



Producción de conocimiento científico sobre hidrógeno verde en Argentina: un estudio exploratorio

Scientific Knowledge Production on Green Hydrogen in Argentina: An Exploratory Study

*Romina Daniela Salvador**

Resumen

Este trabajo realiza un estudio bibliométrico de la producción de conocimiento científico sobre hidrógeno verde en Argentina, a partir de artículos científicos sistematizados por la plataforma de referencias bibliográfica OpenAlex, en el período temporal 2000 - 2025. En primer lugar, se realiza una presentación y justificación de la problemática en la que se enmarca este estudio. Seguidamente, se ofrece el marco conceptual y metodológico, basados en un análisis de contenido por el cual se efectuó una revisión estructurada de la literatura científica, siguiendo el modelo de Scientometric and Systematic Yielding Mapping Process (SYSMAP). En tercer lugar, se analizan cuantitativa y cualitativamente los resultados obtenidos considerando las categorías de autores, fuente de publicación, año, pertenencia institucional de autorías y principales lineamientos de investigación desarrollados. Por último, se concluye con una evaluación de resultados, entre los cuales se destaca el creciente interés que cobró la temática en las agendas científicas, especialmente, desde el año 2015 hasta la actualidad, las principales líneas de investigación y las áreas vacantes que quedan por desarrollar.

Palabras clave: Bibliometría, Conocimiento científico, Hidrógeno verde, Argentina, OpenAlex

Abstract

This paper presents a bibliometric study of the scientific knowledge production on green hydrogen in Argentina, based on scientific articles systematized through the bibliographic reference platform OpenAlex during the 2000–2025 period. First, the article introduces and justifies the broader problem framework within which this study is situated. It then outlines the conceptual and methodological framework, grounded in a content analysis approach through which a structured review of the scientific literature was conducted following the Scientometric and Systematic Yielding Mapping Process (SYSMAP) model. Third, the results are analyzed both quantitatively and qualitatively, considering categories such as authorship, publication source, year of publication, institutional affiliations of authors, and the main research lines developed in the field. Finally, the paper concludes with an evaluation of the findings, highlighting the growing relevance that the topic has acquired within scientific agendas—particularly from 2015 to the present—as well as the principal research trends and the areas that remain underexplored.

Keywords: bibliometrics; scientific knowledge; green hydrogen; Argentina; OpenAlex.

*Argentina, Universidad Nacional de Rio Negro – Instituto de Estudios en Ciencia, Tecnología, Cultura y Desarrollo/ Becaria Doctoral del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas. Licenciada en Comunicación Social. Correo: emergentes.romina@gmail.com

Introducción

La prioridad del hidrógeno verde¹ (en adelante, HV) como tecnología clave para la transición energética se enmarca en un escenario general de reconocimiento de una crisis climática global. Esto se ve reflejado en los acuerdos suscritos entre países de grandes economías y los periféricos, los cuales prevén en sus agendas de gobierno, medidas e instrumentos inmediatos para mitigar la producción de gases de efecto invernadero y encaminarse a un cambio paulatino de matriz energética menos dependiente de los combustibles fósiles para las próximas décadas (IRENA, 2022). Por ello, el HV² en tanto “vector energético, combustible y materia prima se constituye como una de las claves para alcanzar una economía verde que brinda la posibilidad de lograr una descarbonización de la industria energética” (Zabaloy et al., 2021, p. 36). Cobró especial relevancia a nivel mundial en las últimas décadas por la necesidad de generar energía con nuevos procesos y fuentes preferentemente renovables rumbo a una transición energética global.³

Si la década de 1990 corresponde a los años de la energía eólica, la primera década de este siglo, a los años de la energía solar, y la década de 2010, a los años de las baterías, la década de 2020 podría encauzarnos hacia una nueva frontera de la transición energética: el hidrógeno. [...] Los objetivos climáticos de París han sido un factor impulsor principal, aunque la guerra de Rusia contra Ucrania y el aumento de los precios del gas también han impulsado el cambio hacia combustibles más verdes. (Van De Graaf, 2022, p. 21)

En el plano internacional, tratados como la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático, el Protocolo de Kyoto de la Convención de Naciones

¹ El hidrogeno es un átomo y elemento natural que permite almacenar y transportar energía. Se encuentra de modo abundante en la naturaleza y asociado a otros átomos, conformando sustancias compuestas como el agua y el metano. Según las opciones de producción, se puede clasificar el H por el grado de contaminación que involucra el proceso: hidrógeno gris o industrial, que se produce a partir de gas natural o combustibles fósiles; el hidrógeno azul, que es el gris al cual se lo somete a un proceso de purificación con captura y almacenamiento de CO₂; el rosa, que se genera a partir de energía nuclear, el azul, que se genera por incorporación de tecnologías de captura, almacenamiento y uso de carbono; y, por último, el hidrógeno verde, que se produce por energías renovables.

² En cuanto a su producción, el HV se genera a partir de fuentes renovables, mediante un proceso de electrólisis del agua empleando energía solar o eólica, las cuales no producen gases de efecto invernadero. También es posible producirlo a partir de biomasa (Consejo Económico y Social, 2021). Entre sus características, son favorables su adaptabilidad en el almacenamiento, sea en forma gaseosa y/o líquida en diferentes tipos de contenedores (móviles y/o fijos) a gran escala, otorgando posibilidades de flexibilidad a la red eléctrica (Mateo y Suster, 2021). Así, el HV se presenta como una de las alternativas en tanto vector energético para la desfosilización y descarbonización de las matrices energéticas, especialmente de sectores como el transporte y la industria pesada.

³ “La crisis climática y ecológica global es el motor de una revolución tecnológica y productiva que se ha denominado transición energética. De cara al calentamiento global muchos países asumieron ambiciosos compromisos de descarbonización, que se vieron acelerados a partir de la crisis energética y las tensiones en las cadenas de suministros provocadas por la pandemia y la guerra en Ucrania. Frente a este escenario las principales economías industriales del mundo están impulsando políticas públicas en torno a nuevas energías para alcanzar un objetivo triple: cumplir con las metas de reducción de gases de efecto invernadero, garantizar la seguridad energética e impulsar el desarrollo tecnológico y productivo en torno a las industrias de la transición.” (Secretaría de Asuntos Estratégicos, 2023).

