

EL HIDRÓGENO VERDE EN ARGENTINA, DESAFÍOS Y OPORTUNIDADES EN EL MARCO DE LA TRANSICIÓN ENERGÉTICA. UN ANÁLISIS DESDE LA ESCUELA DE ECONOMÍA POLÍTICA INTERNACIONAL¹

Silvana Carabio
Emiliano Dicósimo
Federico Lutz

Resumo

A crise climática e um contexto geopolítico conflituoso a partir da guerra na Ucrânia impulsionam uma terceira onda de desenvolvimento do hidrogênio. Este vetor energético, ao ser produzido por meio de energias renováveis não convencionais, recebe a designação de "verde" e se apresenta como uma ferramenta para descarbonizar os consumos energéticos, contribuindo assim para a transição energética e a mitigação das mudanças climáticas. Neste artigo, focamos no hidrogênio "verde" e observamos as possibilidades, benefícios e desafios que essa tecnologia apresenta e apresentará para a Argentina. Realizamos essa análise a partir da Escola de Economia Política Internacional, destacando os possíveis ganhadores do desenvolvimento dessa tecnologia a médio e longo prazo, assim como o papel do Estado argentino nesse processo. Comparamos também esse processo com os programas RenovAr e MATER na Argentina. Concluimos que a produção de hidrogênio verde na Argentina pode representar, a médio e longo prazo, uma oportunidade para a geração de exportações energéticas para o país e implica o risco de cair em uma primarização econômica, diante da falta de desenvolvimentos tecnológicos locais, como ocorreu com experiências anteriores como o RenovAr e MATER.

Palavras-chave: Hidrogênio Verde - Energias Renováveis não Convencionais - RenovAr - MATER

Abstract

The climate crisis and a conflictive geopolitical context following the war in Ukraine are driving a third wave of hydrogen development. This energy vector, being produced by non-conventional renewable energies, takes on the label of "green" and is presented as a tool to decarbonize energy consumption, thus contributing to the energy transition and climate change mitigation. In this article we focus on "green" hydrogen and look at the possibilities, benefits and challenges that this technology presents and will present for Argentina. We make this analysis based on the School of International Political Economy, pointing out the possible winners of the development of this technology in the medium and long term, as well as the role of the Argentine

¹Artículo de Investigación. Recibido: 23/ 04/2023; Aceptado: 21/09/2023

State in this process. We also compare this process with the RenovAr and MATER programs in Argentina. We conclude that the production of green hydrogen in Argentina may present in the medium and long term an opportunity to generate energy exports for Argentina and implies the risk of falling into an economic primarization, due to the lack of local technological developments, as it happened with previous experiences such as RenovAr and MATER.

Key words: *Green Hydrogen- Non-conventional Renewable Energies- RenovAr- MATER*

EL HIDRÓGENO VERDE EN ARGENTINA, DESAFÍOS Y OPORTUNIDADES EN EL MARCO DE LA TRANSICIÓN ENERGÉTICA.

UN ANÁLISIS DESDE LA ESCUELA DE ECONOMÍA POLÍTICA INTERNACIONAL

Resumen

La crisis climática y un contexto geopolítico conflictivo a partir de la guerra de Ucrania impulsan una tercera ola de desarrollo del hidrógeno. Este vector energético, al ser producido mediante energías renovables no convencionales, toma el rótulo de “verde” y se presenta como una herramienta para descarbonizar los consumos energéticos, contribuyendo así a la transición energética y a la mitigación del cambio climático. En este artículo nos centramos en el hidrógeno “verde” y observamos las posibilidades, beneficios y desafíos que presenta y presentará esta tecnología para Argentina. Realizamos este análisis a partir de la Escuela de Economía Política Internacional, señalando los posibles ganadores del desarrollo de esta tecnología en el mediano y largo plazo, así como también el rol del Estado argentino en este proceso. Comparamos a su vez a este proceso con el programa RenovAr y MATER en Argentina. Concluimos que la producción de hidrógeno verde en Argentina puede presentar a mediano y largo plazo una oportunidad de generación de exportaciones energéticas para Argentina e implica el riesgo de caer en una primarización económica, ante la falta de desarrollos tecnológicos locales, como sucedió con experiencias previas como el RenovAr y MATER.

Palabras clave: Hidrogeno Verde- Energías Renovables no convencionales- RenovAr- MATER

1- Introducción

En el presente artículo de investigación buscaremos dilucidar el rol del hidrógeno como un elemento constitutivo de la transición energética en Argentina, reflexionando y proyectando sobre las posibilidades, beneficios y desafíos que presenta y presentará esta tecnología, en un contexto geopolítico² conflictivo con una crisis energética y climática global en marcha. Nos centraremos principalmente en el hidrógeno verde, el cual es

producido a partir de energías renovables no convencionales (en adelante ERNC). Por lo tanto, como preguntas de investigación proponemos: ¿Qué potencial tiene el mercado del hidrógeno verde en Argentina? ¿Cuáles son las oportunidades del país como productor y exportador de hidrógeno verde en el marco de la crisis energética y climática actual y de la guerra de Ucrania? ¿Qué rol cumplirá Argentina en la disputa geopolítica por

²Por geopolítica entendemos la competencia entre grandes poderes por el acceso a localizaciones estratégicas y recursos naturales (Vakulchuk et al., 2020).

este nuevo commodity internacional? ¿Qué ventajas y barreras presenta el país en cuanto al despliegue de esta tecnología?

