

# RECURSOS BIBLIOGRÁFICOS

SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN  
EL HIDRÓGENO VERDE:  
VIABILIDAD COMO ALTERNATIVA  
ENERGÉTICA ANTE LA CRISIS DE  
RECURSOS MATERIALES

ABRIL 2023





**DEMOSPAZ**

Instituto de Derechos Humanos,  
Democracia, Cultura de Paz y No Violencia

**UAM** Universidad Autónoma  
de Madrid

El presente documento tiene la finalidad de compartir una serie de recursos bibliográficos que abordan numerosos aspectos en lo relativo al Hidrógeno Verde, desde su definición y composición hasta su aplicación y viabilidad no sólo económica, sino también como un posible sustituto para paliar la crisis de los recursos fósiles.

A pesar de que la crisis climática se postula como un tema de suma importancia dentro de la esfera social y política y en las agendas internacionales de desarrollo, como bien exponen los ODS 7 “Energía asequible y no contaminante” y 13 “Acción por el clima”, dentro del sistema capitalista en el que nos encontramos la ganancia económica inmediata prima sobre el Derecho Humano del disfrute de un medioambiente sano y limpio.

Este seminario contó con la participación de **Enrique García Michel** actualmente Catedrático de Física de la Materia Condensada en la Universidad Autónoma de Madrid, que ha trabajado a su vez como investigador visitante en varios centros de renombre como el Lawrence Livermore National Laboratory (2008) o Lawrence Berkeley Laboratory (2014–15). Además, contamos con la presencia de **Abel Ortego Bielsa**, Doctor e Investigador contratado por la Universidad de Zaragoza, experto en eficiencia energética y energías renovables, además de gestor de proyectos habiendo liderado varios proyectos de I+D+i en el ámbito de la economía circular, la eficiencia energética y la movilidad sostenible.

Este documento resalta algunas fuentes, tanto académicas como divulgativas que acercan al lector al fenómeno de la producción del hidrógeno verde, vislumbrando no sólo cuáles son sus beneficios, sino que también exponiendo las trabas que existen y lo cuestionable que en muchas ocasiones es la palabra “verde” en lo que respecta a este procedimiento.

De esta manera se han dividido los recursos bibliográficos en tres apartados, el primero de ellos, de carácter más técnico en el que se explica tanto la composición molecular del hidrógeno así como su reacción ante posibles cambios ambientales; en el segundo se refleja una recopilación de distintos documentos relativos a la aplicación del hidrógeno; y por último, y desde una perspectiva más crítica se resaltan distintas discusiones sobre la viabilidad real y aplicable del hidrógeno, desde una perspectiva económica, así como desde una perspectiva ambiental.



# El Hidrógeno Verde: ¿Qué es?

---

**Brijaldo, M. et al (2021): Principales Rutas en la producción de Hidrógeno, Ingeniería y Competitividad, 23 (2). Disponible en: [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0123-30332021000200302](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0123-30332021000200302)**

Las características físicas y químicas del hidrógeno lo han convertido en un vector energético prometedor con grandes aplicaciones en celdas de combustibles, así como materia prima para la participación en diversos procesos químicos a nivel industrial. Una de las fuentes renovables de energía utilizada para la obtención de hidrógeno es la biomasa. En este estudio se han empleado varias moléculas modelo de biomasa para la generación de hidrógeno, las cuales incluyen principalmente alcoholes, carbohidratos, ácidos carboxílicos, alcanos entre otras, las cuales han sido transformadas a partir de varias rutas, ya sean termoquímicas, bioquímicas o fotoquímicas. A lo largo de toda la investigación se abordarán distintos tópicos en lo referido a la producción de hidrógeno abriendo la posibilidad a nuevas y futuras investigaciones sobre la generación de hidrógeno.

**Castellanos, N. S. y Molina, M. O (2013): Modelado y simulación de una celda de combustible reversible de membrana polimérica para la producción de hidrógeno. Trabajo de Fin de Grado. Universidad de Cartagena de Indias. Disponible en: <https://repositorio.unicartagena.edu.co/bitstream/handle/11227/91/MODELADO%20Y%20SIMULACION%20DE%20UNA%20CELDA%20DE%20COMBUSTIBLE%20REVERSIBLE%20DE%20MEMBRANA%20POLIMERICAPARA%20LA%20PRODUCCION%20DE%20HIDROGENO.pdf?sequence=1&isAllowed=y>**

A partir de esta investigación colectiva de carácter técnico se desarrolló un modelo matemático para un funcionamiento reversible de una Celda de Combustible de Membrana Polimérica para la producción de hidrógeno a partir del planteamiento de modelos termodinámicos y electroquímicos que permitieron describir el comportamiento del hidrógeno ante posibles cambios en las variables ambientales, ya sean la intensidad o la temperatura.



