



REVISIÓN BIBLIOMÉTRICA DEL *FRACKING* COMO FORMA DE EXTRACCIÓN DE PETRÓLEO*

María Isabel Guerrero Molina**

Camila Correa Zapata***

Valentina Herrera Peña****

Recibido: 9 de noviembre de 2023 – Aprobado: 31 de enero 2024

Doi: <https://doi.org/10.22395/seec.v27n63a4605>

RESUMEN

El proceso de extracción de gas y petróleo de manera no convencional genera diferentes situaciones en el medio ambiente, por ello, el objetivo es desarrollar una revisión bibliométrica del *fracking* como práctica de extracción de petróleo; para la elaboración del presente artículo se utilizó el método cuantitativo, en el cual se implementaron herramientas bibliométricas para extraer registros tomados de las bases de datos de Scopus y analizar con RStudio, se tuvieron en cuenta cuatro variables: revistas, autores, universidades y países que se hayan desenvuelto en el tema. Los hallazgos parciales exponen las afectaciones derivadas de la extracción de petróleo por medio del *fracking*, en relación a las ganancias obtenidas en el sector, teniendo en cuenta el marco de la crisis climática, puesto que, en medio de las investigaciones relacionadas al tema, tanto en el campo ambiental como económico, no se han presentado soluciones para promover la mitigación del cambio climático. Se presenta las tendencias de estudio del impacto del *fracking* y aspectos legales.

PALABRAS CLAVE

Medio ambiente, crecimiento sostenible, desarrollo sostenible, clima, contaminación del aire, extracción de petróleo, RStudio, análisis bibliométrico, fractura hidráulica.

CÓDIGO JEL

O44, P54, Q01, Q53, Q56

CONTENIDO

Introducción; 1. Metodología; 2. Resultados; 3. Perspectivas; 4. Conclusiones; Referencias.

* Artículo de revisión bibliográfica. El artículo es el resultado de la investigación Negocios y comercio internacional: prospectiva de sectores productivos. Grupo de investigación GESNE, clasificación Minciencias (B). Entidad financiadora: Universidad Católica Luis Amigó. Periodo 2022.

** Administradora de empresas, Ceipa, Medellín, Colombia. Magíster en Negocios Internacionales, ESUMER, Medellín Colombia. Doctora en Administración de la UBI, Puebla, México. Docente investigadora de la Facultad de Ciencias Administrativas, Económicas y Contables de la Universidad Católica Luis Amigó, Medellín, Colombia. Integrante del grupo de investigación GESNE. Dirección postal: Tv. 51a #67B 90 Medellín, maria.guerreroool@amigo.edu.co. Orcid: [0000-0002-8792-0832](https://orcid.org/0000-0002-8792-0832)

*** Estudiante de Negocios Internacionales de la Universidad Católica Luis Amigó, Medellín, Colombia. integrante del grupo de investigación GESNE. Dirección postal: Tv. 51a #67B 90 Medellín, camila.correaza@amigo.edu.co. Orcid: [0009-0005-0290-4825](https://orcid.org/0009-0005-0290-4825)

**** Estudiante de Negocios Internacionales de la Universidad Católica Luis Amigó, Medellín, Colombia. Integrante del grupo de investigación GESNE. Dirección postal: Tv. 51a #67B 90 Medellín, valentina.herrerape@amigo.edu.co. Orcid: [0009-0001-8245-5847](https://orcid.org/0009-0001-8245-5847)

BIBLIOMETRIC REVIEW OF FRACKING AS AN OIL EXTRACTION METHOD

ABSTRACT

The non-conventional gas and oil extraction process causes diverse impacts on the environment. Therefore, this article aims to carry out a bibliometric review of fracking as an oil extraction process. The quantitative method was used to create this article by using bibliometric tools to extract records from the Scopus database and analyze them with RStudio. Four variables were considered: journals, authors, universities, and countries that have worked with this topic. Partial findings show the effects of fracking oil extraction in relation to the profits earned in the sector, taking into account the climate crisis, as the studies addressing this topic, both from the environmental and the economic fields, have not presented solutions to promote climate change mitigation. The trends of fracking impacts research and legal aspects are presented.

KEYWORDS

Environment, sustainable growth, sustainable development, climate, air pollution, oil extraction, RStudio, bibliometric analysis, hydraulic fracturing.

JEL CLASSIFICATION

O44, P54, Q01, Q53, Q56

CONTENT

Introduction; 1. Method; 2. Results; 3. Perspectives; 4. Conclusions; References.

REVISÃO BIBLIOMÉTRICA DO *FRACKING* COMO FORMA DE EXTRACÇÃO DE PETRÓLEO

RESUMO

O processo de extração não convencional de petróleo e gás gera diferentes situações no meio ambiente, portanto, o objetivo é desenvolver uma revisão bibliométrica do fracking como prática de extração de petróleo; para a elaboração deste artigo foi utilizado o método quantitativo, no qual foram implementadas ferramentas bibliométricas para extrair registros retirados das bases de dados Scopus e analisar com o RStudio, quatro variáveis foram levadas em consideração: periódicos, autores, universidades e países que se desenvolveram no assunto. Os resultados parciais expõem os efeitos derivados da extração de petróleo através do fracking, em relação aos lucros obtidos no sector, tendo em conta o quadro da crise climática, uma vez que, no meio da investigação relacionada com o tema, tanto no domínio ambiental como económico, não foram apresentadas soluções para promover a mitigação das alterações climáticas. São apresentadas as tendências no estudo do impacto do fracking e os aspectos legais.

PALAVRAS-CHAVE

Ambiente, crescimento sustentável, desenvolvimento sustentável, clima, poluição atmosférica, extração de petróleo, Rstudio, análise bibliométrica, fraturamento hidráulico

CLASSIFICAÇÃO JEL

O44, P54, Q01, Q53, Q56

CONTEÚDO

Introdução; 1. Metodologia; 2. Resultados; 3. Perspectivas; 4. Conclusões; Referências.

INTRODUCCIÓN

La fracturación hidráulica es el proceso de extracción de gas y petróleo de manera no convencional (Dieng *et al.*, 2023), que consiste en inyección de agua con mezcla de químicos a gran presión en pozos rocosos, para extraer hidrocarburo encerrado en poros de rocas. Las reservas de recursos no renovables se han ido consumiendo por diversos países que se han visto obligados a conseguirlos (Esterhuyse *et al.*, 2022). Así, se aumentan las provisiones energéticas globales, pero podría comprometer reservas de agua potable incrementando la contaminación ambiental (Ma *et al.*, 2023). Mantener reservas energéticas para responder a las demandas de hidrocarburos en las industrias hace la extracción indispensable (Shi *et al.*, 2023)

Existen países que se ven favorecidos por sus fronteras territoriales y recursos naturales, otros por sus relaciones políticas e internacionales con Estados que limitan, permitiéndoles sacar provecho a los propietarios de los recursos, y la mayoría encuentran una participación e intervención de la industria de combustibles fósiles con la fracturación hidráulica, que muestra crecimiento exponencial (Davis *et al.*, 2023)

Estados Unidos ha estudiado la industria de la fracturación hidráulica con respecto al sector político, y evidencia falencias y problemáticas arraigadas que conllevan perjuicios para las libertades y derechos sociales (Bratman *et al.*, 2022). En términos ambientales se encuentran considerables desventajas, pues la extracción afecta la fauna y la flora. En términos económicos, por el contrario, estimula la generación de empleos directos, impuestos, arrendamientos, pagos de regalías, entre otras actividades que reflejan beneficios para la economía (Caldwell *et al.*, 2022).

Una problemática en materia ambiental de la práctica del *fracking* es la etapa de la finalización de la extracción, cuando los fluidos químicos utilizados en el proceso regresan a la superficie del yacimiento. Esto es preocupante, pues no es conveniente para la subsistencia de estos territorios y su biodiversidad (Wu *et al.*, 2023)

Durante el proceso de extracción es posible que se filtre la mezcla compuesta de químicos, agua y arena utilizada para desencadenar microfracturas en rocas y obtener petróleo y gas. Esto pasa en el agua potable a grandes profundidades y supone un nuevo daño medioambiental por posibles efectos adversos, dada la elevada presión a la que es inyectada dicha mezcla, que además supone un aumento en temperaturas dentro de los pozos (Faber *et al.*, 2023).