Abordaremos esta problemática a partir de la Escuela de Economía Política Internacional (EPI), la cual desde Strange (1988) en adelante busca analizar las relaciones entre Estados y mercados, así como también los ganadores y perdedores de la misma. En esta línea, entenderemos que el Estado Nacional no es el único actor en la Economía Política Internacional, pero es el más importante (Gilpin, 2001 en Godoy, 2019) y a partir de su rol observamos para Argentina el desarrollo de las ERNC y del hidrógeno. Además, esta escuela señala que no se puede separar lo político y económico a la hora de analizar los fenómenos nacionales e internacionales (Tussie, 2015).

El abordaje del hidrógeno desde la bibliografía y particularmente desde la EPI es un campo incipiente, al igual que su desarrollo tecnológico y productivo. Podemos mencionar los trabajos de (Sadik-Zada, 2021; Van de Graaf, Overland, Scholten, Westphal, 2020; Dilman & Heinonen, 2022; Szabo, 2023), entre otros. Además el desarrollo de las ERNC fue estudiado por esta escuela con mayor énfasis por autores de diversos países, podemos citar algunos escritos relevantes como los realizados por (Hurtado y Souza, 2018; Lachapelle, MacNeil y Patterson, 2017; Florian Kern and Jochen Markard, 2016; Kuzemko, 2019), es interesante destacar el artículo de Vakulchuk et al (2020) que realiza un recuento bibliográfico sobre los estudios de ERNC, incluyendo diversas tradiciones y centrandose en las

consecuencias geopolíticas del despliegue de estas energías, aspecto estudiado con mayor regularidad desde 2010. Si bien la EPI engloba diversos enfoques y concepciones, utilizaremos el enfoque del “liberalismo verde”, que se focaliza en el rol del Estado para proveer bienes públicos y promover soluciones de mercado para las externalidades negativas, entendiendo que el rol del Estado es central para poder lograr la atracción de inversiones extranjeras en ERNC y el desarrollo de las mismas (Gale, 2019).

En primer lugar, debemos definir a la transición energética como “el pasaje hacia una sociedad sustentada en fuentes renovables, tornando la matriz energética menos dependiente del consumo fósil, implicando el tránsito hacia una sociedad eco técnica, de sostenibilidad creciente” (Fornillo, 2018, p. 48). Este proceso de transición energética se viene desarrollando a nivel mundial desde la década del 2010, con una producción a gran escala de las energías renovables, e incluso de manera competitiva, sin necesitar subsidios (Sergent, 2020, p. 194).

El gran impulso a las energías renovables desde principios del siglo XXI se explica por las ventajas que brindan frente a fuentes convencionales. En este sentido, este tipo de energías emiten una reducida cantidad de gases de efecto invernadero (biomasa, biogás) o incluso, como sucede con la tecnología eólica y solar, que son las más difundidas a nivel mundial, no emiten estos gases en la generación de energía³. De esta forma, son una importante herramienta para abordar uno de los problemas civilizatorios más importantes

en la actualidad, el cambio climático, cuyos impactos son mundiales, pero afectan con mayor fuerza a los Estados y estratos sociales de menores ingresos. El cambio climático es uno de los grandes temas de agenda de las relaciones internacionales desde la década de los 90' en adelante, aunque la comunidad científica conoce su existencia desde fines de los 50' (Jones, 2021). Es recién a partir de finales del siglo XX cuando el tema es abordado a partir de acciones interestatales, con la creación de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) y la firma del Protocolo de Kioto de 1997. Posteriormente, en 2015, se firma el Acuerdo de París, que estipula como objetivo mantener el aumento de la temperatura mundial en este siglo muy por debajo de los 2 grados centígrados por encima de los niveles preindustriales y proseguir los esfuerzos para limitar aún más el aumento de la temperatura a 1,5 grados centígrados (UNFCCC,sf). A partir de estos desarrollos institucionales de carácter internacional, la financiación y el desarrollo de las tecnologías renovables seguirá cobrando importancia.

La industria de energías renovables no convencionales⁴, como hemos indicado previamente, son una herramienta para descarbonizar la generación energética a nivel mundial, teniendo en cuenta que el sector energético es la mayor fuente de emisiones de gases de efecto invernadero (en adelante GEI) derivada de las actividades humanas, emisiones que son las que provocan el cambio climático en sí (Agencia Europea de Medio Ambiente, 2017). En Argentina el desarrollo de estas energías comenzó en los años 70' (Moragues, 2018), tomando mayor impulso en el siglo XXI, particularmente en la segunda década, a partir del gobierno de Mauricio Macri con el programa RenovAr y MATER⁵, el cual implementó políticas para atraer inversiones principalmente extranjeras de estas energías en el país, buscando aumentar la capacidad instalada en generación eléctrica y cumplir con las metas de mitigación al cambio climático adoptadas por Argentina en el Acuerdo de París. Los proyectos de ERNC a su vez vienen creciendo fuertemente a nivel global, generando una retroalimentación positiva con sus precios, debido a que al aumentar la escala se reducen los costos de producción

³ Esto no quita que se emitan gases de efecto invernadero en la producción de paneles solares, aerogeneradores, entre otras componentes de estas tecnologías. Para ver este aspecto de la transición energética, consultar (Letcher, et al, 2022).