**DEMOSPAZ**

Instituto de Derechos Humanos,  
Democracia, Cultura de Paz y No Violencia

**UAM** Universidad Autónoma  
de Madrid

**Delgado, S. (2022): ¿Qué es el hidrógeno verde? El Orden Mundial [en línea] disponible en: <https://elordenmundial.com/que-es-hidrogeno-verde/>**

Se trata un artículo de carácter introductorio al hidrógeno verde, en el cual se explica qué es realmente esta nueva fuente de energía, aquella que se extrae puramente de energías renovables; esto lo explica porque establece una categorización a su vez entre hidrógeno gris, conseguido a partir de combustibles fósiles; el hidrógeno azul, también se consigue a partir de combustibles fósiles, pero con técnicas que reducen las emisiones de dióxido de carbono. Por su parte, el hidrógeno negro se obtiene con carbón, el marrón necesita del lignito, el hidrógeno rosa parte de la energía nuclear para la electrólisis y el amarillo se obtiene con técnicas mixtas.

**Parrilla, A. y Grau, A. (2022): El hidrógeno verde, un acumulador energético para catapultar las renovables. CSIC Comunicación [en línea] disponible en: <https://www.csic.es/es/actualidad-del-csic/el-hidrogeno-verde-un-acumulador-energetico-para-catapultar-las-renovables>**

En este artículo del CSIC se esclarece la cuestión sobre el Hidrógeno, y es que este no es una fuente de energía como tal, sino un acumulador energético para otras fuentes; en la actualidad la mayoría de recursos empleados son de carácter no renovable, de esta manera varios investigadores del centro se han dado la tarea de encontrar una vía compatible para la producción de hidrógeno a base de mecanismos sostenibles y renovables. Este proceso se realiza gracias a los electrolizadores, que son dispositivos que utilizan electricidad para separar las moléculas de hidrógeno y oxígeno del agua, y para conseguir así hidrógeno sin emisiones contaminantes; el problema que esto conlleva es que para la mayoría de procesos de electrólisis se utilizan materiales categorizados como críticos, por lo que el grupo de estudio se encuentra estudiando la posible sustitución de estos materiales por unos más abundantes y baratos.



# El Hidrógeno verde, sus aplicaciones

---

**Alzoubi, A. (2021). Renewable Green hydrogen energy impact on sustainability performance. International Journal of Computations, Information and Manufacturing (IJCIM), 1(1). Disponible en: <https://journals.gaftim.com/index.php/ijcim/article/view/46>**

En este análisis se resalta la necesidad de investigación y consecución de nuevas vías energéticas de carácter renovable, entendiendo que nuestras mayores fuentes de energía son combustibles fósiles cuya persistencia en la Tierra se encuentra determinada por su condición de no renovables. El hidrógeno es el menos dañino para el medio ambiente de estos combustibles, ya que se trata de un combustible limpio y duradero con el potencial de ser la fuente de energía global futura. Puede utilizarse potencialmente para sustituir la infraestructura energética actual basada en combustibles fósiles. Esto se considera una solución al problema de la agotabilidad de los recursos, así como contribuir para frenar el calentamiento global y evitar la degradación ambiental. Este artículo analiza los muchos aspectos del hidrógeno, como la fabricación, el almacenamiento y las aplicaciones, con un enfoque en el medio ambiente y la economía

**Atilhan, S. et al (2021): Green hydrogen as an alternative fuel for the shipping industry. Current Opinion on Chemical Engineering, 31 (2021). Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S221133982030071X>**

Existe una presión creciente para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) del transporte marítimo. Una de las estrategias más eficaces para reducir las emisiones de GEI es pasar de combustibles convencionales como el petróleo pesado a combustibles alternativos. El hidrógeno verde es una alternativa prometedora para la industria naviera. Sin embargo, su uso potencial dependerá de algo más que de su respeto al medio ambiente. Se deben evaluar los factores económicos, técnicos y de seguridad. Este documento proporciona una evaluación crítica del uso potencial del hidrógeno verde en la industria naviera con una evaluación de las rutas de producción, el rendimiento tecnoeconómico, el almacenamiento y la seguridad. La evaluación comparativa también se lleva a cabo en comparación con las rutas de producción gris y azul existentes específicas para las aplicaciones de la industria naviera. Se analizan importantes métricas para el hidrógeno líquido para evaluar el costo de producción y las emisiones de GEI para varias rutas.