Unidas sobre el Cambio Climático, el Acuerdo de París en 2015, la publicación de la Agenda 2030 de la ONU con sus 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), promueven acciones de responsabilidad para la mitigación y adaptación al cambio climático. A su vez, dan un marco para la apertura de nuevos mercados para las energías renovables y, de hecho, conforman los fundamentos de las políticas gubernamentales vigentes. En esa línea, organismos como el Banco Interamericano de Desarrollo (BID), la Agencia Internacional de Energías Renovables (IRENA), la Agencia Internacional de Energía (IEA), la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), la Unión Europea (EU), entre otros, publicaron en los últimos años documentos oficiales en materia de HV que dan cuenta del horizonte que se busca con la adopción de este nuevo vector en el escenario geopolítico mundial. Asimismo, países del primer mundo incluyeron en sus agendas, coincidieron en otorgar una plataforma institucional y promoción financiera para el desarrollo del hidrógeno. Más de 60 países, incluida la Argentina,⁴ publicaron sus Estrategias Nacionales de Hidrógeno y sus hojas de ruta,⁵ documentos estatales que trazan la planificación para el desarrollo progresivo de esta tecnología (Corbeau y Kaswiyanto, 2024; Serna et al., 2022; Sánchez-Peñuela Lejarraga, 2022).

En el caso argentino, la Secretaría de Asuntos Estratégicos de la Nación presentó en 2023 la Estrategia Nacional de la Economía del Hidrógeno.⁶ Posteriormente, en 2024 publicaron los Planes de Acción⁷ y una Evaluación Ambiental Estratégica para la Economía del Hidrógeno.⁸ Sin embargo, su implementación efectiva y la puesta en marcha de proyectos productivos a escala industrial se vio ralentizada por la falta de aprobación de una ley nacional, más precisamente la ley “Régimen Nacional de Promoción de Hidrógeno” por parte del Congreso de la Nación. Pese a ello, la incipiente industria del HV⁹ en el país se inscribe en un marco de políticas de energías renovables, con alto potencial de producción por las condiciones de recursos naturales para ser competitivo en el mercado internacional emergente (Zabaloy et al., 2021), donde esta tecnología “se perfila como una alternativa seria de transformar la relación metabólica con la naturaleza, así como

⁴ <https://www.argentina.gob.ar/noticias/marco-del-pont-y-melella-presentaron-la-estrategia-nacional-para-el-desarrollo-de-la>

⁵ “Las estrategias nacionales son una herramienta de políticas públicas que permite trazar líneas de acción y metas para generar certidumbre en torno al sendero de desarrollo de un sector de la economía.” (Secretaría de Asuntos Estratégicos, 2023, p. 3)

⁶ https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/2023/07/estrategia_nacional_de_hidrogeno_-_sae.pdf

⁷ <https://www.argentina.gob.ar/noticias/planes-de-accion-para-el-despliegue-de-un-nuevo-vector-energetico>

⁸ <https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/2023/09/resultadospreliminarseae2023.pdf>

⁹ “El hidrógeno de bajas emisiones representa una oportunidad peculiar para la descarbonización (...). Las excelentes condiciones para la producción de bajas emisiones que se presentan en Argentina, principalmente por la calidad del recurso eólico, solar, gasífero y de biomasa, convierten a nuestro país en un destino atractivo para las inversiones. [...] El escenario global de transición energética nos abre una inmensa oportunidad, pero es necesario torcer el curso natural que limita la participación de los países con abundancia y calidad de recursos al rol de meros exportadores de materias primas. Debemos saber aprovechar las capacidades industriales y tecnológicas del país, que son nuestro diferencial competitivo.” (Secretaría de Asuntos Estratégicos, 2023).

también aspira a transformar las prácticas económicas de los Estados y las corporaciones” (Kazimierski, 2021, p. 105).

De esta manera, el interés del HV se encuentra inscripto en un marco de transición energética global¹⁰ y que cobra protagonismo a partir de una confluencia de al menos tres factores externos: la adopción de compromisos de neutralidad climática, los planes de estímulo a la economía en lo referente a la descarbonización y la creación de un nuevo mercado del hidrógeno (Sánchez- Peñuela Lejarraga, 2022; IRENA, 2022). Este escenario abarca diversos campos, entre los cuales se encuentra el científico tecnológico, en el que se observa un creciente interés en las investigaciones, de lo cual dan cuenta el creciente número de publicaciones relacionadas al H en general y al HV en particular, en las últimas décadas (Fernández-Arias et al., 2024; Raman et al., 2022; Du et al., 2024; Levin et al., n/d).

A fin de explorar al respecto e identificar las dinámicas de la producción científica sobre hidrógeno verde), con especialmente foco en la Argentina, es que este trabajo se propuso la realización de una búsqueda estructurada y sistemática en la base de referencias bibliográficas OpenAlex, enmarcada en el período 2000 y 2025.

Antecedentes y aportes metodológicos

Entre algunos estudios bibliométricos previos sobre publicaciones científicas respecto al HV, Raman et al. (2022) analizaron 642 artículos obtenidos de Scopus, publicados entre 2016 y 2021, y observaron la evolución del tema luego de la adopción de los Objetivos de Desarrollo Sostenible de la ONU en 2015, mismo año que se firmó el Acuerdo de París. Otro antecedente es el trabajo de Fernández-Arias et al. (2024), que proporciona una revisión de las tecnologías de los electrolizadores para el desarrollo de la tecnología del HV y arriba a la conclusión de que los electrolizadores alcalinos (ALK) y los de membrana de intercambio de protones (PEM) serían los más estudiados por la comunidad científica. Y, por su parte, Du et al. (2024), en la literatura científica en Web of Science desde 1996 hasta 2023, identifican puntos críticos de investigación, modelos metodológicos y tendencias de investigación de HV orientadas a mitigar el cambio climático en todos los sistemas de la cadena de valor. Cabe destacar que en el último año se han multiplicado exponencialmente estudios bibliométricos que han tenido como centro temático al HV, en diferentes niveles y categorías de observación alrededor del mundo.

