

IMPLICANCIAS DE LA DESFOSILIZACIÓN: HIDRÓGENO VERDE Y SUS DERIVADOS EN URUGUAY

Noelia Medina Alfaro*

RESUMEN

El presente trabajo aborda los principales aspectos y resultados de las transiciones energéticas que ha recorrido Uruguay, así como sus características e implicancias en términos ambientales, económicos y sociales. Ahonda sobre el rol que jugarán el hidrógeno verde y sus derivados para el país en términos de relaciones comerciales bilaterales. Se analiza el resultante mapa de flujos energéticos desde un punto de vista geopolítico. Hace especial énfasis en las oportunidades que conllevará el desarrollo de esta nueva industria. Se concluye que, si bien existen desafíos a nivel nacional e internacional, el desarrollo de estos proyectos en Uruguay representa una enorme oportunidad de dar un salto de crecimiento y contribuir a las metas de desfossilización globales.

Palabras clave: transición energética, hidrógeno verde, descarbonización, energías renovables, geopolítica de la energía.

ABSTRACT

This paper explores the key aspects and outcomes in the process of Uruguay's energy transitions, as well as its environmental, economic, and social impacts and features. It also addresses the expected role of green hydrogen and its derivatives in terms of the country's bilateral trade relations. The mapping of energy flows is also explored from a geopolitical point of view. Special emphasis is made on the opportunities that the development of this new industry represents for Uruguay. The paper concludes that, despite the challenges at both national and international level, the development of these kinds of projects offers Uruguay a great opportunity to take a leap in growth and to contribute with global defossilization objectives.

*Economista especializada en transición energética, hidrógeno verde y finanzas sostenibles. Entrenadora certificada por el International Power to X Hub de Alemania. Docente de la cátedra de Economía del CALEN y de la Universidad de Montevideo. Co-coordinadora de los aspectos regulatorios de la hoja de ruta de hidrógeno verde por la Dirección de Energía. Cuenta con 12 años de experiencia en el sector energético. Correo electrónico: noemedinalf@gmail.com

Keywords: energy transition, green hydrogen, decarbonization, renewable energies, geopolitics of energy.

Introducción

Las investigaciones realizadas por el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) han arrojado resultados contundentes respecto a las causas del mismo. De hecho, afirman que los aumentos observados en las concentraciones de gases de efecto invernadero (GEI) a partir del año 1750 han sido causados por las actividades humanas. Asimismo, señalan que desde 2011 la acumulación de gases ha continuado aumentando en la atmósfera, alcanzando promedios anuales de 410 partes por millón (ppm) de dióxido de carbono (CO₂), 1866 partes por billón (ppb) para el metano (CH₄), y 332 ppb para el óxido nitroso (N₂O) en 2019 (IPCC, 2021). Este fenómeno estaría contribuyendo a explicar la variabilidad climática y los eventos naturales extremos, que se han vuelto cada vez más frecuentes en los últimos años y están generando consecuencias sociales y económicas de gran magnitud global. Con el objetivo de contrarrestar esta situación y reducir las emisiones de GEI, diferentes países se han planteado compromisos y metas, tanto a nivel nacional como internacional. El Acuerdo de París, al cual Uruguay adhirió, estableció la meta de no superar un aumento de la temperatura global del planeta a valores superiores a los 2 °C al año 2050 respecto a la temperatura preindustrial. Preferiblemente, ubicarse en un aumento inferior a los 1,5 °C en dicho año (United Nations Framework Convention on Climate Change, 2015).

