, el método adecuado para conocer estas aproximaciones en términos investigativos y de debate que hacen de este *commoditie* un recurso inquebrantable en la sostenibilidad económica de cualquier nación. Dado ello, (Linnenluecke & Marrone, 2020), (Linnenluecke & Marrone, 2020) y (Mongeon & Paul-hus, n.d.) indican, que el uso de esta técnica, induce a la utilización de métodos cualitativos de regular similitud en el tiempo (ocurrencia) de los aspectos claves que se desean estudiar o analizar en los diferentes campos (como lo es la forma de producir, de comercializar y el impacto en el negocio detrás del petróleo) para su desarrollo en el campo de la industria petrolera. Por tanto, (Pritchard, 1969a) sostiene que la bibliometría hace parte de la disciplina de la cienciometría en la que se utilizan técnicas estadísticas y matemáticas para validar el número de aciertos u ocurrencias de todos los escritos que existen alrededor de un tema en particular.

Bajo estas iniciativas, en la tabla 1, muestra el espectro temporal (1984-2022) de la búsqueda realizada en la base de datos de Scopus respecto a la *digitalización en el*

sector de hidrocarburos, indicando que de los 39 artículos que se enfocan en este tema en particular el 46.15% son artículos indexados en revistas especializadas y el 41.71%, corresponde a documentos de sesión.

Tabla 1. Información general.

| Información general | | Tipología | | Autores y referencias | |
|---------------------|--------------|-------------------------|----|--|-------|
| Documentos | 39 | Artículos | 18 | Autores | 187 |
| Palabras clave | 490 | Libros | 0 | Autores por documento de un solo autor | 5 |
| Fuentes | 33 | Revisión de conferencia | 2 | Referencias | 884 |
| Espacio de tiempo | 1984 al 2022 | Documento de sesión | 19 | Documentos por autor | 0.209 |

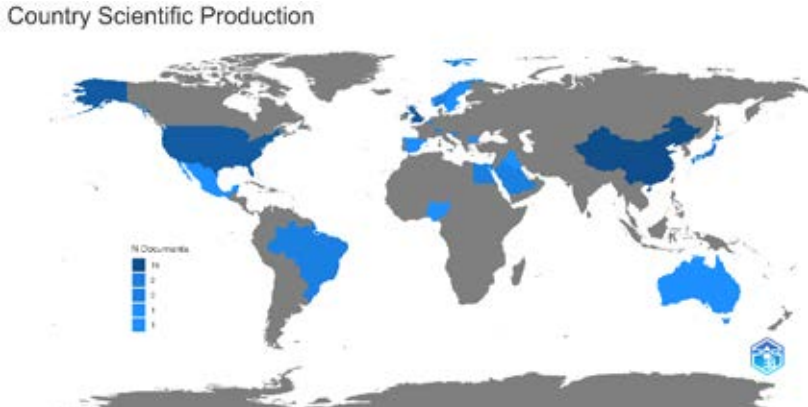
Fuente: elaboración propia mediante Software Bibliometrix

Resultados

Producción por País

Considerando la salida general de la inspección bibliográfica, se determina que los países con mayor producción bibliográfica en temas relacionados con la digitalización en el sector de hidrocarburos se encuentra China (19), seguido de Reino unido (14) y estados Unidos (10) con publicaciones que hacen referencia a temas de negocio, exploración, explotación, comercialización de hidrocarburos. Así mismo, Zhao, G., Chen, H., Tan, X., & Xiao, J. (2018) manifiesta que el uso de los métodos numéricos y su digitalización son fundamentales para el estudio geológico y la explotación de recursos naturales, lo cual hace que dentro de la industria se abaraten los costos de extracción y se obtengan en el mediano largo plazo beneficios para las empresas que realizan este tipo de actividades.

Figura 1. Cantidad de producción por países.



Fuente: Software Bibliometrix.