La fracturación hidráulica es objeto de críticas debido al cambio climático. Los activistas ambientales han sido los principales críticos, pues expresan su desacuerdo argumentando un desbalance entre lo económico y lo ambiental por la

misma degradación y el uso excesivo de agua potable, a consecuencia del *fracking*. Así, la rentabilidad económica va en contravía de dichos daños ambientales (Mooney *et al.*, 2022). Existe una amplia cobertura de prensa relacionada con este método de extracción, pues se ha permitido la explotación de pozos, la venta de licencias de exploración y desarrollo, generando controversia en las comunidades. Dicha problemática se refleja en las redes sociales y a partir de ello se pueden monitorear diferentes percepciones, así como la participación de los locales en las decisiones sobre las leyes medioambientales con respecto a la fragmentación (Bartie *et al.*, 2023). Arnold *et al.* (2022) plantean desarrollar estudios de efectos en áreas ricas en recursos, teniendo en cuenta los diferentes puntos de vista de las comunidades cercanas a estas zonas impactadas socioeconómica y ambientalmente por la extracción.

Así, se incrementan las discusiones políticas sobre la propiedad de los recursos no renovables, como el agua potable y el petróleo, debido a la amenaza de su escasez (Qian *et al.*, 2023). Este fenómeno, derivado de las formas artificiales de extraer petróleo, ha cambiado las dinámicas políticas en Colombia y se analizan variables económicas, sociales, tecnológicas y salubres (Rinaldi, 2023) como la extracción de gas esquisto, que se presenta como posible alternativa transicional para la crisis energética y ambiental que se enfrenta mundialmente, pues es una fuente de energía más limpia que la del petróleo (Tao *et al.*, 2022)

Teniendo en cuenta los impactos ambientales que se derivan de la fracturación hidráulica, en agua y suelo, se evidencia que la causa principal de contaminación es la deficiencia del funcionamiento de las maquinarias (Almaliki, *et al.*, 2022). Las aguas residuales contienen contaminantes como el bromuro y el yoduro geogénico y, además, grandes cantidades de agua son almacenadas, transportadas y reutilizadas en las operaciones de producción (Abraham *et al.*, 2023; Murtazashvili *et al.*, 2023).

En relación con los suelos, se apunta a disminuir los riesgos para la población local convirtiéndolos en un actor activo al momento de tomar decisiones sobre las tecnologías y la implementación de cambios en los marcos legales existentes sobre el tema (Aczel *et al.*, 2022); se pretende dar un manejo asertivo teniendo en cuenta a la comunidad (Howey y Neale, 2022) identificando diversas problemáticas que suponen riesgos para la salud. Así mismo, Mischen (2022) evaluó las aptitudes individuales para lograr soluciones eficientes a las problemáticas y así adoptar políticas ambientales y de electricidad sostenibles (Shi *et al.*, 2023), y de transporte, de modo que no tengan tantas repercusiones sobre la tierra (Birkhimer *et al.*, 2023), incluso como una medida frente a los impactos generados por la extracción, regulando la contaminación a través de otros sectores (Zacher, 2023).

Son pocos los estudios e investigaciones que permiten conocer los riesgos potenciales que pueden darse antes y después del proceso extractivo, de modo que no se indagan los efectos directos en el agua potable afectada por las mezclas químicas de dicho proceso (Wilde *et al.*, 2023). De acuerdo con todo lo anterior, en este artículo se podrá evidenciar que el cambio climático genera gran preocupación para la población mundial, que genera consecuencias adversas debido a la emisión de gases de efecto invernadero, a la desmedida extracción, al desproporcionado consumo de agua potable y a la utilización de combustibles fósiles (Galloway *et al.*, 2023). Y las publicaciones sobre *fracking* siguen siendo escasas al igual que las medidas políticas dadas hasta el momento.

El artículo se organiza en cuatro secciones. La primera describe la metodología empleada para obtener y procesar la información, detallando los pasos específicos de la recolección y el análisis de datos. La segunda sección se enfoca en el análisis bibliométrico, presentando métricas para evaluar la producción académica como el número de publicaciones, las citas recibidas y las redes de colaboración. La tercera sección explora la red social del tema de estudio, visualizando conexiones entre autores, instituciones y palabras clave, e identificando tendencias emergentes. Al final se presentan conclusiones, limitaciones y recomendaciones del estudio, destacando los hallazgos más relevantes y sugiriendo direcciones futuras para la investigación.

1. METODOLOGÍA

El artículo presenta la revisión de la literatura existente sobre el *fracking*. La investigación que se realizó fue de tipo cuantitativa, con cuatro variables de referencia: revistas, autores, países y universidades. Se utilizó Scopus como fuente principal de información y los registros utilizados fueron hallados con la ecuación (TITLE-ABS-KEY (fracking) AND TITLE-ABS-KEY (extraction)), con un registro de 520 datos, procesados en el Software RStudio bajo técnicas bibliométricas. Se reportan resultados (Aria y Cuccurullo, 2017) en el periodo 2011-2023.

Se utilizó la herramienta Bibliometrix porque permite identificar las tendencias de estudio sobre el tema en el periodo analizado. Además, la herramienta ha sido empleada en otros estudios brindando derivaciones a nuevas consultas científicas (Zhang *et al.*, 2023; Aria y Cuccurullo 2017; Guerrero *et al.*, 2022; Bond *et al.*, 2019; Alzate Cárdenas *et al.*, 2022).

El estudio presenta las redes concebidas entre los autores y las cocitaciones realizadas, de tal manera que visualiza la red del tema concerniente a la fracturación hidráulica y facilita la presentación de tendencias de estudio.

Mediante la revisión literaria sobre la fracturación hidráulica, se encontraron 43 artículos, de los cuales once están relacionados con la ingeniería ambiental analizando el uso de agua potable para las operaciones extractivas (Bu *et al.*, 2018), la gestión para el tratamiento del agua resultante del proceso extractivo (Tao *et al.*, 2022), evaluando las técnicas que eviten los riesgos aplicables (Torres *et al.*, 2016), la contaminación de los suelos (Cao *et al.*, 2021) y el escape de gas metano (Yudhowijoyo *et al.*, 2018), de tal modo que se determine una escala de contaminación derivada de hidrocarburos y su correlación con el *fracking* (Armstrong *et al.*, 2015). En este campo, se realiza una revisión crítica al tratamiento de desechos generados a raíz de la explotación (Kahrilas *et al.*, 2015) y se evalúan las condiciones de la corteza del pozo (Vadillo Fernández *et al.*, 2017). También, se despierta interés por la trascendencia de la aplicación tecnológica del sistema multifluídico para la extracción (Lifton, 2016), por el uso de marcadores magnéticos (Zawadzki y Bogacki, 2016) o la información propia del proceso de extracción de gas y petróleo, así como la pertinencia de aplicar una nueva tecnología para el tratamiento de las aguas residuales (Silva *et al.*, 2017).

Ahora bien, se encontraron siete artículos con bases socioeconómicas, en los que se distinguen controversias, debates y opiniones sobre riesgos y beneficios cuando se comparan costos e impacto, dando lugar a la creación de estrategias que hagan visibles las desventajas de la práctica y desarrollando procesos normativos y regulaciones para que la práctica sea menos intrusiva (Liew *et al.*, 2020). Como se da, por ejemplo, en países de renta media y baja (Paylor, 2017), que se han convertido en fuentes energéticas no renovables de países ricos, los cuales llegan a sus territorios para extraer los recursos que necesitan (Esterhuyse, 2018). Lo mismo se aprecia en el contexto sudafricano con impactos biofísicos (Esterhuyse *et al.*, 2016) y en el condado Greene, en Pensilvania, con inestables precios de viviendas.

También se identificaron cinco artículos de diferentes áreas. Desde la química se expresa que la extracción trae consigo efectos adversos en los seres vivos, dado el uso de los químicos (Bolden *et al.*, 2018); desde la ética se perciben comentarios contradictorios por el uso del gas esquisto (Evensen, 2016); desde los temas sociales y el bienestar humano, se exponen diversas opiniones de las comunidades frente a la extracción (Cotton y Charnley-Parry, 2018); desde la comunicación se fomenta en los medios los comentarios sobre el *fracking* (Matthews y Hansen, 2018). Al final, se evalúan las leyes para el acoplamiento, de modo que este cubra los daños invasivos que deja la extracción a través de la fracturación hidráulica (Costello, 2014).

