



FACULTAD DE DERECHO

**LA APUESTA EUROPEA POR EL HIDRÓGENO VERDE:
PROBLEMÁTICAS JURÍDICAS ASOCIADAS**

Autor: Álvaro Vallejo Calvo

4º (E-1)

Área de Derecho Administrativo

Tutora: Pilar López de la Osa Escribano

Madrid

Abril de 2025

RESUMEN

LISTADO DE ABREVIATURAS

COP29	Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático de 2024
CSIC	Consejo Superior de Investigaciones Científicas
GEI	Gases de efecto invernadero
IRENA	<i>International Renewable Energy Agency</i>
MRR	Mecanismo de Recuperación y Resiliencia
NDC	Contribuciones Determinadas a Nivel Nacional
RFNBO	<i>Renewable fuels of non-biological origin</i>
UE	Unión Europea

ÍNDICE

CAPÍTULO I: APROXIMACIÓN AL HIDRÓGENO VERDE.....	5
1.1 Introducción.....	5
1.2 Breve aproximación al hidrógeno.....	6
1.3 El hidrógeno verde: potencialidades, usos y retos.....	8
CAPÍTULO II: MARCO JURÍDICO ACTUAL DEL HIDRÓGENO VERDE.....	11
2.1 El hidrógeno verde en la UE.....	11
2.2 El hidrógeno verde en España.....	13
CAPÍTULO III: PROBLEMAS JURÍDICOS ASOCIADOS AL MARCO REGULATORIO ACTUAL.....	13
3.1 Consideraciones generales.....	13
3.2 Escasez de incentivos a la producción de hidrógeno verde.....	15
3.3 Impacto ambiental de la producción de hidrógeno verde.....	15
CONCLUSIONES.....	16
BIBLIOGRAFÍA.....	17

CAPÍTULO I: APROXIMACIÓN AL HIDRÓGENO VERDE

1.1 Introducción

La apuesta europea por adoptar un modelo energético sostenible e independiente es una realidad cada vez más firme. Tras la invasión rusa de Ucrania en el año 2022, tuvo lugar el estallido de una crisis energética en el seno la Unión Europea (UE) derivada de su tradicional dependencia de Rusia. A pesar del esfuerzo europeo por garantizar una cierta estabilidad de los suministros de combustibles fósiles (especialmente, de gas natural licuado) gracias a un estrechamiento de las relaciones comerciales con Estados Unidos durante la Administración Biden¹, la nueva situación política del país genera incertidumbre sobre la estabilidad de dichas relaciones.

Todo lo anterior ha llevado a la UE a posicionarse como un líder en el proceso de transición energética. En este contexto, cobran especial importancia el Acuerdo de París y el último Acuerdo alcanzado en la COP29 que, aunque con una preocupante laxitud en cuanto a los elementos de control de los NDCs², se reitera en el objetivo de reducir las emisiones de CO₂ a nivel mundial. Dichos objetivos han quedado plasmados a través de compromisos vinculantes a nivel interno, como el Pacto Verde Europeo (por su nombre en inglés, *Green Deal*) y por los diversos Planes Integrales de Energía y Clima adoptados por cada uno de los Estados miembros. A su vez, estos compromisos han venido acompañados, como no podría ser de otra manera, de un esfuerzo regulatorio para dar cobertura jurídica al proceso de transición energética iniciado en la UE, que tiene por objetivo la descarbonización de la economía para el año 2050 y que será debidamente abordado en epígrafes siguientes.

Ante el reto de una Europa de las energías renovables, surgen numerosos interrogantes en torno a la viabilidad del nuevo sistema energético. Por un lado, aún hoy existen grandes barreras que limitan la implantación de un mercado renovable competitivo, como los elevados precios de la electricidad europea, entre dos y tres veces superior a los de otros competidores Estados Unidos, o la baja competitividad de sus

¹ Steinberg, F. y Urbasos Arbeloa, I., La respuesta transatlántica a la crisis energética europea. *Análisis del Real Instituto El Cano*, 2024, pág. 6. Disponible en: <https://www.realinstitutoelcano.org/analisis/la-respuesta-transatlantica-a-la-crisis-energetica-europea/> Última consulta: 1 de diciembre de 2024.

² Timoner Salvá, T., Las conclusiones de la COP29: compromisos frágiles, avances mínimos y desafíos pendientes. *OIKOS Política y Medioambiente*, 2024, pág. 8. Disponible en: <https://www.oikos.eco/descarga-informe-conclusiones-COP29> Última consulta: 10 de diciembre de 2024.

industrias en comparación con China³. Por otro lado, existen dudas sobre la capacidad de las energías renovables (entendiendo por tal «*la energía procedente de fuentes renovables no fósiles, es decir; energía eólica, energía solar (solar térmica y solar fotovoltaica) y energía geotérmica, energía osmótica, energía ambiente, energía mareomotriz, energía undimotriz y otros tipos de energía oceánica, energía hidroeléctrica, y energía procedente de biomasa, gases de vertedero, gases de plantas de depuración y biogás*⁴»), como medio único para la electrificación del conjunto de la economía europea, especialmente si se atiende a los sectores difíciles de descarbonizar (por su nombre en inglés, *hard-to-abate sectors*), entre los que se puede destacar el transporte pesado y marítimo, la aviación, la industria del hierro y el acero y la industria química y petroquímica⁵.