Teniendo en cuenta la información del volumen de producción por país, es necesario identificar la cantidad de citas que se generan en cada uno de estos países que representan la generaidad de los documentos relacionados a la temática observada en este análisis bibliométrico:

Tabla 2. Número de citas por país.

| <i>País</i> | <i>Número de citasiones</i> |
|-----------------------|------------------------------------|
| <i>China</i> | 9 |
| <i>Estados Unidos</i> | 8 |
| <i>Reino Unido</i> | 7 |
| <i>Rusia</i> | 6 |
| <i>Egipto</i> | 2 |
| <i>Japón</i> | 2 |
| <i>Noruega</i> | 2 |

Fuente: elaboración propia a partir de la base de la información de Scopus y Software Vosviews

De la anterior tabla se menciona que China es uno de los países con mayor número de citasiones (9) seguido de Estados Unidos con (8), indicando asi que al interior de los procesos de digitalización en la industria petrolera, las investigaciones aportan aspectos muy importantes a la hora de hacer negocios al interior de la industria o conocer la forma de minimizar los costos que este sector produce en un determinado tiempo, lo cual concuerda con las ideas de Nobakht, B., & Marshall, C. (2019), que indican que los nuevos procesos de extracción del crudo abaratan los costos.

Producción por autores

Dada las nuevas formas de extracción y comercialización del crudo y haciendo énfasis en la forma en la que la digitalización coadyuva al comercio en este sector, los autores más relevantes que han centrado su atención al análisis y la investigación en los procesos petroleros y su impacto en la economía se destaca McCann, H de Nacionalidad inglesa con dos documentos relacionados a temas de digitalización en el sector petrolero, y también Venuti, J. P de nacionalidad norteamericana con dos artículos de investigación asociados a estos temas.

Tabla 3. Autores con mayor producción.

| Autores | Artículos | Artículos Fraccionados |
|----------------|------------------|-------------------------------|
| MCCANN H | 2 | 0,57 |
| VENUTI JP | 2 | 0,67 |
| ABDRAZAKOV D | 1 | 0,20 |
| ABNEY LD | 1 | 0,33 |
| AFANASIEV M | 1 | 0,20 |
| ALEKSEEV A | 1 | 0,20 |
| ANTONOVA M | 1 | 0,02 |
| ASFANDIYAROV R | 1 | 0,02 |
| AZIM RA | 1 | 0,50 |
| BAKETARI T | 1 | 0,50 |

Fuente: elaboración propia a partir de la base de la información de Scopus y Software Bibliometrix

Se puede indicar que dentro de los 10 autores mas relevantes o con mayor numero de producción, la cantidad de artículos no superan el valor de dos, lo cual es preciso mencionar que dentro de estos componentes que vinculan la forma de producir como también de hacer que la digitalización tome un papel importante en el los procesos productivos, son pocos los acercamientos que se han tenido en estos temas, liinskij, A., Karnauhov, A., Afanasiev, M., Melekhin, V., Wei, T.X. (2022) así lo mencionan, dado que con los avances en la información y el Big Data, el sector entra en una era más competitiva debido a los impactos medioambientales que se gestan alrededor de estos escenarios, lo cual es propicio entender y moldear información para los procesos subsiguientes. Por otra parte, Gutiérrez, Nauzan, Persson & Zapata (2019), describen la importancia de tener la información completa en todos los participantes de estos procesos para mejorar la calidad de vida y por ende el crecimiento en el sector.

Dado que la referencia obtenida solo abarcaba 39 documentos, el análisis bibliométrico, mide también el impacto de los documentos publicados en los escenarios investigativos y de generación de nuevo conocimiento. Por tanto, se examinan los índices H,G y M, como valoraciones de clasificación de impacto y relevancia en el mundo académico, de tal manera que para el índice H, se tiene la forma en la que se mide el impacto en la citación que otros autores han realizado en virtud de un autor en específico (Scimago, 2006). Por su parte el índice G, muestra el promedio ponderado de las citaciones que se han realizado por un autor en particular respecto a las investigaciones desarrolladas por este en otros momentos de tiempo (Castillo et al., 2019). Siendo los índices H y G, una referencia de la manera en que se está citando los avances investigativos de un autor, el índice M muestra el acumulado temporal de las publicaciones, teniendo como base la primera publicación.