El sector energético es uno de los principales responsables de la emisión de gases de efecto invernadero a nivel mundial, con una participación del orden del 80% en las mismas (World Resources Institute, 2021). Por este motivo, muchos países han comenzado a generar transiciones energéticas que contribuyan a lograr las metas trazadas para descarbonizar este sector. En esta línea, Uruguay recorrió exitosamente una primera transición energética en el marco de la Política Energética 2005-2030 la cual cobró naturaleza de política de Estado, ya que todos los partidos políticos con representación parlamentaria de entonces la ratificaron (Eficiencia Energética, 2010). Entre los resultados más notables se puede destacar el contar a la fecha con una matriz eléctrica con una participación de energías renovables que promedialmente supera el 90% (Balance Energético Nacional Uruguay [BEN], 2023). Esto ubica al país en el segundo lugar a nivel mundial en participación de energías renovables variables en la generación eléctrica (REN21, 2021).

Asimismo, la participación de fuentes limpias en la matriz de suministro energético total descendió de 61% en 2012 a menos de 44% en el año 2022 (BEN, 2023). El consumo remanente de combustibles fósiles se encuentra principalmente en los sectores de transporte y en la industria. En este punto es importante señalar la diferencia entre los conceptos de descarbonización y desfosilización. El primero se trata del proceso de reducir el contenido de carbono de la economía, fundamentalmente la reducción de las emisiones de dióxido de carbono (CO₂). La generación de energía y el transporte liviano, pueden descarbonizarse casi por completo a través de la instalación de energías renovables en el primer caso y la electromovilidad con base en fuentes renovables en el segundo. Sin embargo, para otras actividades, como ser el transporte pesado y de largas distancias, algunas aplicaciones industriales, entre otras, se requieren esfuerzos adicionales con el fin de eliminar el uso de combustibles fósiles.

Para esas últimas es posible recurrir a las tecnologías denominadas *Power to X* (P2X)¹. Estas permiten convertir energía eléctrica en productos, gases u otros vectores con el fin de prescindir de combustibles fósiles en segmentos donde la electrificación directa no lo permite. En estos casos no hablamos de descarbonización, sino que de desfosilización, ya que se estaría reduciendo la dependencia de los recursos fósiles utilizando fuentes de carbono, en la síntesis de productos renovables. La desfosilización jugará un papel central en esta segunda transición energética en Uruguay. Dentro de esta conceptualización podemos ubicar al hidrógeno verde, para cuyo desarrollo, el país ha establecido una hoja de ruta sobre la cual ahondaremos más adelante en este documento (MIEM, 2023). Es objetivo de este trabajo analizar los impactos de las acciones que se han trazado con el fin de promover la desfosilización del sistema energético uruguayo, a diferentes niveles: social, económico y geopolítico, entre otros.

Primera Transición Energética: El camino hacia un país renovable

Uruguay no cuenta con reservas probadas de recursos fósiles, es así como todo el consumo de combustibles debe satisfacerlo mediante importaciones de petróleo crudo para ser refinado, derivados del mismo y un pequeño volumen de gas natural proveniente de Argentina vía gasoducto. Esta situación coloca al país en una posición de vulnerabilidad ante las fluctuaciones

¹ *Power to X* (P2X)¹ es un término utilizado para describir las tecnologías que permiten convertir energía eléctrica en líquidos, combustibles, gases y/u otros vectores energéticos.

de precios de estos productos, así como a la discrecionalidad de los mercados exportadores respecto a las condiciones comerciales. Previo a la introducción de las energías renovables, el problema se veía agravado, ya que el sector eléctrico dependía de la generación térmica a partir de combustibles fósiles. Principalmente cuando las condiciones climáticas causaban una merma en la producción de energía hidroeléctrica proveniente de las cuatro centrales existentes: Salto Grande, Constitución (Palmar), Baygorria y Gabriel Terra (Rincón del Bonete). En un intento de reducir esta dependencia y los costos asociados para el país, surge la Política Energética 2005-2030 (Eficiencia Energética, 2010). La misma fue ratificada por todos los partidos políticos con representación parlamentaria de ese momento para convertirse en política de Estado. Los ejes planteados apuntaron principalmente a la introducción de fuentes renovables, la diversificación de fuentes de generación y suministro, así como concretar acciones en pos de la eficiencia energética. De este modo se inició la “primera transición” la cual ha tenido resultados de gran relevancia a todos los niveles. Se puede señalar entre ellos, la alta penetración de las energías renovables en sustitución de fuentes fósiles, lo cual ubica al país en un lugar de referencia a nivel mundial en esta área. Como fuera mencionado Uruguay es el segundo país en el mundo con mayor participación de energías renovables variables (solar y eólica) en su generación eléctrica (REN21, 2021). Además, es líder junto con Dinamarca, Irlanda y Portugal en producción de energía eólica (Uruguay XXI, 2019) y el territorio hoy cuenta con una tasa de electrificación del 99,9 % (Presidencia de la República Oriental del Uruguay, 2020).