1.2 Breve aproximación al hidrógeno

El hidrógeno, cuya naturaleza gaseosa fue reconocida por Antoine Lavoisier (1743–1794), es el elemento más abundante en nuestro planeta, representa, aproximadamente, el 90% del universo visible y contiene hasta tres veces más energía que la gasolina por unidad de masa⁶. Además, dado que, como se verá más adelante, el hidrógeno no se encuentra de forma aislada en la naturaleza, sino asociado a otras sustancias, se define como un vector energético, esto es, un “*medio que permite almacenar energía que ha sido producida por fuentes primarias de energía y liberarla cuando y donde se demande*⁷”.

³ Draghi, M., The future of European competitiveness Part A | A competitiveness strategy for Europe, *Informe Draghi*, 2024, págs. 6–8. Disponible en: https://commission.europa.eu/topics/eu-competitiveness/draghi-report_en Última consulta: 13 de noviembre de 2024.

⁴ Artículo 1 Directiva (UE) 2023/2413 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 18 de octubre de 2023, por la que se modifican la Directiva (UE) 2018/2001, el Reglamento (UE) 2018/1999 y la Directiva 98/70/CE en lo que respecta a la promoción de la energía procedente de fuentes renovables y se deroga la Directiva (UE) 2015/652 del Consejo.

⁵ IRENA, Decarbonising hard-to-abate sectors with renewables: Perspectives for the G7, *International Renewable Energy Agency*, 2024, pág. 9. Disponible en: https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2024/Apr/IRENA_G7_Decarbonising_hard_to_abate_sectors_2024.pdf Última consulta: 15 de diciembre de 2024

⁶ Abdin, Z. *et al.*, Hydrogen as an energy vector, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol. 120, 2020. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032119308275> Última consulta: 15 de diciembre de 2024.

⁷ Parrilla, A. y Grau, A., El hidrógeno verde, un acumulador energético para catapultar las renovables, *CSIC*, 2022. Disponible en: <https://www.csic.es/es/actualidad-del-csic/el-hidrogeno-verde-un-acumulador-energetico-para-catapultar-las-renovables> Última consulta: 15 de diciembre de 2024.

Sin embargo, el hidrógeno, que lleva décadas siendo utilizado como vector energético en la industria pesada, no se encuentra como un elemento aislado en la naturaleza, pues normalmente se encuentra asociado a otros átomos como el nitrógeno, el carbono o el oxígeno. Así, la extracción de hidrógeno requiere de diversos procesos a partir de otras sustancias que lo contengan, como el gas natural, el carbón, la energía nuclear o el agua. Así, la llamada colorimetría del hidrógeno clasifica los distintos tipos de hidrógeno según el elemento del que se extraiga y los procesos empleados para su extracción. Así, el hidrógeno puede clasificarse como gris, azul, rosa, turquesa y verde.

El hidrógeno gris es producido a través de combustibles fósiles como el carbón, el gas natural o el metano. Algunos de los métodos empleados para su producción son el reformado de metano con vapor (SMR), el reformado autotérmico o la oxidación parcial⁸. Este es el método tradicional de producción de hidrógeno y supone la liberación a la atmósfera del total de CO₂ producido en el proceso de obtención del hidrógeno.

Por su parte, el hidrógeno azul se produce, al igual que el gris, a través de combustibles fósiles. Su principal diferencia es que la producción se lleva a cabo en plantas de captura de CO₂⁹, por lo que, aparentemente, es una energía mucho más limpia. Sin embargo, su capacidad es limitada, ya que la capacidad de almacenamiento de las plantas de almacenamiento geológico de CO₂ (el medio más común) oscila entre el 50-60%¹⁰.

El hidrógeno rosa se produce a través del agua, por lo que se trata de un tipo de hidrógeno que no libera CO₂. Los procesos más utilizados son la electrólisis nuclear o la disociación termoquímica¹¹. Aunque se trata de procesos que no liberan CO₂, dejan

⁸ Arcos, J. M. M. y Santos, D. M. F., The Hydrogen Color Spectrum: Techno-Economic Analysis of the Available Technologies for Hydrogen Production, *Gases*, Vol. 3, (1), 2023, págs. 25 – 46. Disponible en: <https://www.mdpi.com/2673-5628/3/1/2> Última consulta: 16 de diciembre de 2024.

⁹ Bauer, C. *et al.*, On the climate impacts of blue hydrogen production, *Sustainable energy & fuels*, Vol. 6, Issue 1, 2022, págs. 66 – 75. Disponible en: <https://pubs.rsc.org/en/content/articlelanding/2022/se/d1se01508g> Última consulta: 16 de diciembre de 2024.

¹⁰ Castiblanco-Urrego, O. y Milquez-Sanabria, H. A., Estudio y simulación de un gasificador con captura de CO₂ para la producción de hidrógeno azul partiendo de carbón colombiano, *Revista UIS Ingenierías*, Vol. 20, N°. 4, 2021, págs. 91 – 100. Disponible en: <https://revistas.uis.edu.co/index.php/revistausingenierias/article/view/11993> Última consulta: 16 de diciembre de 2024.