⁴ Por energías renovables no convencionales entendemos a la energía eólica, solar, biogás, biomasa, pequeños aprovechamientos hidroeléctricos. El hidrógeno "verde" es producido a partir de estas tecnologías.

⁵ El programa RenovAr, se trató de una serie de licitaciones públicas de energías renovables no convencionales mediante "rondas", a cargo del Ministerio de Energía y Minería, cuyo lanzamiento se realizó en julio de 2016. El objetivo era dotar de energía verde a CAMMESA a un precio competitivo, alcanzando 10.000 MW de potencia instalada en 2025, y así buscar cumplir con el objetivo de la ley N.º 27.191, sancionada en septiembre de 2015, que establecía un 8% de generación de energía renovable para diciembre de 2017 y un 20% para el 31 de diciembre de 2025. El Mercado a Término de Energías Renovables (MATER) permite que los Grandes Usuarios del Mercado Eléctrico Mayorista, cuya demanda de potencia era mayor o igual a 300 kW, puedan comprar energía por cuenta propia. De esta forma les permite contar con un mecanismo alternativo de contratación de energía de fuentes renovables para cumplimentar con los porcentajes mínimos de generación de energía renovable que estipula la Ley 27.191. A su vez, este programa permite no solo la compra de energía directa por parte de estos grandes usuarios, sino también la cogeneración y autogeneración.

de las mismas. Es interesante destacar que la energía eólica es 38% más barata en 2020 que en 2010, mientras que los costos de la energía solar disminuyeron un 89% desde el 2000 (Vogl, 2023, p. 61), tendencia que no frena y que se manifiesta como la Ley de Moore de los microprocesadores y que se conoce como Ley de Swanson para la energía solar (Seba, 2014).

Es en este proceso de transición hacia nuevas fuentes de energía que aparece el hidrógeno como una de las alternativas más prometedoras para enfrentar los desafíos de la descarbonización global, junto con el cambio hacia paradigmas de desarrollo sustentables y eficientes, con la posibilidad de un desarrollo a nivel nacional y regional, que permita además incluir de manera relevante a la Argentina en una agenda global de proveedores de la energía limpia de emisiones que el mundo necesita. Por lo tanto, como hipótesis planteamos que, en un contexto geopolítico centrífugo, el hidrógeno verde puede presentar a mediano y largo plazo una oportunidad de generación de exportaciones energéticas para Argentina, con el riesgo de caer en una primarización ante la falta de desarrollos tecnológicos locales, como sucedió con experiencias previas como el RenovAr y MATER.

Apelaremos a una metodología cualitativa, analizando bibliografía académica, informes de organismos internacionales y nacionales, artículos de prensa especializada y un informe de mercado de Lazard. El artículo se divide en cuatro secciones, la primera explica los diversos tipos de hidrógeno existentes y sus formas de producción, la segunda analiza el mercado del hidrógeno verde en Argentina,

la tercera se centra en los costos de producción de las energías renovables y del hidrógeno en el mundo y en Argentina, y finalmente la última sección analiza los aspectos geopolíticos del hidrógeno verde y las tendencias de inversión extranjera en Argentina.

2. El hidrógeno. Características y sus colores

El hidrógeno aparece en la naturaleza en forma de agua, combinado con el oxígeno. Se puede aislar como un gas incoloro, inflamable e inodoro. Forma parte de las tres cuartas partes de la materia observable. Es utilizado en la industria para llevar a cabo diferentes procesos, pero el interés específico está dado en su utilidad dentro de la descarbonización de la matriz energética y la mitigación de los GEI. El hidrógeno es a su vez un vector energético, ya que su energía se puede almacenar, de tal manera que esta pueda liberarse posteriormente de forma controlada, transformándose en un complemento para las energías renovables no convencionales, que son intermitentes (es decir, por su variabilidad de generación en el día asociada a aspectos meteorológicos, estacionales, etcétera).

En este sentido, el objetivo de este trabajo es puntualizar en el hidrógeno verde. Retornando a la idea del hidrógeno “verde”, con este tipo de gas nos referimos al que es producido a partir de energía eólica y solar o hidroeléctrica, mediante un proceso de electrólisis, o mediante biogás y un proceso de reformado con vapor (SMR), reformado autotérmico (ATR) u oxidación parcial, finalmente con biomasa y mediante un proceso de gasificación también

se puede obtener hidrógeno verde. Estas dos últimas fuentes, para ser completamente nulas en sus emisiones de gases de efecto invernadero, deben contar con un post proceso de captura y almacenamiento de carbono (CSS). Es por ello que la fuente solar y eólica son de mayor interés en el marco de la mitigación de emisiones de GEI, y si a eso le sumamos otros factores que luego desarrollaremos, como su precio y disponibilidad de recursos, la hacen más atractiva que a otros tipos de hidrógeno para Argentina y para la región.

Otra forma de generar hidrógeno y por un amplio margen la más difundida, es la “gris”⁶, utilizando petróleo o gas natural con un proceso de SMR, ATR u oxidación parcial, siendo este último combustible fósil el más utilizado. Este tipo de hidrógeno tiene la desventaja de generar metano y dióxido de carbono, es decir GEI, sin embargo, también se le puede aplicar CCS para descarbonizarlo, transformándose en “hidrógeno azul” (sin embargo, este proceso no es 100% eficiente). Para producir hidrógeno hace falta además de energía eléctrica, agua, que se utilizará para separar el hidrógeno del oxígeno.