Segunda Transición Energética: Implicancias geopolíticas de la desfosilización

El país se encuentra recorriendo una “segunda transición energética”, donde el objetivo es, como fuera explicado antes, desfosilizar aquellos sectores de difícil mitigación y cuya electrificación directa es inviable. Particularmente el transporte pesado y de largas distancias (en este caso, debido a la pérdida de eficiencia en la carga) y la industria. En este sentido, las acciones que se están desarrollando a nivel nacional promueven como ejes principales la eficiencia energética, la electromovilidad y el hidrógeno verde. En el año 2022 se puso en consulta pública la hoja de ruta para el desarrollo de este último. La misma, tras un proceso de revisión e incorporación de aportes de la comunidad, culminó en la publicación de la “Hoja de ruta del hidrógeno verde y derivados en Uruguay” en noviembre de 2023 (MIEM, 2023). Este documento se centra en describir la potencialidad del país para la elaboración de este producto a partir de

electrólisis empleando energías renovables, con lo cual, se puede denominar al producto obtenido como verde o renovable. Dicho proceso utiliza el agua como materia prima y permite separarla en sus moléculas de hidrógeno y oxígeno. Cabe destacar que los colores aplicados en la jerga nombra responden al método de producción desarrollado. Se pueden señalar, entre otros, al hidrógeno negro, como aquel producido con carbón como materia prima; al gris, elaborado con base en el gas natural, al azul, que resulta del anterior cuando es sometido a un proceso de captura de carbono. Adicionalmente, el rosado es aquel producido a partir de energía nuclear y el blanco el que se encuentra disponible de forma natural en yacimientos subterráneos.

En el caso uruguayo se han identificado condiciones favorables para el desarrollo de hidrógeno verde, y en particular sus derivados carbonados. Esto se debe a la alta disponibilidad de dióxido de carbono de origen biológico proveniente, en su mayor parte, de las industriales forestales y la de biocombustibles. Este elemento resulta clave para la síntesis de derivados como ser el metanol, los combustibles sintéticos con miras a su consumo en el transporte terrestre, marítimo y en la aviación; también para producir fertilizantes renovables, entre otros.

Cabe destacar que estudios preliminares desarrollados indican que los volúmenes de agua requeridos para cumplir con los objetivos de la hoja de ruta no estarán afectando la sostenibilidad de nuestras cuencas. De acuerdo a información publicada por el MIEM la demanda total potencial de agua de acuerdo a la hoja de ruta a 2040 sería un 1 % de la habilitada para uso de riego en el sector agropecuario, y un 6 % de la destinada a consumo industrial en el año 2022 (MIEM, 2024).

Se plantean tres fases de escalamiento del mercado de hidrógeno y derivados en Uruguay, definiendo una ambición hacia el año 2040. En dicho periodo se plantea la instalación de 18 GW de energías renovables, solar y eólica, y 9 GW de electrólisis, para la elaboración de un millón de toneladas anuales de producto. Gran parte de dicha producción se destinará a las exportaciones. De este modo el país estaría desfosilizando su demanda interna, así como también contribuyendo a la sustitución de consumo fósil a nivel global. Se podrían alcanzar costos nivelados ubicados entre 1,2 y 1,4 USD/Kg para el hidrógeno verde a 2040, lo cual lo posicionaría internacionalmente como exportador neto. Por otra parte, el estudio *“Techno-economic analysis for off-*

grid green hydrogen production in Uruguay”² estimó un costo nivelado de 3,5 USD/Kg para el año 2022 (Ibagón, Muñoz, Díaz, Teliz y Correa, 2023). Los autores esperan una reducción en los próximos años cuando se alcance una mayor madurez de la tecnología de electrolizadores, los sistemas de almacenamiento de hidrógeno y la generación renovable reduzcan, hasta alcanzar un costo de 2,3 USD/Kg en 2030.