Para este trabajo, la metodología seguida consiste en el método de revisión estructurada de la literatura científica (Rodríguez Vaz y Uriona-Maldonado, 2024) a fin de medir cuantitativa y cualitativamente la producción de conocimiento en torno al hidrógeno verde en particular, desde un plano internacional al local o nacional de Argentina. Ferenhof y Fernandes (2016) explican que la revisión sistemática es un método de investigación científica que involucra un proceso riguroso y explícito para identificar, seleccionar, recopilar datos, analizar y describir las contribuciones pertinentes a la investigación. Asimismo, permite eliminar los sesgos mediante la planificación y la

¹¹ <https://www.imf.org/es/Publications/fandd/issues/2022/12/hydrogen-decade-van-de-graaf#:~:text=Si%20la%20d%C3%A9cada%20de%201990,la%20transici%C3%B3n%20energ%C3%A9tica%3A%20el%20hidr%C3%B3geno.>

sistematización de búsqueda o búsquedas en bancos de datos científicos por medio de estudios originales, sintetizando los resultados en un portafolio bibliográfico. Este método integra el análisis científico y el análisis de contenido (o sistemático).¹¹

En lo que respecta a la aplicación y examinación de la literatura, se sigue el modelo propuesto por los autores Rodríguez Vaz y Uriona-Maldonado (2024), el *Scientometric and Systematic Yielding Mapping Process* (SYSMAP). Este consta de cuatro etapas: 1) construcción de la colección de artículos, 2) proceso de filtrado para obtener la muestra de artículos, 3) análisis científico y 4) análisis sistemático y/o de contenido, y construcción de lagunas/oportunidades de investigación (Rodríguez Vaz y Uriona-Maldonado, 2024, p. 190). Como estrategia de inicio de investigación, se toma el acrónimo TQO (*theme, qualifier, object of study*) para la definición de las palabras claves y posterior búsqueda en bases de referencias bibliográficas.¹²

En cuanto a la base de referencia bibliográfica elegida, *OpenAlex* es una plataforma abierta y gratuita que alberga información académica y reúne datos sobre la producción científica mundial.¹³ Dicha base recopila y organiza metadatos de artículos científicos, libros, capítulos de libros, preprints y tesis, a la vez que vincula a autores, instituciones, revistas y editoriales. Entre sus funciones, realiza clasificación de la producción científica en áreas temáticas mediante una acción de taxonomía propia que está basada en conceptos. Los datos que posee se encuentran disponibles bajo el modelo de *open data*, lo que permite la libre consulta y reutilización. Según información del propio sitio web, la plataforma indexa más de 450 millones de registros de producción científica de todo el mundo, colección que incluye 60 millones de archivos PDF de texto completo, 200.000 revistas y repositorios, 100.000 instituciones, 100 millones de autores y más de 2.000 millones de enlaces a citas.¹⁴

Resultados y análisis

Siguiendo el modelo SYSMAP, el objetivo principal de esta investigación es conocer la producción de conocimiento científico sobre el HV en el plano internacional, y en la Argentina en particular, a fin de reconocer las dinámicas que estas cobraron en el período

¹¹ “El análisis científico ayuda a cuantificar el crecimiento de las ciencias sociales y las humanidades basado en el análisis de las citas. Creado en la década de 1950 por Eugene Garfield (2006), el método cienciométrico utiliza indicadores como el índice H para los autores, el factor de impacto y el indicador SCImago Journal Rank (SJR) para las revistas, y técnicas como el análisis factorial de redes y de conglomerados.” (Rodríguez Vaz y Uriona-Maldonado, 2024, p. 188).

¹² “La estrategia TQO se estructura a partir de tres categorías: el tema, representado por el tema principal de la investigación, el calificador, representado por las características o situaciones relacionadas con el tema u objeto de investigación y, por último, el objeto, representado por un individuo, población, institución, dispositivo, procedimiento, etc. (Oliveira Araújo, 2020).” (Rodríguez Vaz y Uriona-Maldonado, 2024, p. 192).

¹³ <https://openalex.org/>

¹⁴ <https://www.caicyt-conicet.gov.ar/sitio/openalex-un-nuevo-recurso-abierto-para-la-visibility-de-las-revistas-cientificas/>.

enmarcado. Para ello, la búsqueda general se efectuó con las siguientes las palabras clave y códigos booleanos: „Hidrógeno verde“ OR „Hidrogeno verde“ OR „Hidrogeno-verde“ OR „green hydrogen“, indicando que estos se encontraran contemplados tanto en el Título como en el Resumen del texto, dentro de la categoría de Artículos Científicos, y en la delimitación temporal 2000 al 2025. De este modo, los resultados identificaron un total de 11.805 artículos científicos en OpenAlex (ver Gráfico 1). Cabe subrayar, por un lado, que, este estudio sólo se centró en la observación y análisis de artículos científicos en español e inglés, teniendo como premisa que la lengua inglesa domina la mayor parte de la producción de conocimiento científico en el mundo, y, en consecuencia, contiene los productos más representativos a la hora de medir y conocer las agendas científicas y sus dinámicas productivas (Filippo & Levin, 2017). Por ello, otro tipo de producciones científicas tales como capítulos de libros, libros, patentes, informes técnicos, tesis, etcétera, no han sido considerados para este estudio. Por otro lado, cabe aclarar que, estos datos fueron actualizados a febrero de 2026, por lo que, en fechas posteriores los resultados pudieron haber tenido leves modificaciones propias de las continuas actualizaciones y cambios en la plataforma de OpenAlex, desde incorporar nuevos números de revistas de los últimos años a sus bases, hasta optimizar procesos de sistematización de datos para ofrecer un mejor servicio, entre otros.