Los objetivos del Acuerdo de París estiman al hidrógeno como un actor fundamental estratégico en la posibilidad de alcanzar las cifras pactadas de reducción de los GEI para 2050, lo que hace necesario su producción a escala y el desarrollo de tecnología capaz de facilitar el transporte hasta los centros de consumo.

En esta línea, encontramos varias opciones con ventajas y desventajas, transportar hidrógeno puro en una opción, mientras que la opción más utilizada es su conversión en amoníaco, metanol, metano sintético, o y otros generados con el proceso químico Fischer-Tropsch (diésel, gasolina, etc.). El transporte y consumo de hidrógeno puro requiere de cambios en la infraestructura de los usuarios residenciales y solo puede ser transportado hasta cierto punto en los gasoductos existentes, mientras que el metano sintético, el metanol y los otros productos mencionados pueden ser transportados en buques cisternas, pero necesitan una fuente de dióxido de carbono, el amoníaco no necesita de dióxido de carbono, pero su transporte es peligroso a nivel técnico (Van de Graaf et al., 2020). Todo esto implica, como se puede observar, desafíos técnicos a superar, junto con un desarrollo de procedimientos, certificaciones y regulaciones internacionales.

La producción de hidrógeno se encuentra, por lo tanto, aún en una fase de investigación y desarrollo, no es una tecnología suficientemente madura con una escala de producción considerable. Por ejemplo, su utilización en la industria siderúrgica (una de las industrias más difíciles de descarbonizar y presente en Argentina) es incipiente, y si bien su costo es mayor que la producción actual, no es tan alta como para hacerla prohibitiva, mientras que en Europa se contempla aplicar impuestos al carbono de entre 10 y 180 euros por tonelada

⁶ El 96% del Hidrógeno producido se obtiene de combustibles fósiles, principalmente de gas natural. Un 48% se realiza mediante el proceso de SMR, un 30% por reforma de petróleo, un 18% por gasificación del gas y un 4% por electrólisis (IEA, 2018). Vemos, por lo tanto, que el margen para el crecimiento del hidrógeno verde es muy amplio, y no es una tecnología madura.

de CO₂ para nivelar el campo a favor del hidrógeno verde y otras energías limpias. Asimismo, se estudia la posibilidad de separar la producción de hierro de la de acero, realizando el primer paso en países con buenos recursos renovables y por ende energía más barata, como es el caso de América Latina (Vohl, 2023, p. 53). Los cada vez más reducidos costos de las ERNC brindan un impulso esperanzador a la producción de acero mediante hornos eléctricos a hidrógeno (Vohl: 2023, p. 61). Otros factores, como la dificultad de utilizar hierro de menor calidad en estos hornos, y la imposibilidad para lograr ciertos aceros de mayor calidad, son obstáculos tecnológicos a resolver.

Cabe mencionar algunos aspectos centrales en los que el hidrógeno verde puede contribuir en la transición energética: proporcionando soluciones al transporte, más limpio, flexible y económico; reduciendo el impacto del H₂ actualmente utilizado en procesos industriales y elaborado a partir de combustibles fósiles; colaborando a una mayor flexibilidad de las redes energéticas, aportando a la resiliencia del sistema; siendo una vía para la descarbonización en sectores donde es difícil lograr reducción de emisiones de GEI en sus procesos productivos de alta demanda de energía; mejorando la eficacia de las energías renovables, ayudando a cubrir su intermitencia, posibilitando el almacenaje y abastecimiento de energía de manera estable y desestacionalizada.

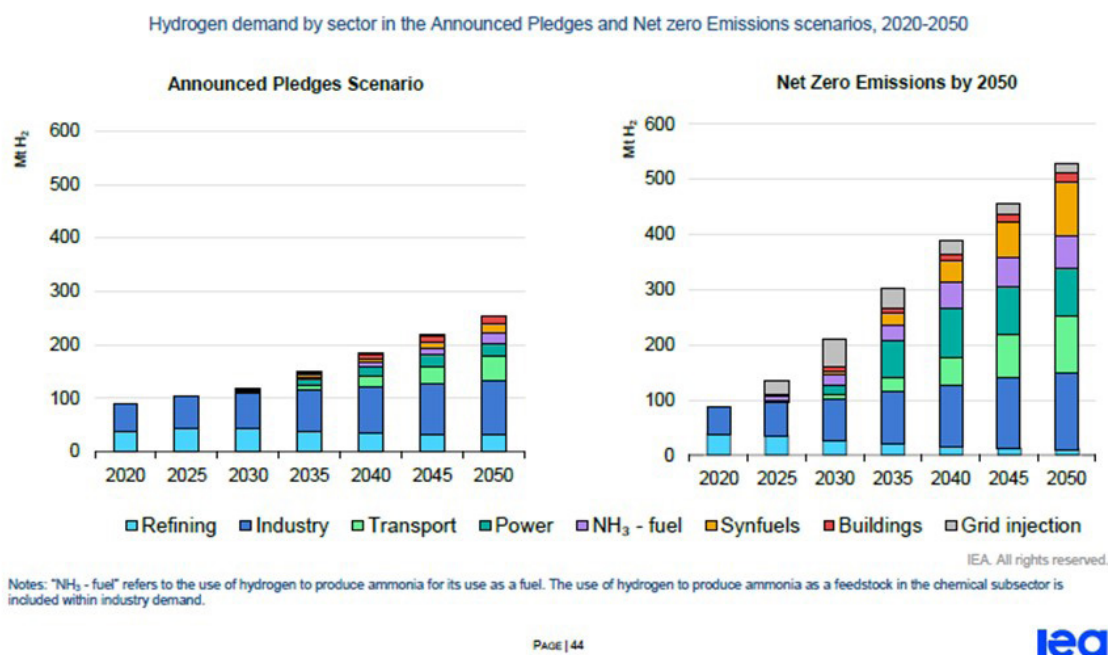
3. El Mercado del H₂ en Argentina, demanda mun-