Se visualizan impactos significativos para el país como consecuencia del desarrollo de esta nueva industria, entre ellos la creación de treinta mil puestos de trabajo, inversiones en el monto de 18 MUSD y la reducción de emisiones en 6 MtonCO₂ (MIEM, 2023).

Hoy en día en Uruguay hay 5,3 GW de potencia instalada para producción de electricidad, de los cuales 4,1 GW responden a energías renovables, repartidos en 1,54 GW de hidroeléctrica, 1,52 GW de eólica, 731 MW de biomasa y 301 MW de solar (BEN, 2023).

Es decir que la hoja de ruta está previendo un aumento a más del triple de la capacidad total actual instalada de electricidad y multiplicar en más de cuatro veces la de energías renovables en 15 años.

En el año 2022 se demandaron 95 millones de toneladas de hidrógeno a nivel mundial (IEA, 2023), en su mayoría proveniente de origen fósil. Este volumen muestra un aumento de casi el 3% respecto al año anterior, observándose un fuerte crecimiento en todas las principales regiones consumidoras, excepto en Europa, que sufrió un golpe en la actividad industrial debido al fuerte aumento de los precios del gas natural. Esta coyuntura estaría frenando los resultados de los esfuerzos políticos y económicos de dicho continente en pos de la desfosilización. Los principales consumidores a la fecha son China, Estados Unidos y Medio Oriente con participaciones en el total de la demanda del 29%, 17% y 13% respectivamente. En la actualidad, el consumo está concentrado en el sector industrial y en refinerías, con menos del 0,1% procedente de nuevas aplicaciones en la industria pesada, el transporte o la generación de energía.

Para el año 2030, en un escenario que implica la adopción de políticas internacionales de neutralidad de emisiones a nivel mundial, la IEA estima que el volumen de hidrógeno demandado será del orden de los 150 millones de toneladas, es decir, prevé un aumento de casi 60% respecto a 2022. Es de

² Análisis tecno-económico para la producción de hidrógeno verde por fuera de la red en Uruguay.

destacar que la mayor parte de ese incremento proyectado en la demanda responde a la utilización del producto en nuevas aplicaciones, en su mayoría traccionadas por el objetivo de frenar el cambio climático. Entre las mismas se encuentran: la producción de energía, la elaboración de combustibles sintéticos y el transporte.

A efectos de dimensionar el crecimiento que se visualiza para el mercado del hidrógeno en los próximos años, se pueden señalar algunas estimaciones. De acuerdo al estudio *“Geopolitics of the Energy Transformation: The Hydrogen Factor”*³ (International Renewable Energy Agencia [IRENA], 2022), se necesitarán 5.000 GW de capacidad de electrolizadores al año 2025, siendo que en el mundo solo existen 0,3 GW a la fecha. Mientras que la demanda de electricidad para producir hidrógeno alcanzaría cerca de los 21.000 TWh, casi el nivel de consumo mundial en la actualidad. De hecho, la producción de este vector en su variedad renovable y sus derivados utilizaría el 30% del suministro global de energía eléctrica en 2050. Las cadenas de valor asociadas podrían representar inversiones acumuladas del entorno de los 11,7 BUSD en los próximos 30 años (IRENA, 2022).