Tabla 4. Índice de producción H,G y M.

| Autor | Índice H | Índice G | Índice M | Total Citación | Periodo de inicio |
|----------------|----------|----------|----------|----------------|-------------------|
| ABDRAZAKOV D | 1 | 1 | 0,5 | 5 | 2021 |
| ALEKSEEV A | 1 | 1 | 0,5 | 5 | 2021 |
| ANTONOVA M | 1 | 1 | 0,167 | 2 | 2017 |
| ASFANDIYAROV R | 1 | 1 | 0,167 | 2 | 2017 |
| BAKETARI T | 1 | 1 | 0,125 | 3 | 2015 |
| BAYES R | 1 | 1 | 0,167 | 2 | 2017 |
| BEDLE H | 1 | 1 | 0,5 | 1 | 2021 |
| BELHAJ H | 1 | 1 | 0,25 | 36 | 2019 |
| BENOIT P | 1 | 1 | 0,167 | 2 | 2017 |
| BENOY T | 1 | 1 | 0,333 | 13 | 2020 |

Fuente: elaboración propia a partir de la base de la información de Scopus y Software Bibliometrix

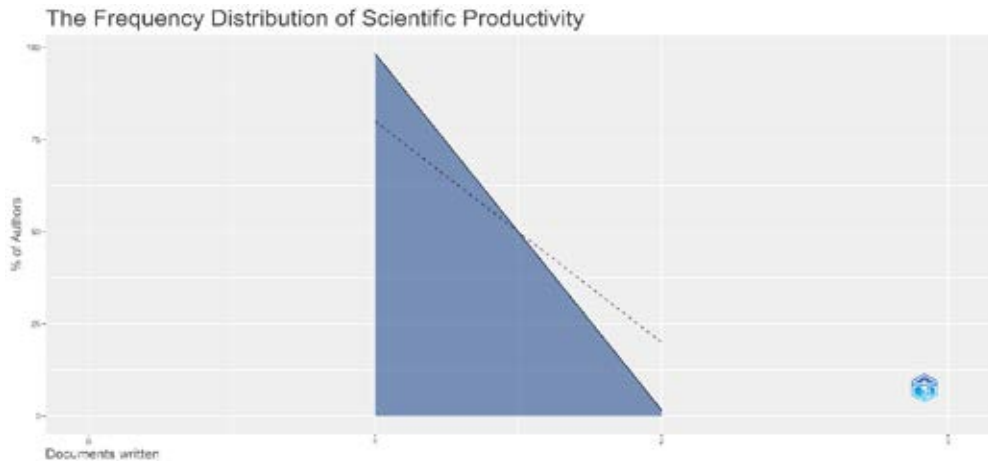
De la tabla anterior, se evidencia que la cantidad de índice H de los 10 autores más relevantes en el análisis bibliométrico, no supera la unidad, lo cual implica que estos autores han sido nombrados en promedio en 7 documentos de investigación, lo cual es al momento escaso, considerando la iniciativa de transición que promueven estos autores en relacionar la producción petrolera con los aspectos de transformación digital o digitalización. Por otra parte, se puede evidenciar que el periodo de inicio en dichas referenciaciones de estos 120 autores va desde el año 2015, siendo el año 2017 el de mayor recurrencia entre los autores.

Considerando la gran importancia que tiene el avance científico en temas de digitalización y análisis en el desarrollo de los procesos productivos alrededor del petróleo y la forma en la que estos avances pueden mitigar el impacto ambiental y el posible freno del desarrollo, se utilizara el coeficiente de Lotka, como una medida de productividad

científica que para (Blanco Olea, 2005), calcula en una relación logarítmica, la eficiencia y eficacia de la producción intelectual alrededor de un tema en particular generado por distintos autores. Es importante mencionar que este coeficiente puede establecerse en tres bloques que va desde poca producción con un índice H 0, pasando por producción media con un índice H de 1, hasta alta producción intelectual con un índice H mayor a 2.

Bajo esta observación se puede evidenciar que en la figura 2, la cantidad documentos realizados por los diferentes autores es de 2 en promedio, ubicándose en el primer bloque como autores con baja producción en temas relacionados a la digitalización en los escenarios petroleros en el mundo.

Figura 2. Coeficiente de Lotka.