dial proyectada y objetivos de costos para el H₂ verde

La producción de hidrógeno en Argentina para el año 2019 rondaba las 395.000 toneladas para los cuatro procesos industriales principales: 1) Fertilizantes basados en amoníaco / urea (33%) 2) Procesos de hidrotratamiento en las refinerías de petróleo (27%) 3) Reducción directa de óxidos de hierro en la industria siderúrgica (16%) y 4) producción de metanol (15%). El 10% restante se produce como subproducto de otros procesos químicos. El 78% de la producción total proviene del Reformado de Gas Natural (Steam reforming en refinerías) y el 22% restante como subproducto de otros procesos químicos. La producción y la demanda se producen y consumen en radios industriales cercanos (Y-TEC, 2022). La demanda mundial, por su parte, se estima en 90 millones de toneladas por año, por lo que el mercado argentino no tiene relevancia, representando sólo el 0,44% del total.

Las proyecciones de demanda futura, varían de acuerdo a los escenarios que plantean diferentes agencias internacionales, de acuerdo a los objetivos de descarbonización de los países, el cual podría alcanzar para el 2050 entre 260 millones de toneladas (aproximadamente el triple de la demanda actual) para escenarios conservadores, a 520 millones de toneladas (aproximadamente el séxtuple de la demanda actual) para escenarios de Emisiones Netas Cero (IEA, 2021). A continuación, podemos observar estas proyecciones en un gráfico elaborado por la Agencia Internacional de la Energía.

Gráfico N.º 1. Demanda de Hidrógeno por sector en los compromisos anunciados y escenarios de emisiones net zero a 2020-2050.



Extraído de: IEA (2021)

La producción de hidrógeno verde en el mundo es muy incipiente, alcanzó el H₂ energético por electrólisis 2,5 TWh/Año en 2018, mientras que el no energético 35 TWh/Año, de esta forma para satisfacer el 10% del consumo mundial de energía con H₂, uno de los objetivos propuestos por organismos como la IEA para 2030, habría que multiplicar la producción de H₂ energético 3.400 veces (IEA, 2018). Asimismo, hay que destacar que entre 2008 y 2018 el gasto mundial en hidrógeno descendió un 35%, ante limitaciones técnicas y económicas no resueltas, por lo que habrá que observar si esta nueva ola de interés por el hidrógeno llegará a buen puerto (Van de Graaf et al., 2020).

4. Costos de producción del H₂ Verde

Países de la Unión Europea, Este de Asia, EE. UU y Australia han proclamado su objetivo de llegar al 2030 con H₂ verde a 1,5-1 USD/Kg H₂; siendo que el rango del costo nivelado actual está entre 8 y 3 USD/kgH₂ (dependiendo de varios factores). En el camino a cumplir con este objetivo será necesario un avance en la eficiencia de los diferentes factores que inciden en el costo de producción, siendo el costo de la electricidad y el de los electrolizadores de mayor importancia, ya que son las variables que explican aproximadamente el 80% del potencial de viabilidad de los costos del H₂ verde en el futuro. Con esta mejora en la eficiencia será posible desplazar al H₂ Gris de forma orgánica sin necesidad de subsidios o impuestos a las emisiones (IRENA 2020).

En esta línea, la IEA (2019) señala que en el largo plazo el hidrógeno verde en Argentina

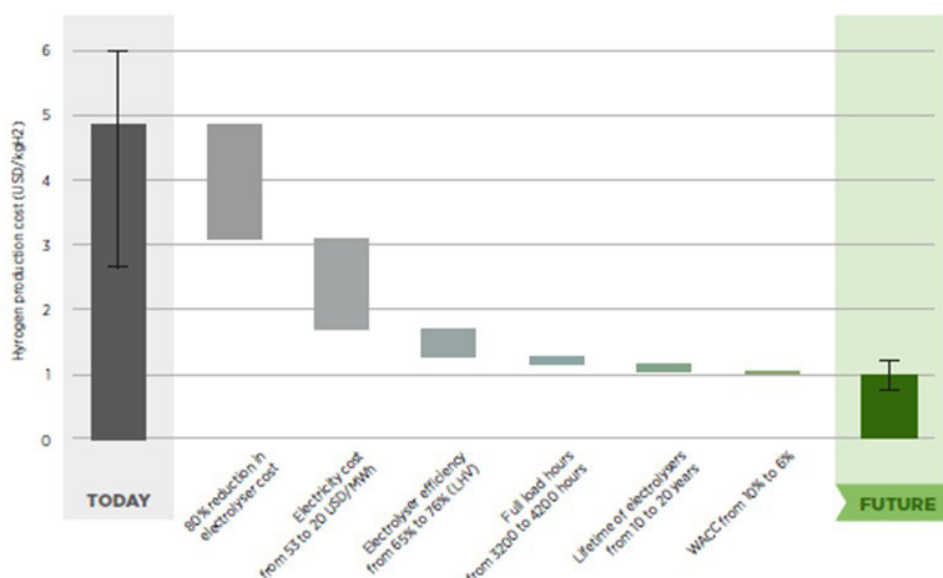
se comercializara a 2-2,2 USD/kgH₂, mientras que en la Patagonia y en el sur de Chile podría incluso alcanzar menos de 1,8 USD/kgH₂, lo cual comparado con un precio de entre 2.4 y 4 USD/kgH₂ en los socios tradicionales argentinos (Europa, Estados Unidos y Japón) hacen al cono sur una región con grandes posibilidades y atractivos de producción y exportación. La búsqueda de reducir los precios del hidrógeno verde es también impulsada por la Green Hydrogen Initiative Catapult, en la que participan grandes empresas del sector, con la meta de llegar a 2 USD/kgH₂ para 2026 junto al despliegue de 25 Giga watts de hidrógeno verde, lo que representa un incremento de 50 veces en la producción actual (Sadik Sada,