¹¹ Venizelou, V. y Poullikkas, A., Comprehensive overview of recent research and industrial advancements in nuclear hydrogen production, *Energies*, Vol. 17, N°. 12, 2024, págs. 3 – 8. Disponible en: <https://www.mdpi.com/1996-1073/17/12/2836> Última consulta: 17 de diciembre de 2024.

importantes cantidades de residuos nucleares. En este sentido, algunos países como Alemania o España han tenido en cuenta este dato para hacer oposición al uso del hidrógeno rosa como fuente de energía limpia, la Unión Europea lo ha incluido dentro de su Reglamento de Taxonomía a través del apartado 4.27 del Anexo I del Reglamento delegado (UE) 2022/1214 de la Comisión.

Por último, el hidrógeno turquesa se produce a través de la pirolisis del metano. Su ventaja respecto al hidrógeno gris y azul es que el carbono resultante de la separación molecular es sólido, por lo que no es emitido a la atmósfera y puede venderse con posterioridad¹². Sin embargo, al igual que el hidrógeno azul, se trata de un tipo de hidrógeno que genera dependencia del gas natural, por lo que, aunque su extracción sea “limpia”, sigue suponiendo la dependencia de los combustibles fósiles en la industria energética.

1.3 El hidrógeno verde: potencialidades, usos y retos

Siguiendo la clasificación mencionada *ut supra*, se denomina hidrógeno verde a aquel que es obtenido por medio de la electrólisis del agua. Este proceso es llevado a cabo a través de electricidad procedente de fuentes renovables (solar, eólica, etc.), por lo que se trata de una forma de obtención de hidrógeno considerada como neutra en carbono y renovable, a pesar de que en el conjunto de la cadena de valor del hidrógeno el total de emisiones de CO₂ es superior a cero¹³. Así, el potencial del hidrógeno verde reside en su capacidad para permitir la electrificación de los ya mencionados *hard-to-abate sectors*. Y es que la propia naturaleza del hidrógeno lo convierte en una apuesta aparentemente segura: no solo es que su densidad energética es significativamente más elevada que la de otros combustibles tradicionales, sino que además es fácilmente transportable tanto en

¹² Park, D. K. *et al.*, Research on the production of turquoise hydrogen from methane (CH₄) through plasma reaction, *Energies*, Vol. 17, N.º. 2, 2024, pág. 2. Disponible en: <https://www.mdpi.com/1996-1073/17/2/484> Última consulta: 17 de diciembre de 2024.

¹³ Oficina de Ciencia y Tecnología del Congreso de los Diputados, Hidrógeno verde como combustible: claves para su contribución a una economía descarbonizada, *Congreso de los Diputados*, 2022. En línea. Disponible en: https://www.congreso.es/backoffice_doc/prensa/notas_prensa/94235_1668420238765.pdf Última consulta: 17 de diciembre de 2024.

estado gaseoso, como en estado líquido a través de procesos de compresión y licuefacción¹⁴.

Como se mencionaba *ut supra*, el hidrógeno verde es visto como una solución a las dificultades de las fuentes renovables para la electrificación de determinados sectores industriales. Así, la doctrina científica es unánime al reconocer que los principales usos del hidrógeno verde deben ser el almacenamiento de energía eléctrica generada a través de fuentes de energía renovables (proceso *power to gas*) y su transporte a zonas de escasa producción de energías limpias, lo que permitirá tanto la electrificación de los ya mencionados *hard-to-abate sectors* como la creación de un nuevo «mercado del hidrógeno», cuyas dificultades se abordarán más adelante¹⁵. Además, en muchos países, como Canadá o China, se desarrollan ambiciosos proyectos con el objetivo de aplicar el hidrógeno verde para usos domésticos y para la movilidad de vehículos urbanos¹⁶.

Así lo anterior, el hidrógeno verde se erige como un elemento *esencial*¹⁷ de la apuesta europea por la transición a un modelo energético neutro y sostenible. Sin embargo, no son pocos los interrogantes que se plantean sobre la aun incipiente apuesta europea por el hidrógeno verde.

De manera general, se ha de destacar que el principal reto que enfrenta la producción de Hidrógeno verde es el de los elevados costes asociados a su cadena de valor. En concreto, el coste de producción de esta energía depende de cuatro factores: los costes de capital tecnológico, especialmente, de los electrolizadores, el coste nivelado de la electricidad de la energía renovable necesaria para su uso, la disponibilidad de suministros

¹⁴ Ariño Ortiz, G., *La revolución del hidrógeno: nuevo vector del sistema eléctrico*. 1ª Edición. Cizur Menor. Thomson Reuter Aranzadi, 2022, pág. 29.

¹⁵ Bassma, R. et al. (2024). *Green hydrogen as a source of renewable energy: a step towards sustainability, an overview*, Environment, Development and Sustainability, Springer, Vol. 26. Última consulta: 20 de diciembre de 2024.

¹⁶ IRENA, International co-operation to accelerate green hydrogen deployment, *International Renewable Energy Agency*, 2024, pág. 17. Disponible en: https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2024/Apr/IRENA_CF_Green_hydrogen_deployment_2024.pdf Última consulta: 20 de diciembre de 2024.

¹⁷ En la Comunicación de la Comisión al Parlamento Europeo, al Consejo, al Comité Económico y Social Europeo y al Comité de las Regiones, *Una estrategia del Hidrógeno para una Europa climáticamente neutra*, COM (2020) 301 final, de 8 de julio de 2020, la Comisión Europea define el Hidrógeno como «esencial para apoyar el compromiso de la UE de alcanzar la neutralidad en carbono de aquí a 2050 y el esfuerzo mundial por aplicar el Acuerdo de París, mientras se trabaja hacia el objetivo cero en materia de contaminación.»

de agua y el número de horas operativas anuales¹⁸. De todos ellos, preocupan especialmente la dependencia tanto del coste de la electricidad -exacerbadamente alto en la fecha de redacción del presente trabajo-, como de la cantidad de energía renovable disponible, puesto que suponen que el mercado del hidrógeno sea, hoy por hoy, caro e inestable.