Estos desarrollos brindarían alternativas sustentables para la sustitución del petróleo y sus derivados en las economías mundiales. Asimismo, ocurriría una transformación en los flujos comerciales energéticos históricos en el mundo. De hecho, no existe una coincidencia entre los países que han sido exportadores netos de petróleo y derivados con aquellos que se están visualizando como exportadores de los combustibles. En este marco, es preciso analizar las implicancias geopolíticas que aparejaría esta nueva realidad energética en términos internacionales. Los volúmenes de petróleo y gas natural tranzados internacionalmente disminuirían de forma notoria al 2050 siendo sustituidos principalmente por bioenergía, electricidad e hidrógeno y sus derivados (IRENA, 2022).

Producir hidrógeno verde podría resultar más económico en lugares que tengan la combinación óptima de recursos. Abundantes energías renovables, espacio disponible para instalación de parques solares o eólicos y acceso al agua. Adicionalmente, deberán contar con la infraestructura y condiciones logísticas necesarias para exportar a grandes centros de demanda. Es así que podrán surgir nuevos centros de producción estratégicos en territorios que conjuguen estos factores.

³ Geopolítica de la Transformación Energética: El Factor Hidrógeno.

La electricidad solo se puede exportar a países vecinos a través de líneas de transmisión, no así a otros lugares del mundo. El hidrógeno actúa como facilitador del comercio de energías renovables a distancias más largas a través de gasoductos y barcos. Hoy en día el mismo se puede transportar el a través de los denominados “*carriers*” o “portadores de energía” como ser el amoníaco (NH_3) o el metanol (CH_3OH), los cuales permiten exportar excedentes de energía eléctrica a partir de hidrógeno a cualquier parte de mundo. Dependiendo de la necesidad existente en el punto de destino, estos productos se utilizarán directamente en una aplicación final, o bien pueden ser transformados de modo de recuperar el hidrógeno

Algunos gasoductos existentes, con modificaciones técnicas, podrían reconvertirse para utilizar hidrógeno. Siendo este el método más económico de transporte a la fecha, pero tiene la desventaja de que no habilitaría el comercio transoceánico ni entre países que no estén conectados por la red de gasoductos.

Desde Uruguay, si bien podría llegar a exportarse derivados del hidrógeno en la región, se visualiza el mercado europeo como el destino natural. Muchos países latinoamericanos se están posicionados como productores por la abundancia de recursos renovables que existen.

El creciente número de acuerdos bilaterales sugiere que este nuevo mercado funcionará de manera distinta al de los hidrocarburos. Actualmente, decenas de países y regiones han desarrollado estrategias de hidrógeno que contemplan planes para su importación, exportación o de sus derivados (IRENA, 2022). En este contexto, Uruguay ha firmado acuerdos de cooperación y entendimiento relacionados con el comercio de derivados del hidrógeno y el intercambio de capacidades con diversos países y regiones, entre los que destacan los siguientes.

En marzo de 2023 se celebró un “*Energy Partnership*”⁴ entre Uruguay y Alemania en Berlín. Se trata de un acuerdo energético que establece un marco para la cooperación técnica mutua y el intercambio de conocimientos para el desarrollo de fuentes renovables y combustibles alternativos. Los mismos países ya habían suscrito en 2022, un memorándum para cooperar en materia de ciencia, investigación e innovación (MIEM, 2023).

En 2023, Uruguay firmó un acuerdo de entendimiento con el puerto de Róterdam con el propósito de identificar nuevas vías de colaboración en

⁴ Colaboración Energética.

emprendimientos social y económicamente viables relacionados con el hidrógeno verde y sus derivados (Presidencia de la República, 2023).

En el mismo año, se celebró la Alianza de las Américas para la Prosperidad Económica (APEP) con Estados Unidos donde la intención es profundizar la colaboración económica y la integración de los países. Entre las líneas de trabajo, se encuentran el desarrollo de energías renovables e hidrógeno verde (U.S. Department of State, 2022).