2021). La Unión Europea también implementó programas para impulsar esta tecnología, en el marco del paquete del Green Deal europeo en 2019 y en la Estrategia Europea del Hidrógeno en 2020. Lo mismo podemos señalar de los planes nacionales de Austria, Francia, Alemania, Italia, Holanda, Hungría, Polonia, Portugal, España y de Estados Unidos, Japón, Corea del Sur, Reino Unido, Marruecos, Australia, Canadá, Noruega y Chile, la mayoría adoptados en 2020 y 2021 (Sadik Sada, 2021).

Si se considera que en Argentina contamos con una elevada irradiación solar, más de la mitad del territorio nacional recibe una irradiación solar media anual superior a los 3,5

Gráfico N.º 2. Combinaciones en las reducciones de costos de la electricidad y de los electrolizadores, con un incremento de la eficiencia y de la vida útil operativa.

Figure ES1. A combination of cost reductions in electricity and electrolyzers, combined with increased efficiency and operating lifetime, can deliver 80% reduction in hydrogen cost.



Note: 'Today' captures best and average conditions. 'Average' signifies an investment of USD 770/kilowatt (kW), efficiency of 65% (lower heating value - LHV), an electricity price of USD 53/MWh, full load hours of 3200 (onshore wind), and a weighted average cost of capital (WACC) of 10% (relatively high risk). 'Best' signifies investment of USD 130/kW, efficiency of 76% (LHV), electricity price of USD 20/MWh, full load hours of 4200 (onshore wind), and a WACC of 6% (similar to renewable electricity today).

Based on IRENA analysis

Extraído de: IRENA (2020)

kwh/m², lo cual permite que la energía solar sea técnicamente viable para su explotación a gran escala en el país (Calvetti, 2021) y que la misma en el NOA alcanza los 4,72 kwh/m² (Gallegos, 2007) y que el promedio mundial es de 4 kwh/m² (IDEAM, sf). A su vez, la calidad de vientos en la Patagonia (que pueden superar el 60% de factor de carga, donde el promedio mundial ronda el 35%) y en Buenos Aires, Córdoba, San Luis y San Juan y La Rioja (donde promedian entre 35 y 45%), dichos factores son fundamentales para la competitividad de costos de provisión de energía eléctrica. Argentina posee uno de los mayores potenciales eólicos del planeta, del orden de 2.000 GW, con condiciones de energía on shore solo equiparables a los de la energía offshore en otros países (Villalonga, 2013).

De acuerdo a cálculos propios realizados en base a la metodología de cálculos del Costo Nivelado de la Energía Eólica On Shore utilizada por LAZARD's (2021), se considera un 60% de factor de carga, un costo de la inversión de 1 millón de dólares por kW instalado, y una estructura de financiamiento de pasivo/capital propio de 60/40 a una tasa de interés del 4% anual en dólares, variables que no son del todo inalcanzables en el mediano plazo, se podría alcanzar un costo de la energía de 24,6 USD/MW en Argentina. Otro factor preponderante en la carrera por la optimización de los costos del H₂ verde es el electrolizador, donde escala, estandarización en fabricación de componentes, incremento de vida útil, y abaratamiento y simplificación de minerales para su fabricación, es una carrera que corren los países centrales en volúmenes de inversión en I+D que nuestro país parece im-

posible de afrontar.

Es importante destacar, que en Argentina se creó en 2020 el consorcio H₂ar. El cual es una iniciativa de colaboración empresarial en la cadena de valor del hidrógeno, liderada por Y-TEC, que abarca desde la producción hasta la aplicación del mismo. Su objetivo es promover proyectos piloto que permitan definir las eficiencias, costos y operación de cada una de las soluciones propuestas en el desarrollo del hidrógeno, con el fin de dar señales claras de inversión que activen el mercado. Además, trabajan para generar estrategias en los distintos campos de aplicación que identifiquen desafíos e impulsen el desarrollo de capacidades tecnológicas. Las empresas comparten conocimientos y recursos para desarrollar soluciones más eficientes y rentables, y, al tener una visión común a mediano y largo plazo, orientan sus esfuerzos en reducir los riesgos asociados a la implementación de nuevas tecnologías. Buscan promover proyectos de innovación y dar señales claras de inversión, para activar nuevas oportunidades comerciales relacionadas con el hidrógeno. En resumen, el consorcio H₂ar es un espacio colaborativo entre empresas que operan en la cadena de valor del hidrógeno.