Fuente: elaboración propia partir del Software R-Studio

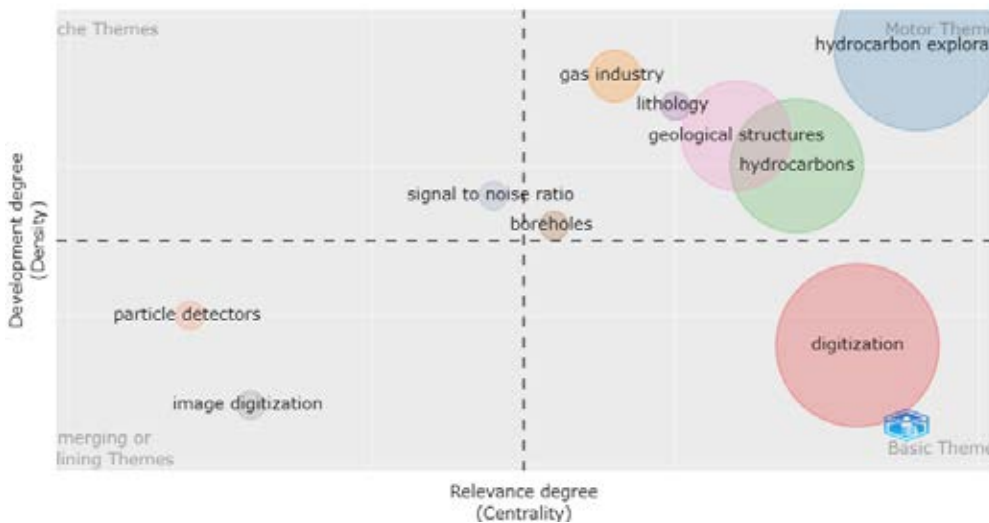
Es importante mencionar que la cantidad de documentos que asocian de manera convergente los elementos de digitalización con la producción petrolera durante los últimos años, es muy poca, lo cual es relevante observar que la producción en estos temas es aun incipiente, particularmente porque dentro de la industria, los procesos de digitalización en materia de mercado, negocios y de impacto a nivel social y de entorno natural, empiezan a tomar relevancia en la mitad de la década del 2010-2020

Palabras Clave y Temática general

En relación a este apartado, las palabras claves que muestran un gran avance en términos de la investigación asociada a los impactos ambientales, como también en la sociedad, el mercado y los negocios sujetos con la exploración y explotación petrolera, se fijan a través de palabras como la *digitalización*, que es la palabra cuya búsqueda de

sin embargo, tanta la relevancia como el desarrollo en si mismo, es apenas concebible dentro de la información generada, ya que, es una palabra que ha estado presente pero no relacionada con los impactos que hace la industria en el entorno social y ambiental. Por otra parte, la palabra pozos (boreholes), muestra ms atención en los documentos recopilados, siendo una temática central de estudio, esto por los altos niveles de exploración que requieren de gran cantidad de información para su transición a la explotación del recurso. Finalmente y haciendo alusión a las palabras mar representativas en este primer escenario, la estructura del hidrocarburo (structures hydrocarbons) se presenta como una palabra en alto grado de desarrollo pero de poca relevancia en los documentos, ya que al mencionarse en investigaciones, genera una serie de diversificaciones alrededor del tema pero vinculadas a otros escenarios como en el análisis ambiental o el desarrollo de nuevas tecnologías aplicadas al sector como los menciona Pemper, R. (2020)

Figura 4. Evolución temática 2000-2016.