Otros cinco artículos hacen referencia a las ventajas y desventajas de la fracturación hidráulica (Jackson *et al.*, 2014), como la que se realiza en las cuencas de los Apalaches, caracterizada por los abastecimientos de hidrocarburos (Lampe y

Stolz, 2015); en la cuenca del río de Paraná (Lenhard *et al.*, 2018) y en Marcellus Shale (Jacquet *et al.*, 2018), donde se examinan y se ponen en evidencia las huellas de dicha práctica en las comunidades, su cultura y política; en Suiza, donde el uso del gas natural y la energía geotérmica es una estimación para uso en el futuro (Wyss, 2014).

Otros cuatro artículos exponen las áreas que han sido afectadas por el *fracking* (Hoffmann, 2017) examinando las aguas subterráneas inorgánicas (Bondu *et al.*, 2021), dado que la sociedad se preocupa por el uso del agua potable para procesos de extracción, con la contaminación que implica (de Rijke, 2018). Por tal razón, se categorizaron las aguas con el fin de atenuar su impacto (Sun *et al.*, 2019).

Se identificaron cuatro artículos que se relacionan con el sector de la salud, y en estos se argumentan las factibles consecuencias para la reproducción humana (Balise *et al.*, 2016). Los cuatro resaltan la poca indagación existente y que es necesaria para identificar secuelas (Finkel y Hays, 2013) en el sistema endocrino debido a la dañina exposición química (Nagel *et al.*, 2020), proponiendo métodos para proteger la salud pública (Finkel y Law, 2011).

Tres documentos tratan sobre los factores que pueden aumentar la eficiencia en los procesos de recolección (Althani y Lange 2023). Se propone mejorar el transporte de la arena requerida para la viscosidad y estudiar otros solubles (Zhang *et al.*, 2023). Los resultados demostraron que se tiene mayor solubilidad y uniformidad con la misma concentración de co-disolvente (Barroso-Maldonado *et al.*, 2023).

Tres publicaciones relacionan el uso de la maquinaria pesada de los procesos extractivos con el aumento del tráfico, los accidentes y daños en las infraestructuras (Majumdar y Chun 2023). También discuten sobre los terremotos y la relación que pueden tener los mismos con las actividades de fracturación de yacimientos (Erokhin y Komendantova, 2023); a partir de ello, analizaron los riesgos de la explotación de las rocas, aplicando la ingeniería y sistemas de prevención para las pruebas (Junfeng *et al.*, 2023). Uno de los estudios evalúa la demanda de litio para baterías, considerando que la industria debe desarrollar métodos sostenibles en procesos de obtención de minerales y salmueras, evitando la contaminación con el desarrollo de tecnologías verdes (Haddad *et al.*, 2023).

2. RESULTADOS

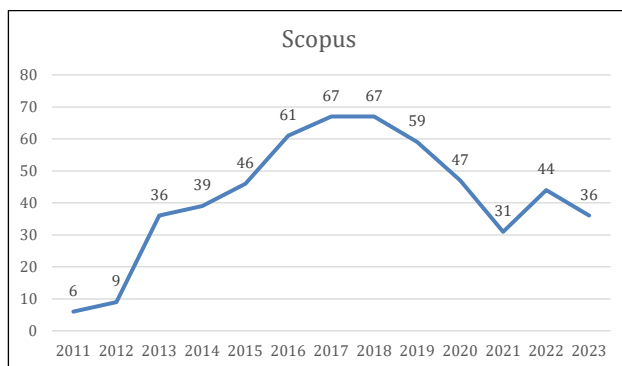
Los resultados presentan la evolución de la fracturación hidráulica y para ello se realizó una verificación del total de las publicaciones que reporta la base de datos Scopus en el periodo de 2011 a 2023.

La figura 1, que se presenta a continuación, muestra un gráfico de tendencia que evidencia la evolución del número de publicaciones en relación con la extracción de petróleo mediante el *fracking*. Este gráfico revela información crucial sobre la trayectoria de los estudios enfocados en esta área. En los años 2011 y 2012 aparecen las primeras publicaciones que exploran el tema del *fracking* como método de extracción. Las publicaciones, en este periodo, son entre seis y nueve.

Se observa un notable crecimiento en la cantidad de publicaciones relacionadas con la fracturación hidráulica. Este incremento es evidente hasta el año 2020, superando treinta publicaciones por año. Es interesante destacar que en 2020 se redujo el volumen de publicaciones en comparación con años anteriores, manteniéndose en 2021, cuando se nota la marcada disminución: 20 estudios en promedio por año.

El año 2022 presenta un crecimiento de publicaciones, con un total de 44 que tratan sobre la extracción mediante el *fracking*. En 2023 se evidencia el continuo interés por la fracturación, reflejado en 36 estudios sobre la extracción de petróleo de manera no convencional. Estas investigaciones sobre la fracturación hidráulica constituyen un marco de referencia fundamental para este estudio.

Figura 1. Número de publicaciones del periodo 2011-2023



Fuente: elaboración propia (2023).

Para analizar la relación entre los países, se presenta la tabla 1, la cual se divide en dos partes. A la izquierda se listan los diez países que más contribuyen en términos de publicaciones, según la base de datos Scopus. A la derecha se muestra la red de colaboración entre estos países, elaborada mediante el uso de la herramienta Bibliometrix, que permite procesar y analizar información bibliométrica. Esta red ilustra los enlaces de colaboración entre países, formando grupos que facilitan la cocitación en trabajos académicos.

Tabla 1. Países

País/Región	Scopus	% del Total	Colaboración entre países
Estados Unidos	289	55,6 %	
Reino Unido	76	14,6 %	
China	36	6,9 %	
Alemania	33	6,3 %	
Canadá	29	5,6 %	
Australia	26	5,0 %	
España	15	2,9 %	
Sudáfrica	14	2,7 %	
Francia	12	2,3 %	
Países Bajos	9	1,7 %	

Fuente: elaboración propia (2023).

Estados Unidos hace grandes aportes sobre la temática con un total de 55,6 % de las publicaciones; destaca el análisis en estados como Pensilvania, Nueva York y Oregón. El 14,6 % corresponde a Reino Unido, segundo de diez países que más estudian la extracción de petróleo, enfocado en regulaciones y políticas medioambientales. En tercer, cuarto y quinto lugar se encuentran China, con 6,9 %, Alemania con 6,3 % y Canadá con 5,6 %. Los registros de otros países como Australia, España, Sudáfrica, Francia y Países Bajos no superan el 15 % del total de las publicaciones.

Del grupo principal de colaboración entre los países se derivan grupos de cocitación entre autores, integrados por Estados Unidos, Reino Unido y China como exponentes principales. Hay otros: Canadá, Francia, Suecia, Austria, España, Malasia, Noruega, India, Japón, y Hong Kong. El segundo grupo lo integran Alemania, Australia, Italia, México, Bélgica, Sudáfrica y Países Bajos. El último grupo está compuesto por Brasil y Argentina. Cabe destacar que Colombia y Polonia se encuentran representadas y se relacionan con el principal grupo de colaboración, a pesar de no tener un grupo de cocitación especificado.

En la tabla 2, Estados Unidos presenta gran relevancia en las publicaciones sobre el *fracking*, reflejando su participación académica con un 16,34 %. Sus mayores representantes en las afiliaciones son Colorado State University y Pennsylvania State University. Reino Unido es el segundo país que se destaca con más investigaciones sobre el tema: participan Prifysgol Caerdydd y College of Biomedical and Life Sciences con 13 y 11 publicaciones respectivamente.

Tabla 2. Universidades

Organización o institución	Número de publicaciones	Porcentaje de participación	País
Colorado State University	18	3,46 %	Estados Unidos
Pennsylvania State University	15	2,88 %	Estados Unidos
Duke University	14	2,69 %	Estados Unidos
Prifysgol Caerdydd	13	2,50 %	Reino unido
The Ohio State University	11	2,12 %	Estados Unidos
College of Biomedical and Life Sciences	11	2,12 %	Reino unido
Cornell University	10	1,92 %	Estados Unidos
Oregon State University	9	1,73 %	Estados Unidos
University of California, Davis	8	1,54 %	Estados Unidos
University of the Free State	8	1,54 %	Sudáfrica

Fuente: elaboración propia (2023).