5. Oportunidades para Argentina en un mundo en conflicto

En el marco de una poli crisis mundial, con una inestabilidad sistémica y de gran incertidumbre evidenciada a partir de la guerra comercial entre China y Estados Unidos, la pandemia de covid-19 y la crisis de la globali-

zación, entre otros sucesos (Sanahuja, 2022), el 24 de febrero del año pasado, la sociedad internacional observaba el inicio de la operación militar especial de Rusia sobre Ucrania, desencadenando el conflicto europeo más importante desde la Guerra de los Balcanes. Prontamente, la guerra alteró los vínculos comerciales entre el pueblo euroasiático, uno de los principales exportadores de gas y petróleo del mundo, y los países europeos, sus principales socios (Kyu Sung y Yeong, 2016). La subida de precios de commodities y de los precios de la energía se extendieron en la economía mundial. Este conflicto prontamente se transformó en una “proxy war”⁷ entre la Organización del Tratado del Atlántico Norte y Rusia. Aportando los miembros de la primera, inteligencia militar, entrenamientos y servicios varios a las fuerzas ucranianas y material militar de cada vez mayor complejidad, impidiendo la caída del gobierno ucraniano e incluso generando una escalada de la guerra.

La guerra a su vez fortaleció el eje noratlántico y evidencia el nacimiento de una Europa geopolítica (Sanahuja, 2022). Un año después, luego de cumplirse el aniversario del conflicto, la situación está lejos de resolverse. En este marco, un hito a destacar es el sabotaje y destrucción del gasoducto Nord Stream 1 y 2, en septiembre del 2022, aunque todavía no se sabe a ciencia cierta quién fue el autor del atentado. Esto significó definitivamente el fin de la cooperación europea-rusa en materia de energía, impulsando a la Unión Europea

en su conjunto a buscar nuevas fuentes de aprovisionamiento. De esta forma, algunos Estados vieron una oportunidad en esta guerra, además de los países de Medio Oriente y Argelia, debemos mencionar a Estados Unidos (el principal beneficiado en términos comerciales), quien también aportó Gas Natural Licuado (GNL) en reemplazo del gas ruso. Además, los países europeos han reactivado el desarrollo de proyectos de regasificación previamente inactivos y han comenzado el desarrollo de nuevos proyectos (Roca, 2022).

La invasión de Ucrania puso en evidencia la vulnerabilidad de la matriz energética europea con respecto a la provisión de combustibles provenientes de Rusia. Esta nueva situación geopolítica provocó una serie de acciones tendientes a contrarrestar la presión ejercida sobre los estados europeos dependientes de los recursos energéticos provistos por Rusia, al tiempo que impulsaron el desarrollo de tecnologías alternativas para el mediano y largo plazo. Asimismo, la vuelta a la generación eléctrica por medio de las centrales de carbón/gas generó una tensión entre dichas medidas y los pactos de descarbonización de la matriz energética firmados a nivel global. A lo que apuntamos con este breve análisis geopolítico es señalar que aparecen nuevas oportunidades para Argentina y la región. Al ser un socio confiable para los socios tradicionales (EE.UU, Europa, y Japón), es factible proyectar en el mediano plazo exportaciones de GNL o de petróleo a estos paí-

⁷ Por “proxy war” entendemos a un conflicto armado entre dos estados o actores no estatales, de los cuales uno o ambos actúan por instigación o en nombre de otras partes que no están directamente involucradas en las hostilidades. Para que un conflicto se considere una guerra de poder, debe haber una relación directa y de largo plazo entre los actores externos y los beligerantes involucrados (Hughes, 2014).

ses. Para ello son necesarias inversiones en infraestructura que puedan aportar estos socios o incluso otros no tradicionales, pero de creciente importancia como los del sudeste asiático. En esta línea aparece la propuesta de la petrolera estatal malaya Petronas de invertir en una planta de GNL para así exportar los recursos de Vaca Muerta (Télam, 2022), cuya producción va en ascenso.

A su vez, retomando la problemática de la descarbonización de la matriz energética mundial, asociada a la mitigación del cambio climático, aparecen oportunidades para exportar hidrógeno verde en Argentina, con inversiones de socios tradicionales y no tradicionales, entre estos últimos podemos citar el anuncio de la minera australiana Fortescue Future Industries de instalar una planta de hidrógeno verde en Río Negro con una capacidad de 4 GW eólicos y una inversión de US\$ 8.400 millones (Télam, 2021)⁸. Por lo tanto, Argentina y América Latina pueden transformarse en proveedores de mayor importancia para Estados Unidos, Europa u Japón, tanto de hidrocarburos (gas natural licuado y petróleo) como de vectores energéticos descarbonizados (hidrógeno verde), el éxito de este proyecto dependerá del arribo de inversiones de socios tradicionales y no tradicionales que permitan incrementar la producción para el caso de los hidrocarburos, e iniciarla a escala

industrial para el caso de los vectores energéticos descarbonizados (hidrógeno verde).