**DEMOSPAZ**

Instituto de Derechos Humanos,  
Democracia, Cultura de Paz y No Violencia

**UAM** Universidad Autónoma  
de Madrid

**Clark, W. W. y Rifkin, J. (2006): A green hydrogen economy. Energy Policy, 34 (17), pp: 2630-2639. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301421505001722>**

Este documento es el resultado de más de una docena de académicos y profesionales que creían firmemente que una economía del hidrógeno y, por lo tanto, el futuro está más cerca que algunos políticos y burócratas estadounidenses. Además, cuando se ve a nivel internacional, hay pruebas contundentes, las más recientes y obvias son la proliferación de vehículos híbridos, que para que un Estado-nación sea independiente de la energía debe buscar un futuro de hidrógeno renovable o verde en el corto plazo. El número de vehículos para hacer comercialmente viable el hidrógeno no estaba en el mercado de masas por casi todas las estimaciones hasta 2010, menos de una década desde la publicación del artículo. El documento señala cómo las preocupaciones de hoy, incluidos los mayores costos y las tecnologías en desarrollo, pueden convertirse en oportunidades para los sectores público y privado.

**CEDEFOP (2015): Green economy 'a great opportunity' [en línea] disponible en: <https://www.cedefop.europa.eu/en/news/green-economy-great-opportunity>**

Muchos expertos aseguran que el hidrógeno verde podría ser la nueva fuente de energía del futuro, en un posible contexto de economía verde, responsable y de acuerdo a las capacidades del medioambiente. El informe procede del segundo foro de competencias verdes organizado conjuntamente por el Cedefop y el Programa de Acción Cooperativa para el Desarrollo Económico y del Empleo Local (LEED) de la OCDE en París en febrero de 2014. El foro reunió a académicos, responsables de la formulación de políticas y organizaciones internacionales para debatir los desafíos de la ecologización de la economía y sus implicaciones, con especial atención a los vínculos entre las capacidades y las necesidades de conocimiento y el crecimiento verde inclusivo.



**DEMOSPAZ**

Instituto de Derechos Humanos,  
Democracia, Cultura de Paz y No Violencia

**UAM** Universidad Autónoma  
de Madrid

**European Comission (2020): Critical Raw Materials for Strategic Technologies and Sectors in the EU. Disponible en: [https://rmis.jrc.ec.europa.eu/uploads/CRMs\\_for\\_Strategic\\_Technologies\\_and\\_Sectors\\_in\\_the\\_EU\\_2020.pdf](https://rmis.jrc.ec.europa.eu/uploads/CRMs_for_Strategic_Technologies_and_Sectors_in_the_EU_2020.pdf)**

En este estudio se analizan las cadenas de suministro de las nueve tecnologías utilizadas, entre ellas el hidrógeno, en los tres sectores estratégicos siguientes: energía renovable, movilidad electrónica, defensa y aeroespacial. También intenta proporcionar una primera respuesta, basada en los conocimientos y modelos disponibles, a los retos futuros y a la evolución de la competencia por los recursos.

**Hoelzen, J. et al (2022): Hydrogen-powered aviation and its reliance on green hydrogen infrastructure – Review and research gaps. International Journal of Hydrogen Energy, 47 (5), pp: 3108–3130. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360319921043184>**

Los aviones propulsados por hidrógeno verde (H<sub>2</sub>) son una palanca para que el sector de la aviación reduzca el impacto climático. Las investigaciones anteriores ya se centraban en las evaluaciones de la tecnología de aeronaves H<sub>2</sub>, pero rara vez se realizan análisis de los factores de costos relacionados con la infraestructura. Por lo tanto, este documento tiene como objetivo proporcionar una visión global de los esfuerzos anteriores e introduce un enfoque para evaluar la importancia de una infraestructura de H<sub>2</sub> para la aviación. Un avión de corto y mediano alcance es modelado y modificado para propulsión H<sub>2</sub>. Sobre la base de estos datos, se utiliza un análisis de costes detallado para comparar los costes directos de explotación relacionados con las aeronaves y la infraestructura (DOC). En general, se demuestra que la economía de la aviación H<sub>2</sub> depende en gran medida de la disponibilidad de infraestructura de suministro de hidrógeno líquido verde (LH<sub>2</sub>) de bajo costo. Mientras que el DOC total podría incluso disminuir ligeramente en un mejor caso de costo de LH<sub>2</sub>, el DOC total también podría aumentar entre 10 y 70% (corto alcance) y 15–102% (rango medio) debido solo a los costos de LH<sub>2</sub>.