Relacionando la tabla 1 y 2, se recalca que Estados Unidos y Reino Unido son las naciones que generan mayores aportes sobre el estudio de la fracturación hidráulica, y esta información resulta fundamental para el desarrollo del presente artículo, pues son estos países los que encabezan los centros de recolección de datos más importantes.

En la tabla 3 se puede evidenciar que es Reino Unido, con cinco revistas, el país con más cantidad de investigaciones sobre el *fracking*, seguido de Estados Unidos y Países Bajos con dos revistas, lo que permite evidenciar el interés por este tema. Consecuentemente, Reino Unido se destaca por poner su atención en las implicaciones ambientales provocadas por los yacimientos de petróleo. Estados Unidos se interesa por los resultados económicos de la fracturación; mediante el cuartil en el que se encuentran las revistas publicadas se logra identificar la relevancia que tienen.

La revista *Environmental Science And Technology*, de origen estadounidense, se encuentra en el primer lugar en cuanto a las publicaciones y el H Index; en segundo lugar, está *Science Of The Total Environment* de Países Bajos, a pesar de que este país tiene pocas publicaciones, la revista tiene un alto grado de importancia de acuerdo al cuartil y la cantidad de registros. En tercer lugar, se encuentra *Energy Research and Social Science* de Reino Unido.

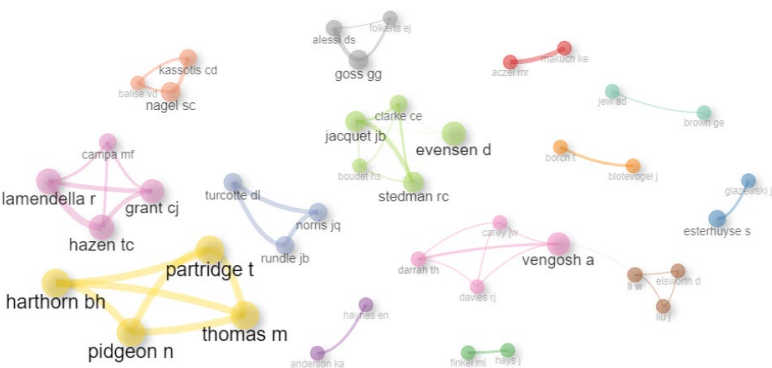
Tabla 3. Revistas

Fuente	Número de registros	% del total	SJR 2021	Cuartile SJR	H Index (SJR)	Country
<i>Environmental Science and Technology</i>	25	5,38 %	2.64	Q1	425	Estados Unidos
<i>Science of The Total Environment</i>	20	4,30 %	1,810	Q1	275	Países Bajos
<i>Energy Research and Social Science</i>	19	4,09 %	2,550	Q1	76	Reino Unido
<i>Extractive Industries and Society</i>	14	3,01 %	0,970	Q1	37	Países Bajos
<i>New Solutions</i>	12	2,31 %	0,420	Q3	23	Estados Unidos
<i>Energy Policy</i>	11	2,12 %	2,130	Q1	234	Reino Unido
<i>Environmental Science Processes and Impacts</i>	10	1,92 %	1,210	Q1	104	Reino Unido
<i>Frontiers in Microbiology</i>	7	1,35 %	1,310	Q1	166	Suiza
<i>Chemosphere</i>	6	1,15 %	1,510	Q1	265	Reino Unido
<i>Environmental Pollution</i>	6	1,15 %	1,950	Q1	249	Reino Unido

Fuente: elaboración propia (2023).

En las figuras 2 y 3 se presentan dos imágenes relacionadas entre sí: la primera muestra la red de colaboración entre autores, y la segunda, la red de cocitación. Los autores son representados por nodos de las figuras, unidas mediante segmentos para conocer en la gráfica 1 vínculos de colaboración entre autores y en la gráfica 2 la cocitación. El grosor de las líneas enmarca el grado de cooperación entre investigadores, mientras el tamaño del nombre del autor varía según el número de publicaciones.

Figura 2. Red de colaboración entre autores

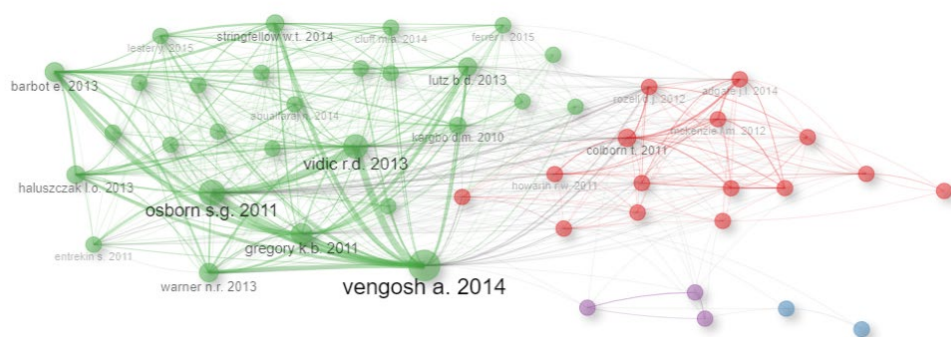


Fuente: elaboración propia (2023)

La figura 3 reconoce catorce grupos de colaboración, siendo el principal grupo de trabajo conformado por Partridge, T., Harthorn, B. H., Pidgeon, N. y Thomas, M., seguido del grupo integrado por Lamendella, R., Hazen, T. C., Grant C. J. y Campa, M. F., del cual es importante resaltar que los tres primeros integrantes de este grupo se encuentran entre los diez autores que más publicaciones tienen en el área del *fracking* como forma de extracción (véase la tabla 1). En el tercer lugar de la red de colaboración destaca el grupo de Evensen, D. (autor con mayor número de publicaciones en el área), Jacquet, J. B, Stedman, R. C., Clarke, C. E. y Boudet, H. S.

Con respecto a los autores más relevantes, según la figura 3, destaca Vengosh, A., distinguido profesor de Calidad Ambiental en Duke University como el autor más citado; Osburn, S. G., Vidic, R. D., Gregory, K. B., Warner, N. R. y Haluszczak, L. O. Estos resaltan a la red de cocitación más grande del área. En la segunda se muestran a Colborn, T. y Adgate, J. I. como exponentes más citados.

FIGURA 3. Red de cocitaciones



Fuente: elaboración propia (2023)

La tabla 4 permite identificar los diez principales autores que, con la ecuación consultada, realizan investigaciones sobre el tema, es decir, fracturación hidráulica y extracción, además de poner en evidencia el número de citas que tienen por sus trabajos investigativos. En esta tabla destaca Evensen, D. T. como mayor investigador con nueve publicaciones; posteriormente, Esterhuyse, S. y Vengosh, A., ambos con seis publicaciones y los demás, Goss, G. G., Grant, Ch. J., Harthorn, B. H., Hazen, T. C., Lamendella, R., Nagel, S. C., Partridge, T., cuentan con cinco publicaciones. Aunque Hazen, T. C. no cuenta con el mayor número de publicaciones, cuenta con más referencias y citas, en total 15.060 citas, seguido de Vengosh, A. con 13.406 citas y, en tercer lugar, Goss, G. G. con 7.082.