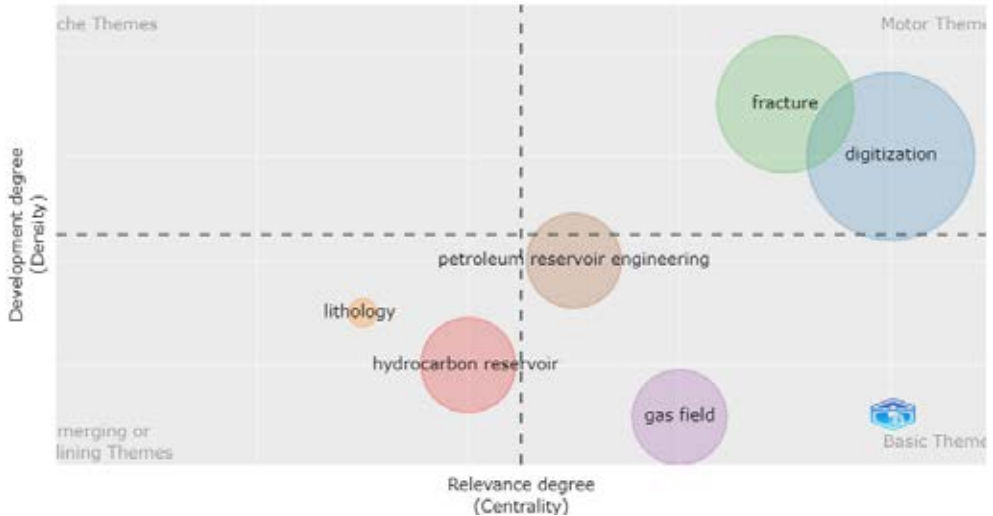


Fuente: elaboración propia a partir del Software R

Como segundo escenario, la evolución temática comprendida entre 2017 al 2020, muestra que temáticas en la ingeniería en yacimiento de petróleos (petroleum resevoir engineering), es una de las palabras más centradas en las investigaciones. Esto por el cambio climático tan acelerado que se ha generado a nivel mundial producto de los procesos derivados de este sector, lo cual hace llamativo que los artículos incluyen este tipo de términos para favorecer y estudiar mejor los impacto que causa esta actividad en la parte social y ambiental de las regiones. Así mismo, temáticas como la digitalización (digitalization) tienen una tendencia cada vez importante en las investigaciones, que, a pesar de no estar centrada en la relevancia de los artículos, si es un conector de peso sobre

los enfoques investigativos derivados de la transición energética o las nuevas formas de producir petróleo sin dañar o impactar de forma negativa el ambiente y la sociedad.

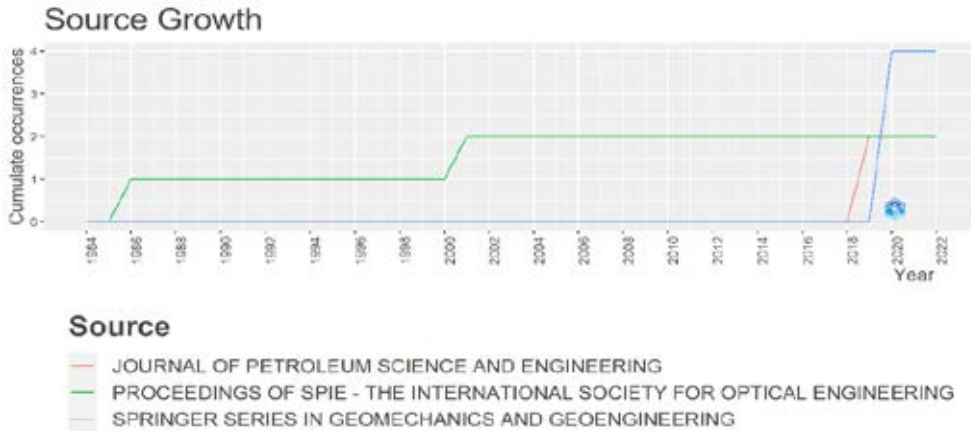
Figura 5. Evolución temática 2017-2022.



Fuente: elaboración propia a partir del Software R

Fuentes de Publicación

Dada la importancia que tiene esta temática en el sector primario y en particular en el las actividades petrolíferas a nivel mundial, son varios los Journals que motivan la investigación en estos escenarios, siendo el “Proceedings of Spie, la revista con mayor impacto durante estos 37 años de análisis bibliográfico. Así mismo, el Springer Series In Geomechanics and Geoenineering, siendo una revista especializada en este tipo de temas, es otra de las cuales ha venido tomando relevancia en temas del impacto de la digitalización en el sector petrolero, lo cual evidencia que desde el 2019, ha publicado varios artículos respecto a estos temas enfocándose en los aspectos de impacto ambiental.