**DEMOSPAZ**

Instituto de Derechos Humanos,  
Democracia, Cultura de Paz y No Violencia

**UAM** Universidad Autónoma  
de Madrid

**Gavrilova, A. y Wieclawska, S.M. (2021): Towards a green future. Part 2: How we can prevent material scarcity and turn our green hydrogen ambitions into reality, TNO INOVATION FOR LIFE. Disponible en: <https://repository.tno.nl/islandora/object/uuid%3A7bf57e98-fbd1-4fa6-976c-155fff5a6b2>**

Las tecnologías ecológicas del hidrógeno requieren más investigación para reducir la dependencia de materiales críticos, así como políticas nacionales y comunitarias para garantizar su disponibilidad. En el artículo anterior mostramos que satisfacer la futura demanda europea de hidrógeno utilizando tecnologías disponibles actualmente, como la membrana de electrolito de polímero y alcalina electrolisis, podría requerir más materiales raros de los que tenemos disponibles. La escasez de materiales críticos podría ralentizar la transición energética y poner en riesgo el logro de los objetivos del Acuerdo Climático de París.

**Oliveira, A. M. et al (2021): A green hydrogen economy for a renewable energy society. Current Opinion on Chemical Engineering, 33 (2021). Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2211339821000332>**

La economía del hidrógeno se ha promovido desde hace mucho tiempo como un aspecto innovador de un futuro con bajas emisiones de carbono. Sin embargo, hay poco consenso sobre lo que implica este futuro, con algunos excesivamente preocupados por la falta de demanda y otros ignorando las limitaciones del hidrógeno. En este caso, los autores cumplen con la necesidad de establecer una definición completa de la 'economía del hidrógeno', además de ilustrar una visión en la que el hidrógeno se utilizará principalmente para la descarbonización cuando no exista otra alternativa. Para ello, se propone un plan de implementación en tres fases para el hidrógeno en el sector industrial como materia prima química, el sector de transporte para vehículos pesados de largo alcance, el sector de edificios para calefacción y el sector de energía para almacenamiento estacional. Una vez realizado el análisis se concluye que el hidrógeno no será la mayor economía energética, pero con una necesidad proyectada de 2,3 Gt H<sub>2</sub> anualmente, puede descarbonizar alrededor del 18% de los sectores relacionados con la energía. A largo plazo, el hidrógeno puede complementar la electricidad renovable y ser la piedra angular de un futuro 100% renovable.



**DEMOSPAZ**

Instituto de Derechos Humanos,  
Democracia, Cultura de Paz y No Violencia

**UAM** Universidad Autónoma  
de Madrid

**Ortego, A. (2013): Sustainable Urban Mobility Models. CIRCE – Research Centre for Energy Resources and Consumption. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/304570436\\_Sustainable\\_Urban\\_Mobility\\_Models](https://www.researchgate.net/publication/304570436_Sustainable_Urban_Mobility_Models)**

El hidrógeno verde se postula como buen sustituto para las fuentes fósiles como el petróleo; este trabajo evalúa los siguientes aspectos: uso del suelo (crecimiento urbano), consumo de energía, implicaciones ambientales y aspectos económicos del transporte público utilizando una metodología desarrollada en la que se muestra la relación entre ellos. Para alcanzar este objetivo se han analizado diferentes indicadores clave, como el uso del transporte público, las zonas de aparcamiento urbano disponibles, el número de automóviles por habitante, la densidad de población o la forma de financiación del transporte público.

## **La viabilidad del Hidrógeno verde en cuestión**

---

**Andaluz, J. et al (2021): Hidrógeno: ¿la nueva panacea? Mitos y realidades de las expectativas del hidrógeno en el Estado español. Ecologistas en acción. Disponible en: <https://www.ecologistasenaccion.org/wp-content/uploads/2021/09/informe-hidrogeno-2021-castellano.pdf>**

Se trata de un informe conjunto realizado por Ecologistas en Acción y el Observatori del deute en la globalització (ODG) que desde una perspectiva crítica analizan las distintas propuestas y promesas formuladas por distintas empresas además de por el Gobierno del Estado. El estudio intenta abordar desde una forma divulgativa cual es la realidad del hidrógeno y las distintas dudas que en la actualidad presenta como viabilidad ante el cambio climático y la crisis de recursos, además sobre sus efectos en la esfera económica y social y alertar del enorme riesgo que corremos al generar una burbuja del hidrógeno. Para ello, se estudia el plano técnico en lo que respecta la producción de hidrógeno verde analizando las características fisicoquímicas del mismo y su cadena de valor, atendiendo a las principales virtudes y desafíos que éstas ofrecen y valorando, en función de éstas, los usos para los que es y no es adecuado. Por otro lado, se analizarán cuáles son los fenómenos que hay detrás de la promoción del hidrógeno, los flujos e intereses financieros vinculados al mismo y la nueva geopolítica energética que se está abriendo en torno al hidrógeno.