Tabla 4. Autores

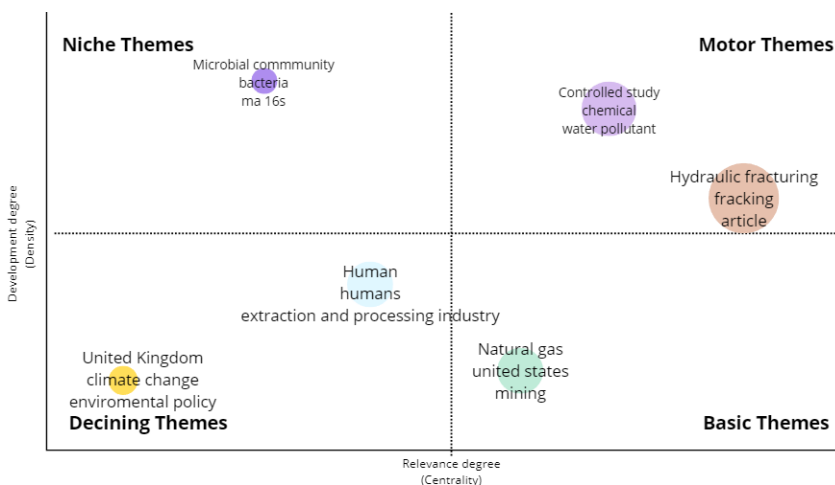
Posición	Autor	Número de publicaciones	Número de citaciones	Índice H
1	Evensen, Darrick Trent N.	9	1.459	22
2	Esterhuyse, Surina	6	141	8
3	Vengosh, Avner	6	13.406	63
4	Goss, Greg Gerard	5	7.082	51
5	Grant, Christopher James	5	177	7
6	Harthorn, Barbara Herr	5	1.780	20
7	Hazen, Terry C.	5	15.060	63
8	Lamendella, Regina	5	6.001	30
9	Nagel, Susan C.	5	6.347	31
10	Partridge, Tristan	5	304	7

Fuente: elaboración propia (2023)

3. PERSPECTIVAS

De acuerdo con los resultados presentados, se indaga sobre las temáticas más relevantes que tienden a ser representativas en el futuro. Por ello se presenta la gráfica 3, mediante un plano, en la que se hace relevancia al estudio de los contaminantes químicos del agua y la fracturación hidráulica.

Figura 4. Tendencias de estudio



Fuente: análisis de datos Bibliometrix, 2023.

3.1 Impactos del *fracking*

Al hablar de las formas de extracción no convencionales es inevitable inferir los impactos en el proceso para las comunidades cercanas, el medio ambiente y la población en general. A pesar de los esfuerzos para no generar emisiones de carbono, es imposible debido a que el *fracking* funciona con otro tipo de productos contaminantes (Liu *et al.*, 2022). Una de las afecciones evidenciadas es el uso indiscriminado del agua con la producción del gas esquisto, pues la poca cantidad del líquido resultante que se logra recaudar, está contaminada (Soriano *et al.*, 2022). Así, residentes cercanos a zonas extractivas se exponen a un componente llamado "sílice", que interviene en el proceso del *fracking*, vinculado significativamente con el desarrollo de enfermedades respiratorias, la vasculitis asociada al anticuerpo anti-toplasma de neutrófilo, enfermedad identificada en residentes de Virginia occidental en EE.UU., donde los casos han aumentado debido al incremento de la actividad extractiva no convencional (Makati *et al.*, 2022). Residentes de las zonas aledañas a la extracción tienen dos puntos de vista sobre el *fracking*, el de quienes perciben su territorio como una identidad económica en energías no renovables identifican más riesgos que beneficios en la exportación de petróleo y gas resultante del *fracking*, y, por el contrario, los que identifican su territorio con las actividades extractivas ven en aquel proceso mayores beneficios (Mooney *et al.*, 2022). Si bien el proceso extractivo tiene complicaciones en el área de la salud, entre otras afectaciones, dicha práctica tiene beneficios económicos que ayudan al desarrollo de un país, de modo que se propone que se fomente un equilibrio entre ambos puntos de vista realizando acciones que estén en pro de prevenir los efectos negativos que deja el *fracking* (Caldwell *et al.*, 2022).

3.2. Aspectos legales

Las implicaciones medioambientales que genera la fractura hidráulica están fuertemente ligadas con los efectos secundarios en la vida diaria de las personas, tomando en consideración el aumento de eventos sísmicos por procesos no convencionales de extracción (Evensen *et al.*, 2022). Estas implicaciones llegan a ser evidentes hasta en la salud de la fauna cercana a centros extractivos, como lo evidencia la especie de truchas nativas de arroyo en Marcellus Shale, Pensilvania, donde se analizaron aquellas expuestas a pozos extractivos, activos o no, concluyendo que el *fracking* tiene unos efectos perjudiciales para las truchas de arroyo (McLimans *et al.*, 2022; Agarwal y Kudapa, 2022).

Un tema destacado fue la regulación de procesos extractivos a lo largo y ancho del mundo, pues no se ha creado una normativa específica que regule los procesos

de extracción de petróleo y gas de esquisto de manera no convencional, así como tampoco se ha hecho para desechos resultantes de esta actividad.

La importancia de una adecuada regulación para la extracción de petróleo radica en la relevancia de proteger los recursos hídricos, y más si hay poco acceso a este recurso, puesto que una mala o nula implementación de las normas afecta los recursos naturales (Esterhuyse *et al.*, 2022). No obstante, muchos gobiernos suelen considerarse pequeños e incapaces de establecer regulaciones a este tipo de extracción, como sucede en Pensilvania, Estados Unidos, mientras que sus residentes piensan que deberían tener la capacidad de resolver problemas alrededor de las prácticas de *fracking* (Mischen, 2022).

Debido al elevado consumo de agua potable para realizar procedimientos de *fracking*, se ha presentado una alternativa para disminuirla, aumentando la cantidad de CO² utilizado en la mezcla, de modo que esta sea más viscosa y resulte teniendo menor impacto en el agua potable; esto, sin embargo, genera mayores costos por año (Ferreira-Quiroz *et al.*, 2022). Las aguas residuales tienen la posibilidad de funcionar para la generación de energía y producir una economía sostenible (Winter *et al.*, 2022) y del mismo modo el mejoramiento de las tecnologías para realizar el correcto tratamiento de las aguas residuales es de suma importancia para que sea más eficiente y no produzca tanto daño ambiental (Tao *et al.*, 2022).

Las regulaciones para el *fracking* no se dan únicamente para la preservación del agua, sino también para las comunidades de los territorios que se ven afectados, debido a que al momento de construir las plantas de extracción no se tienen en cuenta a las comunidades que rodean en el lugar de la explotación. En el caso del Gran Chaco, en América del Sur (Argentina, Bolivia, Brasil y Paraguay), la población ubicada en este territorio considera más importante su propia salud sobre el beneficio económico (Atencio *et al.*, 2022; Bratman *et al.*, 2022).

Las decisiones políticas en torno al *fracking* han suscitado un debate en diferentes países como Alemania, Reino Unido y Estados Unidos, referente a los riesgos derivados de la práctica, como los eventos sísmicos y la calidad del agua potable, así como la percepción del entorno económico y extractivo como una vía de independencia energética (Mattfeldt, 2022).

4. CONCLUSIONES

A través de un análisis bibliométrico de artículos encontrados en la base de datos Scopus de los últimos diez años sobre fracturación hidráulica, para la extracción de hidrocarburos de manera no convencional y el uso de la plataforma RStudio para

la elaboración de las gráficas que permiten precisar la información, ha sido posible evidenciar las causas y los impactos, los autores más destacados, así como las instituciones y revistas en relación a esta temática central.

Las investigaciones sobre el *fracking* evidencian una serie de aspectos positivos como lo son el aumento de reservas energéticas —un aspecto relacionado directamente con el aumento de exportaciones—, la inversión extranjera directa e indirecta, el crecimiento económico, además de la generación de empleos directos. Pero también evidencian aspectos adversos que superan por mucho a los positivos, pues los primeros suelen repetirse entre las investigaciones, mientras que los efectos negativos parecen no acabar, en tanto que se encuentran más afecciones directas como lo son las secuelas en la fauna y flora, el gasto y la contaminación de agua potable, la generación de aguas residuales y el tratamiento que requieren, la exposición a químicos, a materia orgánica y demás compuestos que presuponen un riesgo para la salud humana, animal e, incluso, medioambiental; a fin de cuentas podría decirse que el *fracking* trae consigo mayores riesgos que beneficios.

Uno de los hallazgos expone la problemática que suscita el excesivo consumo de agua potable para los procedimientos extractivos, puesto que actualmente este recurso vital ya es escaso, y su gasto y mala utilización, la contaminación del mismo, conlleva graves consecuencias a futuro, como la contaminación del aire al impactarse la capa de ozono, tanto en su producción como en su uso.