Por otra parte, el hidrógeno verde plantea dos dificultades añadidas, más allá de la cuestión de los costes anteriormente mencionada. Así, se debe subrayar que la producción de hidrógeno verde también presenta importantes desafíos desde el punto de vista de la seguridad en su manejo como de su impacto ambiental.

En relación con la seguridad en el manejo del hidrógeno verde, preocupan especialmente su bajo peso molecular, que favorece posibles fugas a lo largo de toda la cadena de valor¹⁹, o su bajo rango de inflamabilidad, que oscila entre un 4 al 75 % (por volumen), lo implica que sea un gas excesivamente inflamable. Sin embargo, el principal riesgo reside en la falta de consenso que existe en la comunidad científica en torno a las propias características del hidrógeno, que dificultan la creación de protocolos adaptados y de sistemas de predicción de posibles incendios y explosiones²⁰.

Por su parte, también el consumo de agua para la producción de hidrógeno verde supone un riesgo ambiental que debe tenerse en cuenta. Sin perjuicio de que esta cuestión se abordará con mayor detalle en el capítulo correspondiente, se puede adelantar que la dependencia del agua para la producción de hidrógeno a través de procesos de electrólisis plantea serios interrogantes. Por un lado, el consumo de agua para la producción de hidrógeno verde oscila entre los 9 y los 22 litros de agua por kilogramo de

¹⁸ De la Cruz-Soto, J., *et al.*, Assessment of levelized costs for green hydrogen production for the national refineries system in Mexico, *International Journal of Hydrogen Energy*, 2024, págs. 5–7. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360319924011686?via%3Dihub> última consulta: 7 de enero de 2025.

¹⁹ Klingl, S. *et al.*, Renewable Hydrogen Project Risks: categorizing, assessing and mitigating risks along the hydrogen value chain, *Global Alliance Powerfuels*, 2024, págs. 11–12. Disponible en: https://www.efuel-alliance.eu/fileadmin/Downloads/Global_Alliance_Powerfuels_Renewable_Hydrogen_Project_Risks_final.pdf Última consulta: 7 de enero de 2025.

²⁰ Ayi, C. *et al.*, Is hydrogen ignition data from literature practically observed?, *International Journal of Hydrogen Energy*, Vol. 89, 2024, pág. 755. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360319924039788> Última consulta: 7 de enero de 2025.

hidrógeno²¹, esta cifra es inferior a la de los combustibles fósiles, por lo que para un amplio sector de la doctrina científica el hidrógeno verde tiene el potencial de reducir la huella hídrica del sector energético a nivel global²². Sin embargo, los propios efectos derivados del cambio climático (altas temperaturas, escasez de agua, etc.) suponen un riesgo adicional que puede afectar a la disponibilidad y calidad del agua, comprometiendo así la viabilidad de los proyectos de producción de hidrógeno verde en zonas sensibles²³ y, consecuentemente, la seguridad del suministro. Por otra parte, aunque en general la huella hídrica del hidrógeno verde no es elevada, no es menos cierto que la implantación de proyectos de hidrógeno verde en regiones áridas puede suponer un grave riesgo ambiental pues tampoco la desalinización del agua salada parece ser una opción viable, habida cuenta del efecto acidificante que puede tener la salmuera generada en dichos procesos sobre los ecosistemas marinos²⁴.

CAPÍTULO II: MARCO JURÍDICO ACTUAL DEL HIDRÓGENO VERDE

2.1 El hidrógeno verde en la UE

El primer precedente de la regulación del hidrógeno verde en el ámbito comunitario es la Directiva (UE) 2018/2001 que en su exposición de motivos establece que, con el propósito de ampliar el sistema de garantías de origen, se refiere a «*otros gases renovables como el hidrógeno*» (Párr. 59). Así, en su artículo 7.1 se incluye por primera vez el hidrógeno «*para el cálculo de la cuota de consumo final bruto de energía procedente de fuentes renovables*».

²¹ IRENA y Bluerisk, Water for hydrogen production, *International Renewable Energy Agency*, 2023, pág. 32. Disponible en: https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2023/Dec/IRENA_Bluerisk_Water_for_hydrogen_production_2023.pdf Última consulta: 18 de enero de 2025.

²² Olaitan, D., *et al.*, The Water Footprint of Hydrogen Production, *Science of the Total Environment*, Vol. 927, 2024, pág. 8. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969724025300> Última consulta: 18 de enero de 2025.

²³ Ellersdorfer, P., *et al.*, The Hydrogen-Water Collision: Assessing Water and Cooling Demands for Large-Scale Green Hydrogen Production, *International Journal of Hydrogen Energy*, Vol. 97, 2024, págs. 12–15. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360319924050778> Última consulta: 18 de enero de 2025.