Figura 6. Fuentes documentales 1984-2022

Fuente: elaboración propia a partir del Software R

Conclusiones

El futuro del sector de hidrocarburos está directamente influenciado con los procesos de digitalización que implican el uso de tecnologías de inteligencia artificial y manejo de datos para la exploración de nuevos yacimientos y la mejora de indicadores financieros en los agentes privados.

Los procesos de digitalización y automatización de la explotación petrolera permiten mitigar los efectos ambientales de la actividad extractivista, generando consecuencias positivas para la sociedad y el medio ambiente.

Dentro de la literatura que aborda el tema de la digitalización en el sector petrolera se destacan es su mayoría documentos de revistas indexadas y documentos de sesión en los que se destacan países como China, Reino Unido y Estados Unidos, siendo estos, los países con mayor influencia de la digitalización en la economía extractivista.

En la última década, la digitalización en el sector de hidrocarburos tomó importancia para el mundo académico, pues fue desde 2010 hasta 2020 el periodo con más producción intelectual con esta temática.

La investigación de los procesos de automatización del sector de hidrocarburos se ha desarrollado gracias a los impactos ambientales y sociales de este fenómeno pues, estos impactos, han permitido generar una visión de la economía extractivista más allá de los intereses empresariales individuales.

La tecnificación de los procesos de extracción de petróleo y gas mediante tecnologías

modernas se ha convertido en un motor para el crecimiento del organismo empresarial gracias a los efectos que genera en términos de efectividad y calidad del producto final, jalonando a su vez a la economía en general.

El sector que se ha visto más beneficiado por los procesos de tecnificación en la industria de los hidrocarburos es el petrolero, pues el uso de datos y modelación estadística permite un nuevo enfoque del sector hacia la exploración de nuevos yacimientos y la disminución de costos de producción.

El estudio del subsuelo y los componentes de los territorios es una temática que se ha logrado desarrollar gracias al uso de la tecnología y el manejo de datos estadísticos, esto permite avances productivos y científicos.

Bibliografía

- Azim, R. A., & Mahgoub, I. (2019). Reservoir characterization and OOIP estimation for field located in north bahariya concession. *Petroleum and Coal*, 61(5), 1075-1083. Retrieved from www.scopus.com
- Baketarić, T., & Cvetković, M. (2015). Subsurface modelling of the neogene- quaternary sediments in part of the sava depression based on digitalization of legacy map data. [Modeliranje podzemlja i modeli nesigurnosti neogensko-kvartarnih taložina u dijelu savske depresije temeljem digitaliziranih kartografskih podataka] *Rudarsko Geolosko Naftni Zbornik*, 30(2), 67-84. doi:10.17794/rgn.2015.2.6
- Colombera, L., Mountney, N. P., & Mccaffrey, W. D. (2012). A relational database for the digitization of fluvial architecture: Concepts and example applications. *Petroleum Geoscience*, 18(1), 129-140. doi:10.1144/1354-079311-021
- Castillo, V., Alejandro, A., Elieser, R., Pozo, M., Alejandro, A., & Castillo, V. (2019). Indicadores bibliométricos aplicables a la producción científica individual. *Universidad Médica Pinareña*, 15, 278-284. <https://doi.org/http://orcid.org/0000-0002-7811-2470>, <http://orcid.org/0000-0001-5168-0358>
- Ezirbaev, T. B. (2021). Review of technologies for integrated processing of reinterpretation of well logging data for detailed dissection of the section and revaluation of hydrocarbon reserves. *Geologiya i Geofizika Yuga Rossii*, 11(2), 118-136. doi:10.46698/VNC.2021.40.15.009
- Fisher, E. M. D., Benoy, T., Humphries, G., Wilson, D., Lengden, M., Johnstone, W., Ozanyan, K. (2020). A custom, high-channel count data acquisition system for chemical species tomography of aero-jet engine exhaust plumes. *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement*, 69(2), 549-558. doi:10.1109/TIM.2019.2895932
- Gadallah, M. M., Samir, A., & Nabih, M. A. (2010). Integrated reservoir characterization studies