A medida que se transformen los vínculos económicos entre los países debido a la nueva realidad energética, también podría cambiar su dinámica política. Hoy en día regiones que tradicionalmente no han comercializado energía, están estableciendo vínculos bilaterales centrados en tecnologías y moléculas relacionadas con el hidrógeno. Tanto la capacidad de producción como el contar con este insumo con fines energéticos por vías de la importación, pueden considerarse elementos de seguridad, resiliencia y soberanía nacional. En el caso de Alemania y Japón han sido pioneros en identificar estos productos como habilitadores para lograr sus metas de descarbonización, pero también para diversificar sus fuentes de energía y proveedores. Esta estrategia está muy vinculada a la reciente crisis debido al conflicto bélico entre Rusia y Ucrania que impactó fuertemente sobre el suministro y los precios del gas natural a nivel internacional.

Incluso los actuales exportadores de combustibles fósiles consideran que el hidrógeno bajo en emisiones es una forma atractiva de diversificar sus carteras. De esta forma, no resignarían beneficios en el marco de una sustitución de sus productos de exportación, de origen fósil, por nuevos vectores renovables. Están buscando aprovechar la infraestructura energética ya establecida, una fuerza laboral calificada que puede ser fácilmente reconvertida, y las relaciones comerciales energéticas existentes. Especialmente para el desarrollo de proyectos de producción de hidrógeno a partir de gas natural.

Existen factores adicionales al hecho de contar con buenos recursos renovables para posicionarse en el mapa del hidrógeno y sus derivados. Entre ellos, el potencial de adaptación de la infraestructura existente, el porcentaje de renovabilidad de las matrices eléctricas, el costo del capital, la seguridad institucional, social y política. El acceso a las tecnologías necesarias y la disponibilidad de agua, entre otros. Uruguay se encuentra bien posicionado en lo que refiere a esos aspectos; pero cuenta con otro recurso fundamental que es la disponibilidad de dióxido de carbono biogénico. Este será fundamental

para la elaboración de combustibles renovables, los cuales ya cuentan con demanda en los mercados internacionales. Como fuera mencionado Uruguay tiene cubiertas sus necesidades energéticas internas con una electrificación casi total en el territorio nacional. Estos desarrollos suponen un siguiente paso firme para el país. La regulación europea exige que la energía eléctrica utilizada para la elaboración de los combustibles renovables de origen no biológico que ingresen provenga de instalaciones nuevas. Es decir que no se comprometan las demandas internas actuales de energía eléctrica de los diferentes países (European Commision, 2028). Esto no representaría un inconveniente para el país.

Conclusiones

La producción de hidrógeno a partir de electrólisis no se trata de una tecnología reciente. No obstante, el dimensionamiento de esta nueva industria orientada a la descarbonización trae aparejados objetivos de producción ambiciosos. Estos generaran desafíos asociados, a factores de escala. Del mismo modo, otras tecnologías de la cadena de valor del hidrógeno necesarias para la descarbonización aún tienen un bajo nivel de madurez y necesitan probarse a gran escala. Hoy el costo del hidrógeno verde y sus derivados siguen siendo altos en relación con sus competidores de origen fósil debido al impacto de los costos de capital (CAPEX, por sus siglas en inglés). Estos últimos representan entre el 9,7 y el 23,4 % (dependiendo de la configuración del proyecto) del total (Agora Industry and Umlaut, 2023).

Las tecnologías asociadas a la electrólisis, que pueden considerarse más maduras, requieren del uso de minerales críticos, lo cual podría representar un cuello de botella a futuro. Esto ha llevado a algunas empresas a innovar en el desarrollo de tecnologías que prescindan en el uso de los minerales escasos.

Las metas de producción de hidrógeno verde a nivel mundial requerirán un despliegue masivo de generación de energías renovables. Se estima que la misma pueda llegar a duplicar la electricidad consumida hoy en el mundo para el año 2050 (IRENA, 2021).