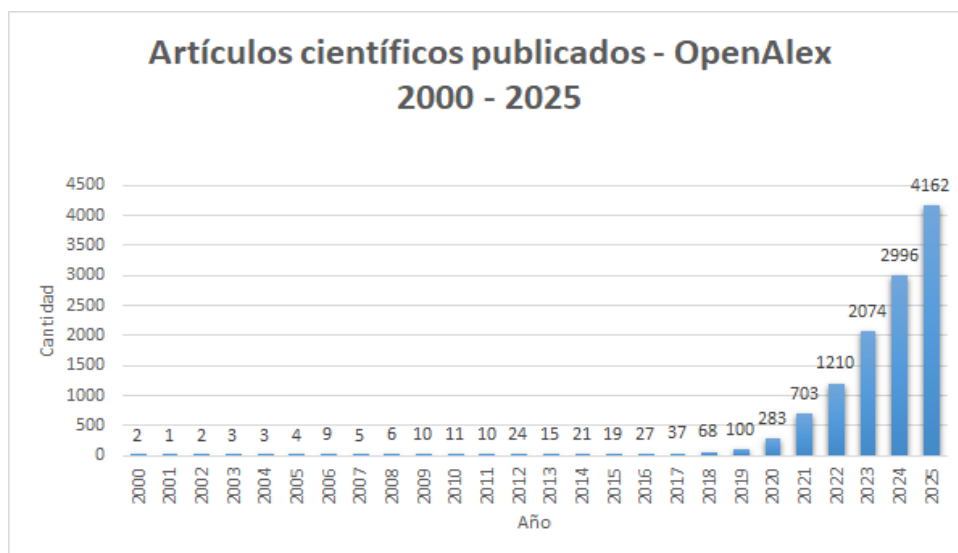


Gráfico 1. De elaboración propia en base a resultados de OpenAlex.
Total de artículos científicos publicados entre 2000 y 2025.

El aspecto temporal muestra que, en la última década, 2015 – 2025, se produjo un interés de producción exponencial en las agendas científico tecnológicas alrededor del HV en todo el mundo. En ese sentido, los países con mayor representatividad en base a las autorías¹⁵ (Tabla 1) se encuentran China (2.454), Estados Unidos (987), Alemania (858), India (797), Reino Unido de Gran Bretaña y Norte de Irlanda (617), República de Corea (586), Italia (538), Australia (435), Arabia Saudita (410), España (364), Canadá (285), Egipto (284), Japón (270), Francia (268), Brasil (249), Turquía (226), Países Bajos (194),

¹⁵ Cabe aclarar que, dentro del sistema de referencias bibliográficas de OpenAlex, cada artículo según la pertenencia de país de sus autores, es contado para su país. De esta manera, un artículo que esté integrado por autores de diferentes países, contará numéricamente como uno para cada país, de allí se deriva que la sumatoria de los resultados distinguido entre países sea mayor al total de publicaciones contabilizados.

Polonia (163), Dinamarca (152), República Islámica de Irán (145). En cuanto a América Latina, se destacan especialmente: Brasil (249), Chile (100), Colombia (76), México (64), Argentina (33), Perú (30), Ecuador (24) y Uruguay (17). De este modo, considerando la producción global, son en conjunto países de Asia y Europa los que tuvieron mayor representatividad en cantidad de producción científica mundial, alcanzando un 65 % del total de la producción: Asia (7202), Europa (6541), América del Norte (2033), África (1027), América del Sur (748), Oceanía (682), mientras que un total de 2868 artículos no tienen especificado este dato.

Authorships Countries						
China,2454,	Russian Federation,130,	Nigeria,60,	Ecuador,24,	Libya,7,	Honduras,3,	Côte d'Ivoire,1,
United States of America,987,	South Africa,126,	Iraq,59,	Cyprus,23,	Malta,7,	Niger,3,	Dominican Republic,1,
Germany,858,	Pakistan,124,	Algeria,56,	Lithuania,22,	Namibia,7,	Syrian Arab Republic,3,	Eritrea,1,
India,797,	Malaysia,119,	Qatar,56,	Bulgaria,18,	Puerto Rico,7,	Uganda,3,	Gabon,1,
United Kingdom of Great Britain and Northern Ireland,617,	Norway,116,	Viet Nam,54,	Ghana,18,	Yemen,7,	Albania,2,	Greenland,1,
Korea, Republic of,586,	Taiwan, Province of China,111,	Jordan,53,	Uzbekistan,18,	Georgia,5,	Armenia,2,	Guatemala,1,
Italy,538,	Hong Kong,104,	Romania,53,	Uruguay,17,	Moldova, Republic of,5,	Bolivia, Plurinational State of,2,	Cambodia,1,
Australia,435,	Sweden,104,	Czechia,49,	Lebanon,16,	Paraguay,5,	Belarus,2,	Korea, Democratic People's Republic of,1,
Saudi Arabia,410,	Singapore,102,	Tunisia,47,	Kazakhstan,15,	Sudan,5,	Congo, Democratic Republic of the,2,	Lao People's Democratic Republic,1,
Spain,364,	Belgium,101,	Bangladesh,45,	Slovakia,15,	Togo,5,	Costa Rica,2,	Mauritius,1,
Canada,285,	Chile,100,	New Zealand,41,	Croatia,14,	Zimbabwe,5,	Jamaica,2,	Mozambique,1,
Egypt,284,	Indonesia,93,	Macao,39,	Iceland,14,	Bosnia and Herzegovina,4,	Montenegro,2,	Nicaragua,1,
Japan,270,	Morocco,91,	Nepal,36,	Philippines,14,	Benin,4,	Mali,2,	Papua New Guinea,1,
France,268,	Switzerland,90,	Thailand,36,	Serbia,14,	Kyrgyzstan,4,	Somalia,2,	Rwanda,1,
Brazil,249,	Austria,82,	Israel,34,	Estonia,12,	North Macedonia,4,	South Sudan,2,	El Salvador,1,
Turkey,226,	Colombia,76,	Argentina,33,	Cameroon,8,	Mauritania,4,	Turkmenistan,2,	Tajikistan,1,
Netherlands,194,	Finland,75,	Slovenia,32,	Djibouti,8,	Senegal,4,	Trinidad and Tobago,2,	Virgin Islands, British,1,
Poland,163,	Ireland,73,	Latvia,30,	Ethiopia,8,	Afghanistan,3,	Tanzania, United Republic of,2,	Samoa,1,
Denmark,152,	Greece,72,	Peru,30,	Sri Lanka,8,	Burkina Faso,3,	Venezuela, Bolivarian Republic of,2,	Kosovo,1,
Iran, Islamic Republic of,145,	Oman,68,	Kuwait,29,	Palestine, State of,8,	Bahrain,3,	Zambia,2,	
Portugal,143,	Ukraine,66,	Azerbaijan,28,	Kenya,7,	Brunei Darussalam,3,	Barbados,1,	
United Arab Emirates,131,	Mexico,64,	Hungary,25,	Luxembourg,7,	Fiji,3,	Burundi,1,	

Tabla 1. De elaboración propia en base a los datos obtenidos de la búsqueda en la plataforma OpenAlex. Cantidad de artículos científicos sobre HV por país.