- of bahariya formation in the meleiha-NE oil field, north western desert, egypt. *Journal of King Abdulaziz University, Earth Sciences*, 21(1), 111-136. doi:10.4197/Ear.21-1.5
- Garcia-Stewart, C. A., & McCann, H. (2005). A high-speed digital lock-in system for optical measurement of minor species concentrations. Paper presented at the 4th World Congress in Industrial Process Tomography, 24-29. Retrieved from www.scopus.com
- Gao, S. -, & Gao, Y. -. (2020). Study and application of intelligent technologies of gas production with deliquification in sulige gas field doi:10.1007/978-981-15-2485-1_225 Retrieved from www.scopus.com
- Greig, F., Johnston, E. M., Binnie, T. D., & Mackenzie, H. A. (1994). PC based photo-acoustic instrumentation system. Paper presented at the Proceedings of the IEEE Ultrasonics Symposium, , 3 1333-1336. Retrieved from www.scopus.com
- Scimago, G. (2006). El índice h de Hirsch : aportaciones a un debate. *El Profesional de La Información*, 304–306. <https://www.ugr.es/~benjamin/EPI-Hirsch.pdf>
- Gutierrez, D, Nauzán, V, Persson M & Zapata, L. (2019). Construcción de un índice de productividad petrolera para Colombia y Argentina, a partir de variables de tipo económico y social como la obsolescencia laboral. *Corporación Universitaria Iberoamericana*. Obtenido de: <https://repositorio.iberu.edu.co/handle/001/866>
- Iiinskij, A., Karnauhov, A., Afanasiev, M., Melekhin, V., Wei, T.X. (2022). Digitalization of the Oil and Gas Research Infrastructure. In: Beskopylny, A., Shamtsyan, M. (eds) XIV International Scientific Conference “INTERAGROMASH 2021”. *Lecture Notes in Networks and Systems*, vol 246. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-81619-3_60
- Imai, R., Endo, T., Tulett, J., Ikegami, T., Rubrico, J., Yoneshima, S., . . . Katayama, M. (2013). High-pressure, higherature tool for borehole seismic acquisition. Paper presented at the 19th Formation Evaluation Symposium of Japan 2013, Retrieved from www.scopus.com
- Jacquemyn, C., Huysmans, M., Hunt, D., Casini, G., & Swennen, R. (2015). Multi-scale three-dimensional distribution of fracture- and igneous intrusion-controlled hydrothermal dolomite from digital outcrop model, latemar platform, dolomites, northern italy. *AAPG Bulletin*, 99(5), 957-984. doi:10.1306/10231414089
- Lin, S. -, McKeigue, K., & Maldarelli, C. (1991). Diffusion-limited interpretation of the induction period in the relaxation in surface tension due to the adsorption of straight chain, small polar group surfactants: Theory and experiment. *Langmuir*, 7(6), 1055-1066. doi:10.1021/la00054a006
- Lindsay, G., Nobakht, B., & Marshall, C. (2019). Reducing costs through digitisation and condition based monitoring. Paper presented at the Society of Petroleum Engineers - SPE Offshore Europe Conference and Exhibition 2019, OE 2019, doi:10.2118/195768-