No todos los países podrían producir hidrógeno verde de forma competitiva, esto dependerá de diversos factores. La disponibilidad y calidad de los recursos, el costo de capital, las infraestructuras habilitantes, y el terreno disponible. Este último punto no es menor, ya que resulta determinante en la condición de importadores netos que se está visualizando para algunos países. Alemania y Países Bajos son claros ejemplos. Ambos cuentan con objetivos de desfossilización ambiciosos, para los cuales las cadenas del hidrógeno verde

resultan fundamentales. Sin embargo, no disponen del espacio físico necesario para los despliegues de energías renovables. Por este motivo, se encuentran estableciendo diálogos y celebrando acuerdos con potenciales exportadores de estos productos, entre los cuales Uruguay se está en una posición destacada.

Lo anterior deriva en que en la actualidad estamos frente a un momento clave en el desarrollo donde hay múltiples anuncios de proyectos a nivel mundial, no obstante, pocas decisiones finales de inversión (FID, por sus siglas en inglés). Ya que a la hora de construir la infraestructura necesaria para el hidrógeno es preciso tener garantías o contratos que aseguren la demanda del producto final, la cual no se ha afianzado aún. De modo de minimizar los riesgos financieros y de mercado, diversos países e instituciones han aprobado programas de financiamiento. Como ser donaciones, apoyos para estudios, desarrollo de pilotos, subsidios en las tasas de interés, entre otros. Estos elementos serán claves para que los mercados comiencen a escala de acuerdo a los objetivos planteados.

Uruguay cuenta con condiciones muy favorables para el desarrollo de proyectos de hidrógeno y derivados. La abundancia y calidad de sus recursos renovables, dióxido de carbono biogénico y una red eléctrica casi descarbonizada. También con infraestructura desarrollada y un puerto con acceso al océano Atlántico. Todo esto en complementariedad con una gran seguridad institucional y política, así como la condición de grado de inversor, hacen de nuestro país un candidato interesante para los desarrolladores.

Uruguay se encuentra frente a una gran oportunidad de insertarse en un nuevo mapa geopolítico de flujos energéticos de una economía descarbonizada. A efectos de poder materializarla, el país debe estar preparado para hacerlo de una manera ordenada, sostenible y con garantías e impactos positivos para la comunidad.

Referencias

- Agora Industry and Umlaut. (2023). Levelised cost of hydrogen. Making the application of the LCOH concept more consistent and more useful [Publicación en sitio web]. Recuperado de <https://www.agora-energiewende.org/publications/levelised-cost-of-hydrogen>
- European Commission. (2018). Renewable Energy – Recast to 2030 (RED II) [Publicación en sitio web]. Recuperado de https://joint-research-centre.ec.europa.eu/welcome-jec-website/reference-regulatory-framework/renewable-energy-recast-2030-red-ii_en

- Ge, M., Friedrich, J. y Vignas, L.. (2021). Cuatro gráficos que explican las emisiones de gases de efecto invernadero por país y por sector. [Publicación en sitio web]. Recuperado de <https://es.wri.org/insights/cuatro-graficos-que-explican-las-emisiones-de-gases-de-efecto-invernadero-por-pais-y-por>
- Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. (2021). *Summary for Policymakers. In: Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, pp. 3–32. https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/report/IPCC_AR6_WGI_SPM.pdf
- Ibagon, N., Muñoz, P., Díaz, V., Teliz, E. y Correa, G.. (2023). Techno-economic analysis for off-grid green hydrogen production in Uruguay. *Journal of Energy Storage*, 67. Recuperado de <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2352152X23010010>
- International Energy Agency (IEA). (2023). *Global Hydrogen Review 2023* (Informe Técnico s/n). [Publicación en sitio web]. Recuperado de <https://www.iea.org/reports/global-hydrogen-review-2023>
- International Renewable Energy Agency (IRENA). (2022). *Geopolitics of the Energy Transformation: The Hydrogen Factor, 2022*. (Informe Técnico s/n). [Publicación en sitio web]. Recuperado de <https://www.irena.org/publications/2022/Jan/Geopolitics-of-the-Energy-Transformation-Hydrogen>
- Ministerio de Industria, Energía y Minería (MIEM). (2023). Balance Energético Nacional (BEN) 2023 [Publicación en sitio web]. Recuperado de <https://ben.miem.gub.uy/>
- Ministerio de Industria, Energía y Minería (MIEM). (2023). *Hoja de Ruta del Hidrógeno verde y derivados en Uruguay*. (Informe Técnico s/n). [Publicación en sitio web]. Recuperado de https://www.gub.uy/ministerio-industria-energia-mineria/sites/ministerio-industria-energia-mineria/files/documentos/noticias/Hoja%20de%20ruta%20H2%20Uruguay_final.pdf