En relación con lo anterior, se identificaron deficiencias gubernamentales para establecer regulaciones que permitan delimitar procedimientos, de modo que disminuyan los impactos negativos y se potencien los positivos frente a un inminente crecimiento del cambio climático en el ámbito mundial, en el que las actividades humanas como el *fracking* han influido trascendentalmente para su agravamiento. En los debates se plantea la aplicación, regulación o prohibición de la práctica, analizados desde diferentes perspectivas; sin embargo, se comprueba que las regulaciones propuestas en los diferentes gobiernos no van direccionadas al *fracking*, sino que pretenden disminuir los efectos mediante otros sectores que no ofrecen soluciones significativas.

REFERENCIAS

- Abraham, D. G., Liberatore, H. K., Aziz, M. T., Burnett, D. B., Cizmas, L. H., y Richardson, S. D. (2023). Impacts of hydraulic fracturing wastewater from oil and gas industries on drinking water: Quantification of 69 disinfection by-products and calculated toxicity. *The Science of the Total Environment*, 882, 163344. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.163344>

- Aczel, M., Heap, R., Workman, M., Hall, S., Armstrong, H., y Makuch, K. (2022). Anticipatory Regulation: Lessons from fracking and insights for Greenhouse Gas Removal innovation and governance. *Energy Research y Social Science*, 90, 102683. <https://doi.org/10.1016/j.erss.2022.102683>
- Agarwal, M., y Kudapa, V. K. (2022). Comparing the performance of supercritical CO2 fracking with high energy gas fracking in unconventional shale. *MRS Energy y Sustainability*, 9(2), 461–468. <https://doi.org/10.1557/s43581-022-00043-x>
- Almaliki, D., Bashir, M., Llamas, J. (2022) Assessment of groundwater contamination and the role of hydraulic fracturing operation in Weld County, USA. (2022). *Global NEST Journal*. <https://doi.org/10.30955/gnj.004247>
- Althani, M., y Lange, I. (2023). US tight-oil efficiency: A Permian basin case study. *Proceedings of the 11th Unconventional Resources Technology Conference*. Unconventional Resources Technology Conference, Colorado Convention Center, Denver, Colorado, US. <https://doi.org/10.15530/urtec-2023-3832698>
- Alzate Cárdenas, M. del S., Guerrero Molina, M. I., y Gonzales Garcés, V. (2022). Bioeconomía. Una revisión y análisis sistemáticos desde la bibliometría. *En Contexto*, 10(17). <https://doi.org/10.53995/23463279.1246>
- Aria, M., y Cuccurullo, C. (2017). Bibliometrix: An R-tool for comprehensive science mapping analysis. *Journal of Informetrics*, 11(4), 959–975. <https://doi.org/10.1016/j.joi.2017.08.007>
- Armstrong, R. W., Antolovich, S. D., Griffiths, J. R., y Knott, J. F. (2015). Fracturing across the multi-scales of diverse materials. *Phi optical Transactions. Series A, Mathematical, Physical, and Engineering Sciences*, 373(2038). <https://doi.org/10.1098/rsta.2014.0474>
- Arnold, G., Klasic, M., Schomburg, M., York, A., Baum, M., Cherin, M., Cliff, S., Kavousi, P., Miller, A. T., Shajari, D., Wang, Y., y Zialcita, L. (2022). Boom, bust, action! How communities can cope with boom-bust cycles in unconventional oil and gas development. *The Review of Policy Research*, 39(5), 541–569. <https://doi.org/10.1111/ropr.12490>
- Atencio, M., James-Tohe, H., Sage, S., Tsosie, D. J., Beasley, A., Grant, S., y Seamster, T. (2022). Federal Statutes and Environmental Justice in the Navajo Nation: The Case of Fracking in the Greater Chaco Region. *American Journal of Public Health*, 112(1), 116–123. <https://doi.org/10.2105/AJPH.2021.306562>
- Balise, V. D., Meng, C.-X., Cornelius-Green, J. N., Kassotis, C. D., Kennedy, R., y Nagel, S. C. (2016). Systematic review of the association between oil and natural gas extraction processes and human reproduction. *Fertility and Sterility*, 106(4), 795–819. <https://doi.org/10.1016/j.fertnstert.2016.07.1099>
- Barroso-Maldonado, J. M., Aceves, S. M., y Belman-Flores, J. M. (2023). Synthesis of N2-hydrocarbon refrigerant composition for maximum LNG production in PRICO processes. *Applied Thermal Engineering*, 219, 119485. <https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2022.119485>
- Bartie, P., Varley, A., Dickie, J., Evensen, D., Devine-Wright, P., Ryder, S., Whitmarsh, L., y Foad, C. (2023). Great Britain's spatial twitter activity related to "fracking." *Computers, Environment and Urban Systems*, 103, 101978. <https://doi.org/10.1016/j.compenvurbsys.2023.101978>

- Birkhimer, N., DeSutter, T. M., Jore, K., Staricka, J., y Meehan, M. (2023). Effects of pipeline and well-pad reclamation on topsoil properties: A meta-analysis. *Agrosystems, Geosciences y Environment*, 6(2). <https://doi.org/10.1002/agg2.20387>
- Bolden, A. L., Schultz, K., Pelch, K. E., y Kwiatkowski, C. F. (2018). Exploring the endocrine activity of air pollutants associated with unconventional oil and gas extraction. *Environmental Health: A Global Access Science Source*, 17(1), 26. <https://doi.org/10.1186/s12940-018-0368-z>
- Bond, M., Zawacki-Richter, O., y Nichols, M. (2019). Revisiting five decades of educational technology research: A content and authorship analysis of the British Journal of Educational Technology. *British Journal of Educational Technology: Journal of the Council for Educational Technology*, 50(1), 12–63. <https://doi.org/10.1111/bjet.12730>
- Bondu, R., Kloppmann, W., Naumenko-Dèzes, M. O., Humez, P., y Mayer, B. (2021). Potential Impacts of Shale Gas Development on Inorganic Groundwater Chemistry: Implications for Environmental Baseline Assessment in Shallow Aquifers. *Environmental Science y Technology*, 55(14), 9657–9671. <https://doi.org/10.1021/acs.est.1c01172>
- Bratman, E., Auch, T., y Stinchfield, B. (2022). The fracking frontier in the United States: A case study of foreign investment, civil liberties and land ethics in the shale industry. *Development and Change*, 53(3), 469–494. <https://doi.org/10.1111/dech.12707>
- Bu, T., Chen, F., He, X., Yang, Y., y Wang, W. (2018). Researching the complexing conditions of residual boron in produced water from oil and gas fields. *Process Safety and Environmental Protection*, 116, 254–261. <https://doi.org/10.1016/j.psep.2018.02.013>
- Caldwell, J. A., Williams, C. K., Brittingham, M. C., y Maier, T. J. (2022). A consideration of wildlife in the benefit-costs of hydraulic fracturing: Expanding to an E3 analysis. *Sustainability: Science Practice and Policy*, 14(8), 4811. <https://doi.org/10.3390/su14084811>
- Cao, W., Zhang, L., Miao, Y., y Qiu, L. (2021). Research progress in the enhancement technology of soil vapor extraction of volatile petroleum hydrocarbon pollutants. *Environmental Science. Processes y Impacts*, 23(11), 1650–1662. <https://doi.org/10.1039/D1EM00170A>
- Costello, R. Á. (2014). Reviving rylands: How the doctrine could be used to claim compensation for environmental damages caused by fracking. *Review of European, Comparative y International Environmental Law*, 23(1), 134–143. <https://doi.org/10.1039/D1EM00170A>
- Cotton, M., y Charnley-Parry, I. (2018). Beyond opposition and acceptance: Examining public perceptions of the environmental and health impacts of unconventional oil and gas extraction. *Current Opinion in Environmental Science y Health*, 3, 8–13. <https://doi.org/10.1016/j.coesh.2018.01.001>
- Davis, J., Garcia, E. A., Gibb, K. S., Kennard, M. J., Rose, A., Stromsoe, N., y Wedd, D. (2023). The importance of groundwater for riverine fish faunas in a region of shale gas development in northern Australia. *Frontiers of Environmental Science y Engineering in China*, 11. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2023.1106862>
- De Rijke, K. (2018). Produced water, money water, living water: Anthropological perspectives on water and fracking. *WIREs. Water*, 5(2), e1272. <https://doi.org/10.1002/wat2.1272>