²⁴ Dagnachew, A.G., y Solf, S., The Green Hydrogen Dilemma: the risks, trade-offs, and co-benefits of a green hydrogen economy in low- and middle-income countries, *PBL Netherlands Environmental Assessment Agency*, 2024, págs. 13–17. Disponible en: https://www.pbl.nl/system/files/document/2024-07/pbl-2024-the-green-hydrogen-dilemma_5534.pdf Última consulta: 18 de enero de 2025.

Posteriormente, en el año 2019, la Comisión Europea publica el llamado «Pacto Verde Europeo»²⁵ (por su nombre en inglés, *Green Deal*), en el cual se establece que, en relación con el acceso a los recursos, el hidrógeno verde forma parte de las «áreas prioritarias».

En el marco del mencionado Pacto Verde Europeo, la UE vuelve a ratificar su compromiso con el hidrógeno verde en el año 2020 con la publicación de la llamada «Estrategia Europea del Hidrógeno». En ella, no solo se resalta el potencial del hidrógeno verde para garantizar la descarbonización y el cumplimiento del Acuerdo de París, sino que se establece como una «prioridad política» el establecimiento de un «marco regulador de un mercado de hidrógeno líquido y operativo»²⁶. Así, se establecen una serie de objetivos que, tal y como sintetiza LÓPEZ-IBOR, constan de tres fases. En primer lugar, una fase que exige la instalación de un mínimo de 6 gigavatios de electrolizadores a lo largo de toda la UE y la producción de un millón de toneladas de hidrógeno verde (2020 – 2024). En segundo lugar, una fase intermedia que exige alcanzar al menos los 40 gigavatios de electrolizadores a lo largo de toda la UE y la producción de diez millones de toneladas de hidrógeno verde (2025 – 2030) y, en tercer lugar, una fase (2030 – 2050) de producción de hidrógeno verde a gran escala que permita la descarbonización de los sectores *hard-to-abate*²⁷.

Sin embargo, como ya se avanzaba en la introducción de este trabajo, en el año 2022, la invasión rusa de Ucrania sumó a la necesidad de enfrentar la crisis climática la de poner fin a la dependencia de la UE respecto de los combustibles rusos. Así, la Comisión Europea publicó el llamado «Plan *REPowerEU*»²⁸, que se centra en potenciar la industria del hidrógeno verde en la UE. Así, por una parte, fija el objetivo de producción de 10 millones de toneladas de hidrógeno verde a nivel nacional, así como de importación de otros 10 millones de toneladas antes del año 2030. Por otra parte, hace referencia a la

²⁵ Comunicación de la Comisión al Parlamento Europeo, al Consejo Europeo, al Consejo, al Comité Económico y Social Europeo y al Comité de las Regiones, *El Pacto Verde Europeo*, COM (2019) 640 final, de 11 de diciembre de 2019.

²⁶ Comunicación de la Comisión al Parlamento Europeo, al Consejo Europeo, al Consejo, al Comité Económico y Social Europeo y al Comité de las Regiones, *Una estrategia del hidrógeno para una Europa climáticamente neutra*, COM (2020) 301 final, de 8 de julio de 2020, pág. 7.

²⁷ López-Ibor Mayor, V., *Introducción al Derecho Europeo de la Energía*. 1ª Edición. Cizur Menor. Aranzadi, 2024, págs. 148–149.

²⁸ Comunicación de la Comisión al Parlamento Europeo, al Consejo Europeo, al Consejo, al Comité Económico y Social Europeo y al Comité de las Regiones, *Plan REPowerEU*, COM (2022) 230 final, de 18 de mayo de 2022.

necesidad de fijar subobjetivos específicos para los RFNBOs y de reforzar el marco regulatorio con la publicación de dos actos delegados sobre la definición y producción de hidrógeno verde, incluyendo éste dentro de los planes nacionales financiados por el MRR.

Como se mencionaba *ut supra*, en el año 2023 la Comisión Europea publicó dos reglamentos delegados llamados a sentar las bases del *mercado del hidrógeno verde* en la UE. El primero de ellos, aporta una definición de *electricidad totalmente renovable*, que permite considerar el hidrógeno verde como fuente de electricidad renovable y establece, en sus artículos 5, 6 y 7, los principios de adicionalidad, correlación temporal y correlación geográfica como requisitos generales para contabilizar la electricidad producida como *totalmente renovable*²⁹. El segundo dispone la regla de cálculo de la reducción de gases de efecto invernadero lograda por el uso de RFNBOs y combustibles de carbono reciclado³⁰.

2.2 El Hidrógeno verde en España

A falta de disposición de la Directiva (UE) 2024/1788, existen grandes interrogantes en torno a la regulación de ciertas materias delegadas a los Estados miembros, señaladamente, de las preocupantes cuestiones de seguridad asociadas a toda la cadena de valor del hidrógeno verde.

CAPÍTULO III: PROBLEMAS JURÍDICOS ASOCIADOS AL MARCO REGULATORIO ACTUAL

3.1 Consideraciones generales

La primera crítica que se ha de hacer al marco regulatorio actual es su fragmentariedad, que dificulta significativamente la correcta comprensión del régimen jurídico actual para los principales operadores jurídicos. En este sentido, resultaría deseable una unificación legislativa, acompañada de la definición de determinados

²⁹ Reglamento Delegado (UE) 2023/1184 de la Comisión de 10 de febrero de 2023 por el que se completa la Directiva (UE) 2018/2001 del Parlamento Europeo y del Consejo estableciendo una metodología común de la Unión en la que se definen normas detalladas para la producción de carburantes líquidos y gaseosos renovables de origen no biológico.