Para el caso argentino, como se ve en la Tabla 1, se encontró el registro de un total de 33 artículos científicos publicados, representando el 0,27 % de la producción mundial hasta la fecha. El rango temporal de auge se dio entre los años 2020 y 2025, siendo 2023 el año en el que hubo la mayor cantidad de publicaciones (ver Gráfico 2). Entre otras características, cabe mencionar que 20 de las publicaciones son de acceso abierto, y que, 26 publicaciones están escritas en inglés y mientras que 7, en español.

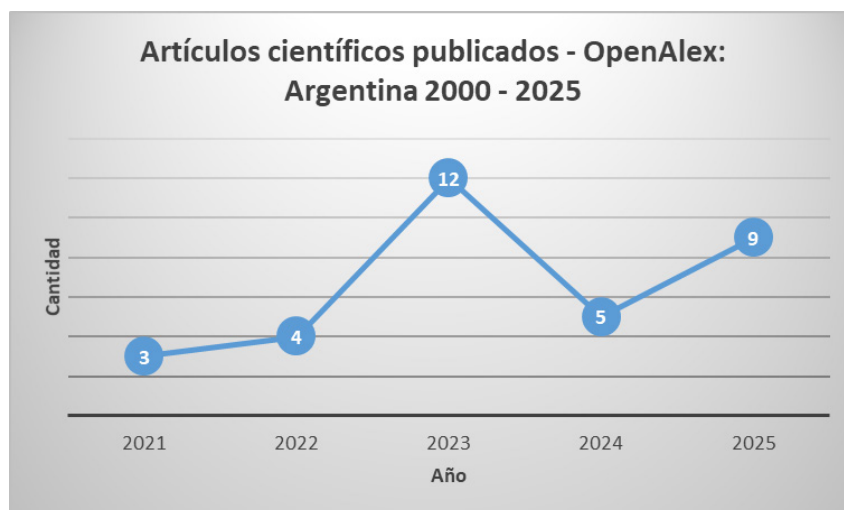


Gráfico 2. De elaboración propia en base a resultados de OpenAlex. Cantidad de artículos científicos sobre HV de Argentina distribuidos por año.

En cuanto a la representatividad de las instituciones en las publicaciones, esta información se desprende de las autorías. Por tanto, la falta de correspondencia entre el número total de instituciones, el número de artículos y autores se debe a factores como el que muchos autores pertenecen a múltiples instituciones, con lo cual aumenta el número de ellas, y, por otra parte, a que, aún persiste una falta de estructuración en las bases de datos de esta información en particular.

Dicho lo anterior, un total de 64 instituciones se encuentran representadas en los 33 artículos estudiados (Tabla 2), mientras que los autores identificados alcanzan un total de 119, de los cuales poco menos de un cuarto son mujeres.

El dato de representatividad de las instituciones, se toma a partir de la información de la pertenencia institucional de los autores. De allí, que 20 de los autores tienen pertenencia al Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas – CONICET, como puede verse en la Tabla 2. Así también, hay 20 autorías con pertenencia al entonces Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación; otras 32 autorías que corresponden a 16 Universidades Nacionales argentinas, y otras 11, a instituciones de Ciencia y Tecnología argentinas, a saber: Instituto de Química y Fisicoquímica Biológicas, Centro Científico Tecnológico - San Juan, Institute of Scientific and Technical Research for Defense, Instituto de Investigaciones Fisicoquímicas Teóricas y Aplicadas, Planta Piloto de Procesos Industriales Microbiológicos, Centro Científico Tecnológico – Tucumán, Centro Científico Tecnológico - La Plata, Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Instituto Geológico. Por otro lado, hay 20 autorías con pertenencia al Observatorio Argentino-Alemán de Geodesia (CONICET – Bundesamt für Kartographie und Geodäsie - BKG), así

también la participación de autorías pertenecientes a instituciones científico tecnológicas y universidades extranjeras con un total de 35, destacándose las colaboraciones con la Universidad de La Laguna - España (3), Board of the Swiss Federal Institutes of Technology - Suiza (2) y École Polytechnique Fédérale de Lausanne - Suiza (2).

Estos datos permiten ver que en la producción de publicaciones sobre el HV en Argentina hubo una participación significativa de recursos humanos con pertenencia a instituciones estatales públicas del país: científico tecnológicas como el CONICET y de una importante variedad de Universidades Nacionales. Asimismo, se observa colaboraciones con autorías de pertenencia a instituciones extranjeras de España (6), Brasil (4), Alemania (2), Suiza (1), Chile (1), Francia (1), Reino Unido (1), India (1), Italia (1), Japón (1), Portugal (1), y Arabia Saudita (1).