**DEMOSPAZ**

Instituto de Derechos Humanos,  
Democracia, Cultura de Paz y No Violencia

**UAM** Universidad Autónoma  
de Madrid

**Argelo, M. (2015): ¿Qué es el Greenwashing y qué tipos hay? Eco-Huella [en línea] disponible en: <https://www.eco-huella.com/2015/07/greenwashing.html>**

El Greenwashing hace referencia a aquellas prácticas que llevan a cabo las empresas con el único objetivo de aumentar sus beneficios/ventas mediante marketing verde, pero sin realmente llevar a cabo una gestión sostenible de verdad. Es decir, se refiere a aquellas empresas que se venden como sostenibles pero que en realidad siguen siendo igual de contaminantes que antes de impulsar su compromiso ambiental. Podría decirse que dentro de la práctica del Greenwashing hay varios grados y mil y una técnicas; de esta manera y a lo largo del artículo se esclarece cuáles son las distintas prácticas, llevadas a cabo por empresas con el objetivo de teñirse aparentemente de verde.

**Cabaña, G (2022): Las mil promesas del hidrógeno verde. Nueva Sociedad [en línea] disponible en: <https://nuso.org/articulo/las-mil-promesas-del-hidrogeno-verde/>**

Durante los últimos dos años ha habido una innumerable producción académica y periodística sobre las promesas y las amenazas del hidrógeno verde, ganándose ambiciosas descripciones como «la pieza faltante» en el proceso de descarbonización de las matrices energéticas. Si bien, a partir de este artículo se pone en cuestión el “verdor” del hidrógeno, pues se estima que el 76% del mismo es producido con gas natural y el 23% con carbón, por lo que convertir esta industria en un sector sin huella de carbono todavía es un gran desafío. Por otro lado, en este artículo se pone en duda su viabilidad económica, ya que la producción de esta fuente de energía todavía resulta muy costosa, además de que se vislumbra la visión eldoradista de este negocio, bajo el abuso del capital a poblaciones periféricas como es el caso de América Latina.



**Rejón, R (2023): Hidrógeno verde: ¿burbuja, solución climática o riesgo ambiental? Un poco de todo. El Diario [ en línea] disponible en: [https://www.eldiario.es/sociedad/hidrogeno-verde-burbuja-solucion-climatica-riesgo-ambiental\\_1\\_9892272.html](https://www.eldiario.es/sociedad/hidrogeno-verde-burbuja-solucion-climatica-riesgo-ambiental_1_9892272.html)**

Las recientes noticias sobre la construcción del hidroduto H2med han levantado numerosas críticas sobre el negocio de la producción de hidrógeno. Muchos son los que vislumbran una posible burbuja de hidrógeno, ya que no existe la suficiente investigación para hacer del mismo una fuente de energía sostenible y tampoco la demanda es lo suficientemente alta para que se planteen este tipo de construcciones, tan enfocadas al beneficio económico y tan destructivas para el medioambiente. En este artículo periodístico se resaltan numerosos aspectos y críticas al negocio del hidrógeno desde su producción en sí hasta las carencias en cuanto a su aplicación en la industria automovilística.

**Vicente, S (2021): El Hidrógeno verde: ¿es realmente el combustible del futuro? Crítico [ en línea] disponible en: <https://www.elcritic.cat/reportatges/hidrogeno-verde-es-realmente-sostenible-el-combustible-del-futuro-91313>**

En este artículo se resalta la posible existencia de un colonialismo energético si la industria del hidrógeno progresa en el futuro. Recogiendo las palabras de Antonio Turiel, doctor en física por la UAM y colaborador del OSIC, en las que plantea la existencia de dos opciones para paliar la crisis de recursos, una de ellas, el decrecimiento y otra de ellas el colonialismo energético por parte de la UE. Entendiendo que para producir las ingentes cantidades que necesitará una Europa sumida en una sequía histórica se necesitarán presas enormes, que a día de hoy resulta imposible de colocar en los ríos y lagos europeos.