³⁰ Reglamento Delegado (UE) 2023/1185 de la Comisión de 10 de febrero de 2023 que completa la Directiva (UE) 2018/2001 del Parlamento Europeo y del Consejo estableciendo un umbral mínimo para la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero aplicable a los combustibles de carbono reciclado y especificando una metodología para evaluar la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero derivada de los carburantes líquidos y gaseosos renovables de origen no biológico y de los combustibles de carbono reciclado.

conceptos clave, escasamente definidos en el marco jurídico actual, en aras a dinamizar la regulación actual. En concreto, sería deseable una definición jurídica concreta y unificada de qué se entiende por hidrógeno verde o renovable, más allá de la actual definición basada en la regla de cálculo del ahorro de emisiones GEI³¹, pues no concreta ningún requisito adicional en relación con los distintos métodos de producción de hidrógeno verde que pueden tener un impacto medioambiental significativo al margen de las emisiones GEI, como se abordará detalladamente en el tercer epígrafe del presente capítulo.

Por otra parte, no es ocioso destacar que gran parte de la actual regulación del hidrógeno verde se ha llevado a cabo a través de directivas, figura normativa que, habida cuenta de su naturaleza jurídica y contenido específico, supone un amplio margen de discrecionalidad que plantea grandes divergencias en el desarrollo de la estrategia de hidrógeno entre los distintos Estados miembros: una Europa de distintas velocidades. Así, por ejemplo, en el marco regulatorio actual se delega a los Estados miembros las cuestiones relativas a la seguridad de la cadena de valor del hidrógeno, lo que se contrapone en gran medida con la idea de crear un mercado interior del hidrógeno. Y es que no resulta compatible con esa idea de mercado interior la adaptación de los actuales gasoductos (de alcance transnacional) a la volatilidad del hidrógeno y su potencial riesgo de fugas en base a distintos estándares de seguridad según el Estado miembro en que se produzca la fuga. En este orden de cosas, resultaría coherente con la actual promoción de un mercado europeo del hidrógeno la creación de un órgano europeo de supervisión, pues ello permitiría limitar la discrecionalidad y garantizaría una unicidad de criterio, que resulta especialmente necesaria si se atiende al estado incipiente en que aún se encuentra el desarrollo económico (e incluso científico) del hidrógeno verde en el seno de la UE. Esto cobra especial relevancia si se tiene en cuenta que, a nivel nacional, algunos Estados miembros carecen de órganos de supervisión específicos para mercados como el de la energía. En España, a fecha de redacción del presente trabajo, el Proyecto de Ley de restablecimiento de la Comisión Nacional de Energía³² sigue en fase de tramitación parlamentaria.

³¹ *Reglamento Delegado (UE) 2023/1185...*, *op. cit.*, 2023, Anexo.

³² Departamento de documentación del Congreso de los diputados, Proyecto de Ley de restablecimiento de la Comisión Nacional de la Energía, A.A.I. [121/000035], Documento de trabajo preparado para la Comisión de Transición Ecológica y Reto Demográfico, *Congreso de los Diputados*, 2024. Disponible en:

3.2 Escasez de incentivos a la producción de hidrógeno verde

El mercado del hidrógeno verde depende directamente de la disponibilidad de energía procedente de fuentes renovables, lo que hace al mercado del hidrógeno especialmente vulnerable y plantea serias dudas sobre la posibilidad de garantizar la seguridad del suministro. En este sentido, resulta cuestionable la oportunidad de la imposición de requisitos como los de adicionalidad, correlación temporal y correlación geográfica³³ pues, si bien fuerza la inversión en nuevos proyectos renovables, suponen un auténtico filtro para el aprovechamiento del total de hidrógeno verde disponible en el seno de la UE.

A lo anterior se ha de añadir el elevado precio de la electricidad en Europa (entre dos y tres veces superior al de Estados Unidos y China). A pesar de la propuesta de la Comisión Europea, no se han llevado a cabo medidas para regular el desbocado coste de la electricidad, lo que encarece aún más la producción del hidrógeno. Por esta cuestión, amén del estado embrionario en que se encuentra el mencionado mercado del hidrógeno verde, existe un elevado riesgo para la figura del primer inversor que supone un importante freno a su producción, pues las ayudas europeas, señaladamente los llamados fondos «Next Generation», no parecen ser una opción sostenible siquiera a medio plazo para mantener un mercado del hidrógeno dinámico y rentable para los inversores.

Por último, se ha de añadir que la fiscalidad de algunos Estados miembros (señaladamente, España), supone una amenaza a la inversión en proyectos de producción de hidrógeno verde, que no solo enfrentan el ya mencionado riesgo del primer inversor por la actual falta de demanda, sino importantes costes de adaptación de gasoductos preexistentes a la elevada volatilidad del hidrógeno. En este sentido, se ha de señalar que los costes asociados a los medios de seguridad necesarios a lo largo de toda la cadena de valor del hidrógeno ni siquiera son una variable que se pueda analizar actualmente, pues dependen de la transposición, por parte de los Estados miembros, de la ya mencionada Directiva (UE) 2024/1788.

3.3 Impacto ambiental de la producción de hidrógeno verde

Habida cuenta del consenso científico, es innegable que el hidrógeno verde *per se* es la alternativa más cercana al objetivo de descarbonización de la economía y la industria

https://www.congreso.es/docu/docum/ddocum/dosieres/sleg/legislatura_15/spl_28/pdfs/1.pdf
Consulta: 30 de enero de 2025.