Authorships Institutions Lineage			
Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas	20	Universidad Nacional de la Patagonia Austral	1
Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación	20	Universidad Nacional de Río Negro	1
Argentine-German Geodetic Observatory	20	Instituto Superior de Gestão	1
Universidad de Buenos Aires	5	Universidad Nacional de Rosario	1
Universidad Nacional de Catamarca	5	Institut Català de Nanociència i Nanotecnologia	1
Universidad Nacional de La Plata	4	Centro Científico Tecnológico - San Juan	1
Universidad de La Laguna	3	Horiba (Francia)	1
Universidad Tecnológica Nacional	2	Helmholtz Institute Erlangen-Nürnberg	1
Universidad Nacional de General San Martín	2	Institute of Scientific and Technical Research for Defense	1
Board of the Swiss Federal Institutes of Technology	2	Instituto de Investigaciones Físicoquímicas Teóricas y Aplicadas	1
Universidad Nacional del Litoral	2	Planta Piloto de Procesos Industriales Microbiológicos	1
Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco	2	Centro Científico Tecnológico - Tucumán	1
Universidad Nacional de General Sarmiento	2	Institut de Recerca en Energia de Catalunya	1
Instituto de Química y Físicoquímica Biológicas	2	Association of British Orchestras	1
École Polytechnique Fédérale de Lausanne	2	Barcelona Institute of Science and Technology	1
Universidad de Santiago de Chile	1	Centro Científico Tecnológico - La Plata	1
Institución Catalana de Recerca i Estudis Avançats	1	Agua y Saneamiento Argentino (Argentina)	1
Universidad Complutense de Madrid	1	University of Customs and Finance	1
Universitat Autònoma de Barcelona	1	National Agricultural Technology Institute	1
Helmholtz Association of German Research Centres	1	Instituto Geológico	1
Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial	1	Universidad Nacional de Avellaneda	1
King Fahd University of Petroleum and Minerals	1	Institución CERCA	1
Consejo Superior de Investigaciones Científicas	1	Universidad Argentina de la Empresa	1
Horiba (Japón)	1	Technische Universität Berlin	1
Universidad Nacional de Córdoba	1	Universidad Nacional del Sur	1
Forschungszentrum Jülich	1	Universidad Nacional de La Matanza	1
Politecnico di Torino	1	Universidad Nacional de San Luis	1
Universidad de la República de Uruguay	1	Universidad de Sevilla	1
Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg	1	Universidade Federal de Itajubá	1
Universidad Austral	1	Saveetha University	1
Parque Científico de la Universitat de València	1	University of Gothenburg	1
Universidad Católica del Norte	1	Comisión Nacional de Energía Atómica	1

Tabla 2. De elaboración propia en base a los datos obtenidos de la búsqueda en la plataforma OpenAlex. Instituciones de pertenencia de las autorías, Argentina.

De esta manera, las principales áreas de investigación en los que se enmarcaron las publicaciones en Argentina fueron:

- “Hybrid Renewable Energy Systems” (10): Este grupo de artículos presenta investigaciones relacionadas a modelos de optimización tecnoeconómica, por ejemplo, de un parque generador de energía renovable en Uruguay; el costo nivelado óptimo de la producción de hidrógeno (LCOH) en parques eólicos en Argentina, Chile, EE. UU., España, Japón y Australia; la optimización simultánea basada en modelos de las dimensiones geométricas y las condiciones de operación en un proceso de electrólisis de agua alcalina; la viabilidad técnico-económica de la producción de hidrógeno verde en la Patagonia argentina para su posterior transporte marítimo a Italia; la comparación del Análisis de Ciclo de Vida (ACV) entre los autobuses con motor de combustión interna de la ciudad de Rosario, Argentina, y algunas alternativas tecnológicas en autobuses con motor eléctrico alimentado por hidrógeno comprimido; herramientas de optimización tecnoeconómica para evaluar los costos de producción de hidrógeno verde fuera de la red; modos de operación variable de los electrolizadores mediante una estrategia de control basada en los conceptos de pasividad y anti-windup; evaluación de electrodos planos y de tipo pin; y la implementación de una planta piloto para la producción de hidrógeno verde mediante electrolizadores PEM en un complejo portuario.
- “Advanced Photocatalysis Techniques” (3): estos trabajos están abocados especialmente al desarrollo de materiales basados en NiMo soportados en TiO₂ para aplicaciones duales: producción fotoelectroquímica de hidrógeno verde, y la producción fotocatalítica de hidrógeno y el tratamiento de aguas residuales, con la introducción de catalizadores específicos tanto para la remediación ambiental como para la producción sostenible de hidrógeno.
- “Fuel Cells and Related Materials” (2): aquí los trabajos se centran en el desarrollo de electrolitos poliméricos para PEME de baja y alta temperatura y la aplicabilidad que puede tener el hidrógeno verde como materia prima para productos químicos y e-combustibles (a partir de la captura de CO₂) en áreas urbanas.
- “Water-Energy-Food Nexus Studies” (2): estos trabajos se concentran en describir los desafíos ambientales y regulatorios que plantea la industria del hidrógeno verde en Argentina desde una perspectiva crítica y se problematiza el uso de recursos naturales en pos de un modelo de desarrollo que no considera los impactos territoriales y ambientales.

El resto de los artículos no han sido agrupados por la variedad de temáticas específicas que abarcan. Entre ellos, se refieren a estudios de electrocatalizadores para la conversión de energía (1), sobre el control y optimización de microrredes (1), almacenamiento y materiales de hidrógeno (1), gestión y optimización de recursos hídricos (1), investigación en tecnologías avanzadas de baterías (1), química y aplicaciones del óxido de hierro (1), métodos de purificación de agua con energía solar (1), técnicas de separación de iones mediante membranas (1), políticas energéticas y ambientales (1),

relaciones internacionales en América Latina (1), Seguridad y gestión de riesgos (1), de culturas e historia local (1) y de estudios ambientales y ecológicos (1).

Conclusiones

Recapitulando este estudio exploratorio sobre los artículos científicos publicados entre 2000 y 2025, los cuales fueron identificados mediante una búsqueda sistemática en la base de datos de OpenAlex, se destaca el auge que cobró el HV en las agendas científicas a partir del año 2015 y, posteriormente, luego del año 2020 de manera exponencial hasta la fecha. El creciente interés tiene como correlato a dos hitos temporales importantes en el plano internacional. El primero, tuvo lugar en el año 2015 cuando se suscribió el Acuerdo de París y la publicación de los Objetivos de Desarrollo Sostenible por parte de la ONU en un contexto de reconocimiento de crisis climática y de compromiso de acción por parte de los países, entre otras cosas, para la reducción de gases de efecto invernadero y un progresivo paso al uso de energías renovables. Y el segundo se produjo en 2020, movilizado por la pandemia del Covid 19, y luego, por la guerra en Ucrania que generó una crisis de suministro de energía en Europa. En consonancia con estos acontecimientos, diferentes organismos internacionales incorporaron a sus agendas de trabajo el tratamiento, la promoción y el financiamiento de proyectos y políticas vinculadas al desarrollo del hidrógeno.