- Dieng, A., Khiznyk, G. P., y Poplygin, V. V. (2023). Prediction of the efficiency of hydraulic fracturing based on reservoir parameters. *International Journal of Engineering*, 36(12), 2169–2174. <https://doi.org/10.5829/IJE.2023.36.12C.05>
- Erokhin, D., y Komendantova, N. (2023). The role of bots in spreading conspiracies: Case study of discourse about earthquakes on Twitter. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 92, 103740. <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2023.103740>
- Esterhuyse, S. (2018). Identifying the risks and opportunities of unconventional oil and gas extraction using the strategic environmental assessment. *Current Opinion in Environmental Science y Health*, (3), 33–39. <https://doi.org/10.1016/j.coesh.2018.03.009>
- Esterhuyse, S., Avenant, M., Redelinghuys, N., Kijko, A., Glazewski, J., Plit, L., Kemp, M., Smit, A., Vos, A. T., y Williamson, R. (2016). A review of biophysical and socio-economic effects of unconventional oil and gas extraction - Implications for South Africa. *Journal of Environmental Management*, 184(Pt 2), 419–430. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2016.09.065>
- Esterhuyse, S., Vermeulen, D., y Glazewski, J. (2022). Developing and enforcing fracking regulations to protect groundwater resources. *Npj Clean Water*, 5(1), 1–11. <https://doi.org/10.1038/s41545-021-00145-y>
- Evensen, D. (2016). Ethics and “fracking”: a review of (the limited) moral thought on shale gas development. *WIREs. Water*, 3(4), 575–586. <https://doi.org/10.1002/wat2.1152>
- Evensen, D., Varley, A., Whitmarsh, L., Devine-Wright, P., Dickie, J., Bartie, P., Napier, H., Mosca, I., Foad, C., y Ryder, S. (2022). Effect of linguistic framing and information provision on attitudes towards induced seismicity and seismicity regulation. *Scientific Reports*, 12(1), 11239. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-15448-4>
- Faber, A.-H., Brunner, A. M., Schimmel, M., Schot, P. P., de Voogt, P., y van Wezel, A. (2023). Effects of high pressure and temperature conditions on the chemical fate of flowback water related chemicals. *The Science of the Total Environment*, 888, 163888. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.163888>
- Ferreira-Quiroz, M., Lira-Barragán, L. F., El-Halwagi, M. M., y Ponce-Ortega, J. M. (2022). Optimization of the Water-Energy Nexus in Hydraulic Fracturing Processes Using CO2 and Water as Fracturing Fluids. *ACS Sustainable Chemistry y Engineering*, 10(51), 17043–17058. <https://doi.org/10.1021/acssuschemeng.2c03880>
- Finkel, M. L., y Hays, J. (2013). The implications of unconventional drilling for natural gas: a global public health concern. *Public Health*, 127(10), 889–893. <https://doi.org/10.1016/j.puhe.2013.07.005>
- Finkel, M. L., y Law, A. (2011). The rush to drill for natural gas: a public health cautionary tale. *American Journal of Public Health*, 101(5), 784–785. <https://doi.org/10.2105/AJPH.2010.300089>
- Galloway, B., Zanolocco, C., Song, G., y Jones, M. (2023). The effect of policy narratives on policy elite versus public preferences for hydraulic fracturing regulation. *The Review of Policy Research*, 41(4), 613–634. <https://doi.org/10.1111/ropr.12563>

- Guerrero, M. I., Salazar, J. F., y Taborda, J. (2022). Reflections on Brexit and Migration: Literature Review. *Apuntes del Cenes*, 41(74), 111–139. <https://doi.org/10.19053/01203053.v41.n74.2022.13735>
- Haddad, A. Z., Hackl, L., Akuzum, B., Pohlman, G., Magnan, J.-F., y Kostecki, R. (2023). How to make lithium extraction cleaner, faster and cheaper - in six steps. *Nature*, 616(7956), 245–248. <https://doi.org/10.1038/d41586-023-00978-2>
- Hoffmann, H. M. (2017). Fracking the Sacred: Resolving the Tension between Unconventional Oil and Gas Development and Tribal Cultural Resources. *SSRN Electronic Journal*, 94(2). <https://doi.org/10.2139/ssrn.2776722>
- Howey, K., & Neale, T. (2022). Divisible Governance: Making Gas-fired Futures during Climate Collapse in Northern Australia. *Science, Technology, & Human Values*, 48(5), 1080–1109. <https://doi.org/10.1177/01622439211072573>
- Jackson, R. B., Vengosh, A., Carey, J. W., Davies, R. J., Darrah, T. H., O'Sullivan, F., y Pétron, G. (2014). The environmental costs and benefits of fracking. *Annual Review of Environment and Resources*, 39(1), 327–362. <https://doi.org/10.1146/annurev-environ-031113-144051>
- Jacquet, J. B., Junod, A. N., Bugden, D., Wildermuth, G., Fergen, J. T., Jalbert, K., Rahm, B., Hagley, P., Brasier, K. J., Schafft, K., Glenne, L., Kelsey, T., Fershee, J., Kay, D. L., Stedman, R. C., & Ladlee, J. (2018). A decade of Marcellus Shale: Impacts to people, policy, and culture from 2008 to 2018 in the Greater Mid-Atlantic region of the United States. *The Extractive Industries and Society*, 5(4), 596–609. <https://doi.org/10.1016/j.exis.2018.06.006>
- Junfeng, P. A. N., Chuang, L. U., Xiaohui, M. A., Yongxue, X. I. A., Fei, X. I. E., Gang, X. U., Guidong, D. O. U., Dazhao, L. Y. U., Xiaodong, S. U. N., y Wentao, M. A. (2023). System and application of regional fracking of coal seam roof on and under the ground to prevent rockburst. *Coal Science and Technology*, 51(2), 106–115. <https://www.mtkxjs.com.cn/en/article/doi/10.13199/j.cnki.cst.2022-0903>
- Kahrilas, G. A., Blotevogel, J., Stewart, P. S., y Borch, T. (2015). Biocides in hydraulic fracturing fluids: a critical review of their usage, mobility, degradation, and toxicity. *Environmental Science y Technology*, 49(1), 16–32. <https://doi.org/10.1021/es503724k>
- Lampe, D. J., y Stolz, J. F. (2015). Current perspectives on unconventional shale gas extraction in the Appalachian Basin. *Journal of Environmental Science and Health. Part A, Toxic/hazardous Substances y Environmental Engineering*, 50(5), 434–446. <https://doi.org/10.1080/10934529.2015.992653>
- Lenhard, L. G., Andersen, S. M., y Coimbra-Araújo, C. H. (2018). Energy-environmental implications of shale gas exploration in Paraná hydrological basin, Brazil. *Renewable y Sustainable Energy Rev.*, 90, 56–69. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2018.03.042>
- Liew, M. S., Danyaro, K. U., y Zawawi, N. A. W. A. (2020). A comprehensive guide to different fracturing technologies: A review. *Energies*, 13(13), 3326. <https://doi.org/10.3390/en13133326>
- Lifton, V. A. (2016). Microfluidics: an enabling screening technology for enhanced oil recovery (EOR). *Lab on a Chip*, 16(10), 1777–1796. <https://doi.org/10.1039/C6LC00318D>