Última

³³ *Reglamento Delegado (UE) 2023/1184...*, op. cit., 2023, arts. 5–7.

europas. Sin embargo, ello no quiere decir, como en no pocas ocasiones se pretende, que estemos ante una energía completamente limpia. Antes al contrario, los procesos de instalación de plantas de producción de hidrógeno no son neutros en carbono, pues requieren la afectación de terrenos preexistentes, desviación de cauces de ríos, generación de residuos, etc. Sin embargo, a medida que avanzan las políticas de fomento de producción de energías renovables, se aminoran los requisitos de evaluación de impacto ambiental, por lo que resulta complejo evaluar el impacto real de dichas explotaciones. En este sentido, es de obligada crítica la total ausencia de requisitos ambientales asociados a toda la cadena de valor del hidrógeno en el marco jurídico actual.

Por otra parte, la producción de hidrógeno verde es completamente dependiente de la disponibilidad de agua dulce. Aunque la cantidad de agua empleado de media en una planta de producción de hidrógeno verde no parece ser mayor a la requerida en otras plantas de producción de energía a través de combustibles fósiles, lo cierto es que el agua empleada en procesos de electrólisis para la extracción no tiene retorno ni reutilización posible. En este sentido, resulta razonable pensar en la huella hídrica derivada de la creación masiva de proyectos de producción de hidrógeno verde. Aunque la ciencia no ha abordado directamente esta cuestión como una amenaza ambiental, no es menos cierto que la implementación de proyectos de producción de hidrógeno verde en zonas tensionadas en cuanto a su disponibilidad hidrológica acelera significativamente los procesos de sequía. Teniendo en cuenta que algunos Estados miembros, como España (que parece estar llamada a ser el *hub* del hidrógeno), tienen regiones que enfrentan serios problemas de escasez de agua debidos, entre otras razones, a procesos de desertificación, resulta más que urgente una regulación que excluya la posibilidad de implementar plantas de producción de hidrógeno verde en dichas zonas tensionadas.

Como solución a lo anterior, se plantea la posibilidad de emplear agua salada, previamente sometida a procesos de desalinización, para los procesos de hidrólisis. El problema es que, amén de los elevados costes de tales procedimientos, la desalinización implica la generación de grandes cantidades de salmueras que también tienen un impacto ambiental significativo que, a día de hoy, no está siquiera contemplado jurídicamente.

CONCLUSIONES

BIBLIOGRAFÍA

LEGISLACIÓN CONSULTADA

- Comunicación de la Comisión al Parlamento Europeo, al Consejo Europeo, al Consejo, al Comité Económico y Social Europeo y al Comité de las Regiones, *Plan REPowerEU*, COM (2022) 230 final, de 18 de mayo de 2022
- Comunicación de la Comisión al Parlamento Europeo, al Consejo, al Comité Económico y Social Europeo y al Comité de las Regiones, *Una estrategia del Hidrógeno para una Europa climáticamente neutra*, COM (2020) 301 final, de 8 de julio de 2020
- Comunicación de la Comisión al Parlamento Europeo, al Consejo Europeo, al Consejo, al Comité Económico y Social Europeo y al Comité de las Regiones, *El Pacto Verde Europeo*, COM (2019) 640 final, de 11 de diciembre de 2019
- Directiva (UE) 2023/2413 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 18 de octubre de 2023, por la que se modifican la Directiva (UE) 2018/2001, el Reglamento (UE) 2018/1999 y la Directiva 98/70/CE en lo que respecta a la promoción de la energía procedente de fuentes renovables y se deroga la Directiva (UE) 2015/652 del Consejo
- Directiva (UE) 2018/2001 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 11 de diciembre de 2018, relativa al fomento del uso de energía procedente de fuentes renovables
- Reglamento Delegado (UE) 2023/1184 de la Comisión de 10 de febrero de 2023 por el que se completa la Directiva (UE) 2018/2001 del Parlamento Europeo y del Consejo estableciendo una metodología común de la Unión en la que se definan normas detalladas para la producción de carburantes líquidos y gaseosos renovables de origen no biológico
- Reglamento Delegado (UE) 2023/1185 de la Comisión de 10 de febrero de 2023 que completa la Directiva (UE) 2018/2001 del Parlamento Europeo y del Consejo estableciendo un umbral mínimo para la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero aplicable a los combustibles de carbono reciclado y especificando una metodología para evaluar la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero

derivada de los carburantes líquidos y gaseosos renovables de origen no biológico y de los combustibles de carbono reciclado

JURISPRUDENCIA

ARTÍCULOS DOCTRINALES

Abdin, Z. *et al.*, Hydrogen as an energy vector, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol. 120, 2020. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032119308275>

Arcos, J. M. M. y Santos, D. M. F., The Hydrogen Color Spectrum: Techno-Economic Analysis of the Available Technologies for Hydrogen Production, *Gases*, Vol. 3, (1), 2023. Disponible en: <https://www.mdpi.com/2673-5628/3/1/2>

Ayi, C. *et al.*, Is hydrogen ignition data from literature practically observed?, *International Journal of Hydrogen Energy*, Vol. 89, 2024. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360319924039788> Última consulta: 7 de enero de 2025

Bassma, R. *et al.* (2024). *Green hydrogen as a source of renewable energy: a step towards sustainability, an overview*, Environment, Development and Sustainability, Springer, Vol. 26.