Si bien las investigaciones sobre el potencial del hidrógeno verde particularmente para la generación de energía no contaminante no son nuevas, se puede afirmar que cobró protagonismo en la última década en un marco global al que se ha comprendido y denominado de Transición Energética, como lo revela la literatura científica y el creciente interés de la comunidad científica en investigar sus diferentes vetas e inscripciones. De este modo, este trabajo permitió ver que, actualmente, países como China (2.454), Estados Unidos (987), Alemania (858), India (797), Reino Unido de Gran Bretaña y Norte de Irlanda (617), República de Corea (586) e Italia (538), se encuentran entre los más representativos respecto de la investigación científica sobre HV. Por su parte, en América Latina, encuentra representatividad en la producción de conocimiento científico principalmente en Brasil (249), Chile (100), Colombia (76), México (64). Cabe recordar, como se ha mencionado inicialmente, que estos países latinoamericanos, incluida la Argentina, tomaron acciones políticas y jurídicas en los últimos años, reflejadas, por ejemplo, en la publicación de estrategias nacionales, hojas de ruta, y/o planes de acción respecto del desarrollo de proyectos productivos del HV o bajo en emisiones en sus territorios.¹⁶

Puntualmente, para el caso de Argentina, este trabajo, por medio de la utilización de herramientas bibliométricas, permitió reconocer los lineamientos temáticos y las dinámicas de investigación que se configuraron sobre HV entre los años 2000 y 2025; la inscripción de la agenda científica nacional con la producción de artículos científicos en el escenario regional y global; la importancia del sistema científico nacional público en la producción de conocimiento, representado por instituciones como el CONICET y las Universidades Nacionales, y el entramado de colaboraciones que tuvo con otras instituciones nacionales

¹⁶ <https://h2lac.org/mapas/>

e internacionales para generarlos; las principales áreas disciplinares en las que la temática encuentra prioridad. Asimismo, aunque en el plano global y regional latinoamericano se observa que hubo un crecimiento exponencial de publicaciones a partir de 2015, para el caso argentino se observa más bien que las publicaciones fueron menos sostenidas en ese periodo, siendo los años de auge entre 2020 y 2025, y donde en el 2023 se contabiliza la mayor cantidad de publicaciones (12 artículos científicos). En ese período, el interés en la temática en la comunidad científica evidenciada en sus producciones, coincidió con la generación de políticas nacionales y provinciales adoptadas en relación al HV en el país. Entre los ejemplos de estas acciones gubernamentales, se encuentran la creación del Consorcio H2AR (YPF - CONICET) en el año 2021, las mesas de diálogo interministeriales organizados por el Consejo Económico y Social en el mismo año con el fin de elaborar una estrategia nacional, los encuentros intersectoriales que tuvieron lugar en el año 2023, la apertura de nuevas áreas gubernamentales e instituciones como la Mesa Intersectorial del Hidrógeno en la Secretaría de Asuntos Estratégicos de la Presidencia de la Nación, la elaboración de hojas de ruta y planes estratégicos nacional y provinciales como los publicados por las provincias patagónicas (inicialmente Río Negro, Tierra del Fuego AIAS, Santa Cruz y Chubut), articulaciones público privadas para evaluaciones económicas y socio ambientales, suscripción de acuerdos con empresas transnacionales para una producción a escala industrial del HV y sus derivados, la elaboración y el tratamiento de una ley nacional para la regulación de la industria del H, entre otros.

Sobre las áreas disciplinares y temáticas de investigación abordados en las publicaciones de Argentina, el mayor conglomerado de artículos es equivalente al clúster científico internacional, los cuales giran en torno a estudios sobre los sistemas híbridos de energía renovable, el interés por mejorar o hacer efectivas las tecnologías de electrocatalizadores para la conversión de energía, así como sobre el almacenamiento, transporte y seguridad, evaluación de costos, entre otros aspectos relacionados. Cabe mencionar que, al ser el HV una tecnología en un mercado emergente y de largo plazo, la literatura también identifica algunos puntos críticos para su producción como ser la cantidad de agua que requiere para el proceso de electrólisis que descompone el agua en oxígeno e hidrógeno, el tipo de tecnología para su almacenamiento y transporte, la generación e implementación de regulaciones especiales y la certeza jurídica, tanto en el plano internacional como en el local (Cammeraat et al., 2022; Chemes y Proaño, 2021). En ese sentido, aunque hay líneas de investigación abocadas al abordaje de aspectos políticos, económicos, ecológicos, sociales y ambientales en relación a la industria del HV (Chemes, 2023; Wyczykier, 2023; Dietz, 2022; Kazimierski, 2021; Salgado y Scandizzo, 2021, entre muchos otros), es aún un área de vacancia en el cual seguir indagando. Otro tipo de estudios relacionados al HV y la transición energética que se ha encontrado en la literatura internacional reciente son los aportados desde los estudios sociales de ciencia y tecnología, referidos a la construcción de expectativas, promesas tecnocientíficas e imaginarios socio técnicos (Virens, 2024; Dorn, 2024; Hubert y Spivak L'Hoste, 2021).

Por último, cabe mencionar que este tipo de estudios exploratorios con métodos y herramientas que provee la bibliometría en una plataforma de acceso abierto como lo es OpenAlex, posibilitan situar, comprender y problematizar con mayor seguridad y más criterio un tema de investigación, en este caso el de la tecnología del HV. Que luego puede utilizarse para la construcción de antecedentes y estado del arte, redefinición de problemas

de investigación, recuperación de aportes teóricos y la reorientación de los objetivos de investigación, entre otros.