MS Retrieved from www.scopus.com

- Li, B., Han, T., & Fu, L. (2020). Dielectric properties of fractured reservoir sandstones based on digital rock physics technique. [基于数字岩心的含裂隙储层砂岩介电性质研究] *Acta Geophysica Sinica*, 63(12), 4578-4591. doi:10.6038/cjg202000026
- Mandrell, R. E. (1984). COMPUTERS AND THE FUTURE ON IMAGE PROCESSING FOR THE HYDROCARBON EXPLORATION INDUSTRY. Paper presented at the 531-539. Retrieved from www.scopus.com
- Blanco Olea, F. S. (2005). *Análisis bibliométrico de la revista "Educación."*
- Mora, J. P., Bedle, H., & Kurt, J. M. (2021). Fault surface objects from fault probability volumes using active contours. Paper presented at the SEG Technical Program Expanded Abstracts, , 2021-September 976-980. doi:10.1190/segam2021-3581137.1 Retrieved from www.scopus.com
- Nimmagadda, S. L., Dreher, H., Nawaz, M., & Laiq, K. (2010). On new emerging concepts of modeling petroleum digital ecosystems by multidimensional data warehousing and mining approaches. Paper presented at the 4th IEEE International Conference on Digital Ecosystems and Technologies - Conference Proceedings of IEEE-DEST 2010, DEST 2010, 505-511. doi:10.1109/DEST.2010.5610598 Retrieved from www.scopus.com
- Obi, D. A., Okereke, C. S., Egeh, U. E., & Olagundoye, O. O. (2008). Aeromagnetic modelling in evaluating the hydrocarbon potential of the basement of the calabar flank, southeastern nigeria. *Journal of Mining and Geology*, 44(2), 151-160. Retrieved from www.scopus.com
- Pemper, R. (2020). A history of nuclear spectroscopy in well logging. *Petrophysics*, 61(6), 523-548. doi:10.30632/pjv61n6-2020a1
- Rubo, R. A., de Carvalho Carneiro, C., Michelon, M. F., & Gioria, R. D. S. (2019). Digital petrography: Mineralogy and porosity identification using machine learning algorithms in petrographic thin section images. *Journal of Petroleum Science and Engineering*, 183 doi:10.1016/j.petrol.2019.106382
- Saveliev, Y. V., & Savelieva, N. N. (2019). Automation of industrial processes and everyday life. Paper presented at the IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, , 663(1) doi:10.1088/1757-899X/663/1/012068 Retrieved from www.scopus.com
- Sun, H., Belhaj, H., Tao, G., Vega, S., & Liu, L. (2019). Rock properties evaluation for carbonate reservoir characterization with multi-scale digital rock images. *Journal of Petroleum Science and Engineering*, 175, 654-664. doi:10.1016/j.petrol.2018.12.075
- Varlmov, A. I., Gogonenkov, G. N., Melnikov, P. N., & Cheremisina, E. N. (2021). Development of digital technologies in petroleum industry and subsoil use in russia: Current state and future considerations. *Geologiya Nefti i Gaza*, 2021(3), 5-20. doi:10.31087/0016-7894-2021-3-5-20

- Wang, K., Zou, Q., Wang, Z., Zhang, X., & Li, W. (2020). Development of overseas oil and gas development integration research platform and database construction doi:10.1007/978-981-15-2485-1_108 Retrieved from www.scopus.com
- Woods, M. A., Newell, A. J., Farrant, A. R., Haslam, R. B., & Clarke, S. M. (2018). High-resolution stratigraphy and physical property modelling of the chalk. Paper presented at the Engineering in Chalk - Proceedings of the Chalk 2018 Conference, 411-417. doi:10.1680/eiccf.64072.411 Retrieved from www.scopus.com
- Yudin, A., Khan, A. M., Romanovskii, R., Alekseev, A., & Abdrazakov, D. (2021). Control over the fracture in carbonate reservoirs as a result of an integrated digital stimulation approach to core testing and modeling. Paper presented at the Society of Petroleum Engineers - SPE Russian Petroleum Technology Conference 2021, RPTC 2021, doi:10.2118/SPE-206636-MS Retrieved from www.scopus.com
- Zeng, Q. -, Deng, F., Zhang, Y. -, Shao, Y. -, Ye, Y., Wang, W. -, & Hu, Y. (2020). Automatic extraction of fractures in digital geological outcrop of carbonate rocks and its application doi:10.1007/978-981-15-2485-1_208 Retrieved from www.scopus.com
- Zhao, G., Chen, H., Tan, X., & Xiao, J. (2018). Numerical method of lithostratigraphic description and its realization. [岩石地层描述的数字方法与实现] *Xinan Shiyou Daxue Xuebao/Journal of Southwest Petroleum University*, 40(4), 69-78. doi:10.11885/j.issn.16745086.2017.03.29.01
- Zhou, L., Li, D., Wu, Y., Zhong, F. Y., Ren, B. B., Li, F., & Zhang, X. J. (2017). The seismic response characteristics and distribution of the reefs in the changxing formation, northern sichuan basin. *Yanshi Xuebao/Acta Petrologica Sinica*, 33(4), 1189-1203. Retrieved from www.scopus.com