Bauer, C. *et al.*, On the climate impacts of blue hydrogen production, *Sustainable energy & fuels*, Vol. 6, Issue 1, 2022. Disponible en: <https://pubs.rsc.org/en/content/articlelanding/2022/se/d1se01508g>

Castiblanco-Urrego, O. y Milquez-Sanabria, H. A., Estudio y simulación de un gasificador con captura de CO₂ para la producción de hidrógeno azul partiendo de carbón colombiano, *Revista UIS Ingenierías*, Vol. 20, N°. 4, 2021. Disponible en: <https://revistas.uis.edu.co/index.php/revistauisingenierias/article/view/11993>

Dagnachew, A.G., y Solf, S., The Green Hydrogen Dilemma: the risks, trade-offs, and co-benefits of a green hydrogen economy in low- and middle-income countries, *PBL Netherlands Environmental Assessment Agency*, 2024. Disponible en: https://www.pbl.nl/system/files/document/2024-07/pbl-2024-the-green-hydrogen-dilemma_5534.pdf

De la Cruz-Soto, J., *et al.*, Assessment of levelized costs for green hydrogen production for the national refineries system in Mexico, *International Journal of Hydrogen Energy*, 2024. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360319924011686?via%3Dihub>

Ellersdorfer, P., *et al.*, The Hydrogen-Water Collision: Assessing Water and Cooling Demands for Large-Scale Green Hydrogen Production, *International Journal of Hydrogen Energy*, Vol. 97, 2024. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360319924050778>

Klingl, S. *et al.*, Renewable Hydrogen Project Risks: categorizing, assessing and mitigating risks along the hydrogen value chain, *Global Alliance Powerfuels*, 2024. Disponible en: https://www.efuel-alliance.eu/fileadmin/Downloads/Global_Alliance_Powerfuels_Renewable_Hydrogen_Project_Risks_final.pdf

Olaitan, D., *et al.*, The Water Footprint of Hydrogen Production, *Science of the Total Environment*, Vol. 927, 2024. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969724025300>

Park, D. K. *et al.*, Research on the production of turquoise hydrogen from methane (CH₄) through plasma reaction, *Energies*, Vol. 17, N^o. 2, 2024, pág. 2. Disponible en: <https://www.mdpi.com/1996-1073/17/2/484>

Steinberg, F. y Urbasos Arbeloa, I., La respuesta transatlántica a la crisis energética europea. *Análisis del Real Instituto Elcano*, 2024. Disponible en: <https://www.realinstitutoelcano.org/analisis/la-respuesta-transatlantica-a-la-crisis-energetica-europea/>

Timoner Salvá, T., Las conclusiones de la COP29: compromisos frágiles, avances mínimos y desafíos pendientes. *OIKOS Política y Medioambiente*, 2024. Disponible en: <https://www.oikos.eco/descarga-informe-conclusiones-COP29>

Venizelou, V. y Poullikkas, A., Comprehensive overview of recent research and industrial advancements in nuclear hydrogen production, *Energies*, Vol. 17, N^o. 12, 2024. Disponible en: <https://www.mdpi.com/1996-1073/17/12/2836>

LIBROS

Ariño Ortiz, G., *La revolución del hidrógeno: nuevo vector del sistema eléctrico*. 1ª Edición. Cizur Menor. Thomson Reuter Aranzadi, 2022.

López-Ibor Mayor, V., *Introducción al Derecho Europeo de la Energía*. 1ª Edición. Cizur Menor. Aranzadi, 2024.

RECURSOS DE INTERNET:

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

OTRAS FUENTES

Departamento de documentación del Congreso de los diputados, Proyecto de Ley de restablecimiento de la Comisión Nacional de la Energía, A.A.I. [121/000035], Documento de trabajo preparado para la Comisión de Transición Ecológica y Reto Demográfico, *Congreso de los Diputados*, 2024. Disponible en: https://www.congreso.es/docu/docum/ddocum/dosieres/sleg/legislatura_15/spl_28/pdfs/1.pdf

Draghi, M., The future of European competitiveness Part A | A competitiveness strategy for Europe, *Informe Draghi*, 2024. Disponible en: https://commission.europa.eu/topics/eu-competitiveness/draghi-report_en

IRENA, Decarbonising hard-to-abate sectors with renewables: Perspectives for the G7, *International Renewable Energy Agency*, 2024. Disponible en: https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2024/Apr/IRENA_G7_Decarbonising_hard_to_abate_sectors_2024.pdf

IRENA, International co-operation to accelerate green hydrogen deployment, *International Renewable Energy Agency*, 2024. Disponible en: https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2024/Apr/IRENA_CF_Green_hydrogen_deployment_2024.pdf

IRENA y Bluerisk, Water for hydrogen production, *International Renewable Energy Agency*, 2023. Disponible en: https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2023/Dec/IRENA_Bluerisk_Water_for_hydrogen_production_2023.pdf

Oficina de Ciencia y Tecnología del Congreso de los Diputados, Hidrógeno verde como combustible: claves para su contribución a una economía descarbonizada, *Congreso de los Diputados*, 2022. Disponible en: https://www.congreso.es/backoffice_doc/prensa/notas_prensa/94235_1668420238765.pdf