Referencias bibliográficas

- Cammeraat, E., Dechezleprêtre, A., & Lalanne, G. (2022). Innovation and industrial policies for green hydrogen. *OECD Science, Technology and Industry Policy Papers*.
- Corbeau, A. S., & Kaswiyanto, R. (2024). National hydrogen strategies and roadmap tracker. *Columbia University* <https://www.energypolicy.columbia.edu/publications/national-hydrogen-strategies-and-roadmap-tracker>
- Chemes, J. (2023). Narrativas de transición energética. Un análisis desde la epistemología del Sur. *Ecología Política*, (65), 66-71.
- Chemes, J., & Proaño, M. (2021). Hidrógeno verde. ¿Transición energética o mayor dependencia?. *Zona Ambiental* (14 de noviembre) Disponible en: <https://tinyurl.com/yx2z5am3>
- Dietz, K. (2022). Transición energética y extractivismo verde. La transición energética en Europa anuncia el extractivismo verde en América Latina. *Rosa Luxemburg Stiftung, Oficina Región Andina, septiembre*, 13 pp, <https://rosalux.org.ec/pdfs/transicion-energetica-y-extractivismo-verde.pdf>
- Dorn, F. M. (2024). Towards a multi-color hydrogen production network? Competing imaginaries of development in northern Patagonia, Argentina. *Energy Research & Social Science*, 110, 103457. <https://doi.org/10.1016/j.erss.2024.103457>
- Du, L.; Yang, Y.; Zhou, L.; Liu, M. (2024). Greenhouse Gas Reduction Potential and Economics of Green Hydrogen via Water Electrolysis: A Systematic Review of Value-Chain-Wide Decarbonization. *Sustainability* 2024, 16, 4602. <https://doi.org/10.3390/su16114602>
- Ferenhof, H. A., & Fernandes, R. F. (2016). Desmitificación de la Revisión de la Literatura como base para la redacción científica: el método SSF. *Revista ACB*, 21(3), 973-986.
- Fernández-Arias, P.; Antón-Sancho, Á.; Lampropoulos, G.; Vergara, D. (2024). On Green Hydrogen Generation Technologies: A Bibliometric Review. *Appl. Sci.* 2024, 14, 2524. <https://doi.org/10.3390/app14062524>
- Filippo, D. D., & Levin, L. (2017). Detección y análisis de “clústers bibliográficos” en las publicaciones de Iberoamérica sobre ciencia, tecnología y sociedad (1970-2013). *Investigación bibliotecológica*, 31(SPE), 123-148.

- Hubert, M., & Spivak L'Hoste, A. (2021). Los imaginarios sociotécnicos de las políticas de producción de energía eléctrica en Argentina. *Revista Iberoamericana De Ciencia, Tecnología Y Sociedad - CTS*, 16(47). Retrieved from <http://ojs.revistacts.net/index.php/CTS/article/view/237>
- IRENA (2022). *Geopolítica de la transformación energética: El factor hidrógeno*. Agencia Internacional de Energías Renovables, Abu Dabi. Recuperado: https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2022/Jan/IRENA_Geopolitics_Hydrogen_2022_ES.pdf
- Levin, L. G.; Salvador, R. D. and Cruz-Mendoza, E., Green Hydrogen: Measuring imaginaries and promises in peripheral contexts. An analysis of policies, papers and news in Argentina and Mexico. Available at SSRN: <https://ssrn.com/abstract=6545358> or <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.6545358>
- Mateo, J. y Suster, M. (2021). *Hacia la economía del hidrógeno: perspectivas de la agenda internacional y las oportunidades locales*. Documentos de Trabajo del CCE N° 7. Consejo para el Cambio Estructural - Ministerio de Desarrollo Productivo de la Nación. Recuperado en: https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/2021/03/dt_7_-_hidrogeno.pdf
- Raman, R., Nair, V. K., Prakash, V., Patwardhan, A., & Nedungadi, P. (2022). Green-hydrogen research: What have we achieved, and where are we going? Bibliometrics analysis. *Energy Reports*, 8, 9242-9260.
- Rodriguez Vaz C. y Uriona-Maldonado M.(2024). El método de revisión de la literatura estructurada para los estudios de CTI. En Natera, J. M., Suárez, D., Arocena, R., Sutz, J., Goren, N., Erbes, A., ... & Urraca Ruiz, A. (2024). *Métodos para el análisis de los procesos de ciencia, tecnología e innovación: herramientas para el estudio del desarrollo de América Latina*. Vol. 2: Métodos cuantitativos.
- Sánchez-Peñuela Lejarraga, J.B. (2022). Estrategias nacionales sobre hidrógeno: una visión comparada. *Economía industrial*, ISSN 0422-2784, 424,33-48
- Salgado L. y Scandizzo H. (2021). ¿Humo Verde? Notas y comentarios sobre la promoción del hidrógeno como vector energético (y los negocios en tiempos de transición). Recuperado de: <https://opsur.org.ar/wpcontent/uploads/2021/11/Hidrogeno-Verde-informe-final.pdf>
- Secretaría de Asuntos Estratégicos. (2023). *Estrategia Nacional para el Desarrollo de la Economía del Hidrógeno*. Presidencia de la Nación. Argentina.gob.ar. <https://www.argentina.gob.ar/noticias/estrategia-nacional-para-el-desarrollo-de-la-economia-del-hidrogeno>

- Serna S., Gerres T., Cossent R. (2022). Estrategias nacionales sobre el hidrógeno: elementos de diseño comunes y lecciones aprendidas. *Papeles de economía española*, ISSN 0210-9107, 174, 51-71
- Van de Graaf, T. (2022). Hydrogen's decade. *Finance & Development*, 59(4), 21-23.
- Virens, A. (2024). Green hydrogen futures: Tensions of energy and justice within sociotechnical imaginaries. *Energy Research & Social Science*, 114, 103587. <https://doi.org/10.1016/j.erss.2024.103587>
- Wyczykier, G. (2023). Senderos de la transición energética: el hidrógeno verde en la era del cambio climático. *Revista Temas Sociológicos*. 453-484. 10.29344/07196458.31.3164.
- Zabaloy, M. & Guzowski, C. & Didriksen, L. (2021). Hidrógeno verde en Argentina: desarrollo actual y perspectivas a futuro. *Energía y desarrollo sustentable*, 6, 35-51.