- Ministerio de Industria, Energía y Minería (MIEM). (2010). Política Energética 2005–2030 [Publicación en sitio web]. Recuperado de <https://www.eficienciaenergetica.gub.uy/documents/20182/22528/Pol%C3%ADtica+Ener%C3%A9tica+2005-2030/841defd5-0b57-43fc-be56-94342af619a0>
- Ministerio de Industria, Energía y Minería (MIEM). (2024). Preguntas frecuentes sobre hidrógeno verde y sus derivados. [Publicación en sitio web]. Recuperado de <https://www.gub.uy/ministerio-industria-energia-mineria/comunicacion/publicaciones/preguntas-frecuentes-sobre-hidrogeno-verde-sus-derivados/preguntas-5>
- Ministerio de Industria, Energía y Minería (MIEM). (2023). Uruguay y Alemania acuerdan cooperar para promover la transición energética. [Publicación en sitio web]. Recuperado de <https://www.gub.uy/ministerio-industria-energia-mineria/comunicacion/noticias/uruguay-alemania-acuerdan-cooperar-para-promover-transicion-energetica>
- Presidencia de la República Oriental del Uruguay. (2020). 99,9 % de conexiones a nivel país. En 2019 Uruguay integró a su red eléctrica a 289 familias del medio rural. [Publicación en sitio web]. Recuperado de <https://www.gub.uy/presidencia/comunicacion/noticias/2019-uruguay-integro-su-red-electrica-289-familias-del-medio-rural#:~:text=Entre%202010%20y%202019%20la%20energ%C3%ADa%20el%C3%A9ctrica%20lleg%C3%B3,Latina%2C%20con%20una%20tasa%20cercana%20al%2099%2C9%20%25.>
- Presidencia de la República Oriental del Uruguay. (2023). Segunda transición energética. Uruguay firmó acuerdo con el puerto de Róterdam para desarrollo de hidrógeno verde. [Publicación en sitio web]. Recuperado de <https://www.gub.uy/presidencia/comunicacion/noticias/uruguay-firmo-acuerdo-puerto-roterdam-para-desarrollo-hidrogeno-verde>
- REN21. Renewables Now. (2021). *Renewables 2021. Global Status Report*. (Informe Técnico nº 16). [Publicación en sitio web]. Recuperado de https://www.ren21.net/gsr-2021/chapters/chapter_06/chapter_06/?term=uruguay
- United Nations Climate Change. (2015). Paris Agreement. [Publicación en sitio web]. Recuperado de <https://unfccc.int/process-and-meetings/the-paris-agreement>
- Uruguay XXI. (2019). Uruguay, líder en energías renovables. [Publicación en sitio web]. Recuperado de

<https://www.uruguayxxi.gub.uy/es/noticias/articulo/uruguay-lider-en-energias-renovables/#:~:text=En%20la%20actualidad%20Uruguay%20es%20uno%20de%20los,tercio%20de%20su%20electricidad%20proveniente%20de%20parques%20e%C3%B3licos>.

U.S Department of State. (2022). Americas Partnership for Economic Prosperity. [Publicación en sitio web]. Recuperado de <https://www.state.gov/americas-partnership-for-economic-prosperity/>