- Liu, J., Yang, Y., Goetjen, T. A., y Hupp, J. T. (2022). Carbon-efficient conversion of natural gas and natural-gas condensates to chemical products and intermediate feedstocks via catalytic metal-organic framework (MOF) chemistry. *Energy y Environmental Science*, 15(7), 2819–2842. <https://doi.org/10.1039/D2EE01010K>
- Majumdar, S. R., y Chun, B. (2023). Fracking and Traffic Crashes in Eagle Ford Shale of Texas. *Public Works Management & Policy*, 28(2), 163–188. <https://doi.org/10.1177/1087724X221100559>
- Makati, D., Akers, J., Aljuhani, M., Pellegrino, B., Schmidt, R., Shawwa, K., y Kannabhiran, D. (2022). Prevalence of ANCA-associated vasculitis amid natural gas drilling sites in West Virginia. *Journal of Nephrology*, 35(4), 1185–1192. <https://doi.org/10.1007/s40620-021-01243-3>
- Ma, L., Hurtado, A., Eguilior, S., y Llamas Borraro, J. F. (2023). Acute and chronic risk assessment of BTEX in the return water of hydraulic fracturing operations in Marcellus Shale. *The Science of the Total Environment*, 906, 167638. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.167638>
- McLimans, C. J., Shelledy, K., Conrad, W., Prendergast, K., Le, A. N., Grant, C. J., y Buonaccorsi, V. P. (2022). Potential biomarkers of endocrine and habitat disruption identified via RNA-Seq in *Salvelinus fontinalis* with proximity to fracking operations in Pennsylvania headwater stream ecosystems. *Ecotoxicology*, 31(6), 1044–1055. <https://doi.org/10.1007/s10646-022-02564-0>
- Mattfeldt, A. (2022). Risk in discourses around fracking: a discourse linguistic perspective on the UK, the USA and Germany. *Journal of Risk Research*, 25(3), 317–330. <https://doi.org/10.1080/13669877.2021.1881992>
- Matthews, J., y Hansen, A. (2018). Fracturing debate? A review of research on media coverage of "fracking." *Frontiers in Communication*, 3. <https://doi.org/10.3389/fcomm.2018.00041>
- Mischen, P. A. (2022). Small, Local Governments and Their Management of Hydraulic Fracturing. *Environmental Management*, 69(3), 514–528. <https://doi.org/10.1007/s00267-021-01551-1>
- Mooney, R., Boudet, H. S., y Hazboun, S. O. (2022). Risk-benefit perceptions of natural gas export in Oregon. *Local Environment*, 27(3), 342–356. <https://doi.org/10.1080/13549839.2022.2040470>
- Murtazashvili, I., Rayamajhee, V., y Taylor, K. (2023). The Tragedy of the Nurdles: Governing Global Externalities. *Sustainability: Science Practice and Policy*, 15(9), 7031. <https://doi.org/10.3390/su15097031>
- Nagel, S. C., Kassotis, C. D., Vandenberg, L. N., Lawrence, B. P., Robert, J., y Balise, V. D. (2020). Developmental exposure to a mixture of unconventional oil and gas chemicals: A review of experimental effects on adult health, behavior, and disease. *Molecular and Cellular Endocrinology*, 513, 110722. <https://doi.org/10.1016/j.mce.2020.110722>
- Paylor, A. (2017). The social-economic impact of shale gas extraction: a global perspective. *Third World Quarterly*, 38(2), 340–355. <https://doi.org/10.1080/01436597.2016.1153420>
- Qian, Y., Li, Q., Hu, Q., Jiang, Z., Liu, R., Li, J., Li, W., y Yu, C. (2023). Extraction and identification of spectrum characteristics of coal and rock hydraulic fracturing and uniaxial compression signals. *International Journal of Coal Science y Technology*, 10(1), 53. <https://doi.org/10.1007/s40789-023-00610-8>

- Rinaldi, P. N. (2023). Water science in the public sphere: A narrative network analysis of fracking and oil spills in Colombian media. *The Extractive Industries and Society*, 13, 101215. <https://doi.org/10.14288/1.0433099>
- Shi, H., He, X., Zhou, C., Wang, L., y Xiao, Y. (2023). Hydrochemistry, Sources and Management of Fracturing Flowback Fluid in Tight Sandstone Gasfield in Sulige Gasfield (China). *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, 84(2), 284–298. <https://doi.org/10.1007/s00244-023-00983-6>
- Shi, W., Zhu, L., Guo, M., Huang, Z., Wang, G., Lin, L., He, L., Liao, Y., He, H., y Gong, J. (2023). Assessment of CO₂ fracturing in China's shale oil reservoir: Fracturing effectiveness and carbon storage potential. *Resources, Conservation and Recycling*, 197, 107101. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2023.107101>
- Silva, T. L. S., Morales-Torres, S., Castro-Silva, S., Figueiredo, J. L., y Silva, A. M. T. (2017). An overview on exploration and environmental impact of unconventional gas sources and treatment options for produced water. *Journal of Environmental Management*, 200, 511–529. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2017.06.002>
- Soriano, M. A., Jr, Deziel, N. C., y Saiers, J. E. (2022). Regional Scale Assessment of Shallow Groundwater Vulnerability to Contamination from Unconventional Hydrocarbon Extraction. *Environmental Science y Technology*, 56(17), 12126–12136. <https://doi.org/10.1021/acs.est.2c00470>
- Sun, Y., Wang, D., Tsang, D. C. W., Wang, L., Ok, Y. S., y Feng, Y. (2019). A critical review of risks, characteristics, and treatment strategies for potentially toxic elements in wastewater from shale gas extraction. *Environment International*, 125, 452–469. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2019.02.019>
- Tao, Z., Liu, C., He, Q., Chang, H., y Ma, J. (2022). Detection and treatment of organic matters in hydraulic fracturing wastewater from shale gas extraction: A critical review. *The Science of the Total Environment*, 824, 153887. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.153887>
- Torres, L., Yadav, O. P., y Khan, E. (2016). A review on risk assessment techniques for hydraulic fracturing water and produced water management implemented in onshore unconventional oil and gas production. *The Science of the Total Environment*, 539, 478–493. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.09.030>
- Vadillo Fernández, L., Fernández Naranjo, F. J., Rodríguez Gómez, V., y López Gutiérrez, J. (2017). Revisión de la casuística sobre sismicidad inducida por producción y almacenamiento de hidrocarburos. *Boletín Geológico y Minero*, 128(1), 241–252. <https://doi.org/10.21701/bolgeomin.128.1.014>
- Wilde, S. E., Hopkins, J. R., Lewis, A. C., Dunmore, R. E., Allen, G., Pitt, J. R., Ward, R. S., y Purvis, R. M. (2023). The air quality impacts of pre-operational hydraulic fracturing activities. *The Science of the Total Environment*, 858(Pt 1), 159702. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.159702>
- Winter, L. R., Cooper, N. J., Lee, B., Patel, S. K., Wang, L., y Elimelech, M. (2022). Mining Non-traditional Water Sources for a Distributed Hydrogen Economy. *Environmental Science y Technology*, 56(15), 10577–10585. <https://doi.org/10.1021/acs.est.2c02439>

- Wu, F., Zhou, Z., Zhang, S., Cheng, F., Tong, Y., Li, L., Zhang, B., Zeng, X., Li, H., Wang, D., Yu, Z., y You, J. (2023). Toxicity identification evaluation for hydraulic fracturing flowback and produced water during shale gas exploitation in China: Evidence from tissue residues and gene expression. *Water Research*, 241, 120170. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2023.120170>
- Wyss, R. (2014). Die Erschliessung und Nutzung der Energiequellen des tiefen Untergrundes der Schweiz: Risiken und Chancen. <https://doi.org/10.5169/SEALS-583927>
- Yudhowijoyo, A., Rafati, R., Sharifi Haddad, A., Raja, M. S., y Hamidi, H. (2018). Subsurface methane leakage in unconventional shale gas reservoirs: A review of leakage pathways and current sealing techniques. *Journal of Natural Gas Science and Engineering*, 54, 309–319. <https://doi.org/10.1016/j.jngse.2018.04.013>
- Zacher, S. (2023). The US Political Economy of Climate Change: Impacts of the “Fracking” Boom on State-Level Climate Policies. *State Politics y Policy Quarterly*, 23(2), 140–165. <https://doi.org/10.1017/spq.2022.17>
- Zawadzki, J., y Bogacki, J. (2016). Smart magnetic markers use in hydraulic fracturing. *Chemosphere*, 162, 23–30. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2016.07.058>
- Zhang, G., Wu, T., Li, J., Pang, Q., Yang, H., Liu, G., Huang, H., y Zhu, Y. (2023). Dynamics simulation of the effect of cosolvent on the solubility and tackifying behavior of PDMS tackifier in supercritical CO₂ fracturing fluid. *Colloids and Surfaces. A, Physicochemical and Engineering Aspects*, 662, 130985. <http://dx.doi.org/10.1016/j.colsurfa.2023.130985>
- Zhang, Y., Wang, M., Zipperle, M., Abbasi, A., y Tani, M. (2023). RelRank: A relevance-based author ranking algorithm for individual publication venues. *Information Processing y Management*, 60(1), 103156. <https://doi.org/10.1016/j.ipm.2022.103156>