Este proceso de inversión en países afines ideológicamente o políticamente, se conoce como “friendshoring” y se inserta a su vez en una dinámica mundial de “reshoring” y “nearshoring” por parte de firmas del norte global que buscan redireccionar inversiones realizadas en China y Rusia hacia occidente, acortando las cadenas de suministros y privilegiando los vínculos regionales (Sanahuja, 2022). La redirección se explicaría por razones de rentabilidad, pero también de sostenibilidad y de seguridad y resiliencia, para evitar el uso coercitivo (weaponization) de las interdependencias existentes (Pisani-Ferry, 2021). Es por ello que América Latina, y especialmente Argentina, encuentran una oportunidad comercial relevante para la exportación de hidrocarburos y de hidrógeno verde⁹, capaz de generar preciadas divisas, en un contexto regional de estanflación, crisis de la balanza de pagos, aumento de la pobreza, desigualdad creciente y endeudamiento (Sanahuja, 2022, p. 106). De esta forma, retomando los preceptos de la EPI, podríamos encontrar a nuestra región como una posible ganadora de estos cambios en la globalización junto a las disputas geopolíticas en curso. En esta línea, encontramos un contexto centrífugo en el que flujos de inversión se alejan de Euro-

⁸ La IED en proyectos de hidrógeno está siendo impulsada por firmas y gobiernos de países desarrollados, mediante una “diplomacia del hidrógeno” con la firma de tratados bilaterales, buscando asegurarse el suministro de hidrógeno y sus derivados de países productores.

⁹ Ya se han observado guiños a estas oportunidades en el marco de la cumbre CELAC-UE de octubre de 2022, en la reunión del G7 ampliado en junio de 2022, y la reciente visita del Canciller Alemán a la Argentina, donde la vocera del gobierno argentino informó que se abordarían temas como la energía limpia con el hidrógeno verde e inversiones en Argentina (DW, 2022). Incluso recientemente el presidente argentino declaró “Podemos ser proveedores de gas en Europa, estuve hablando con el presidente de la Unión Europea y explicándole las posibilidades, ante el gas que le falta a Europa por el conflicto entre Rusia y Ucrania” (Télam, 2023).

pa Oriental y China hacia regiones periféricas como América Latina.

A continuación, nos centraremos en las oportunidades y desafíos del hidrogeno verde en Argentina. Para poder producir hidrógeno “verde” es necesario contar con recursos que el país dispone en suficiencia: radiación solar o viento, las superficies necesarias para la instalación de plantas solares o eólicas y agua disponible. También se dispone de puertos que permiten la exportación hacia los centros de consumo global. Sin embargo, los recursos naturales, por sí solos, no son suficientes para lograr que el sector despegue en Argentina. En comparación con los proyectos de energía fósil, las ERNC y por ende el hidrógeno verde, tienen un alto costo de capital (Pendón et al., 2017). Esto provoca que su desarrollo tenga un estrecho vínculo con el acceso al financiamiento y la calidad institucional nacional y provincial (Kazimierski, 2020, p. 407). Asimismo, en Europa y Estados Unidos se han implementado diversos mecanismos de financiación, no obstante, gran parte de estas iniciativas tuvieron un alcance limitado, demostrando la imposibilidad de aplicar mecanismos universales. Más aún en el caso argentino, donde las condiciones económicas dificultan el acceso a créditos blandos (Kazimierski, 2020, p. 419), las empresas que estarían dispuestas a realizar las inversiones de capital presionan para el desarrollo de marcos normativos con el fin de garantizar la libre disposición de divisas y “blindar” dichas inversiones.

De esta forma, observamos como antecedente el caso de los ya citados programas Reno-

vAr y MATER, donde la posibilidad de contar con garantías y créditos del Banco Mundial, del Banco Interamericano de Desarrollo, entre otras bancas multilaterales, así como también de bancos privados y estatales nacionales y extranjeros, permitió impulsar el desarrollo de proyectos en el país, mientras que otros fueron paralizados o abandonados a medida que se profundizaba la crisis económica argentina desde 2018, con una fuerte suba del riesgo país y un endeudamiento e inflación acelerada. Como podemos observar, este proceso de desarrollo de las energías renovables, del hidrógeno verde y de la mitigación al cambio climático se enmarcan en un mundo hiper globalizado (Rodrick, 2011) en el que se aplican políticas de desregulación en los mercados financieros y de bienes y se desencadenan periódicamente crisis políticas, sociales y financieras. Lograr una estabilidad macroeconómica, junto al desarrollo de políticas públicas que se mantengan en el mediano y largo plazo un marco institucional y legal consensuado por todos los actores, serán factores a tener en cuenta para el desarrollo del sector en Argentina.

Por otra parte, el desarrollo del sector de las ERNC y del hidrógeno verde implica nuevos conflictos interestatales entre grandes jugadores como Estados Unidos, China, la UE y países del sudeste asiático como Corea del Sur y Japón, ya no solo por asegurar el suministro de hidrocarburos, sino también por el acceso a minerales y metales críticos, así como también a patentes. Muchos de los minerales que necesita este sector como cobalto, litio, neodimio y disprosio no están dispersos por el mundo (al contrario de los recursos reno-

vables como la radiación solar) y su acceso es restringido, a lo que también se le suma la dificultad de su extracción. En esta línea será central observar el rol de China, que posee el 90% de las tierras raras conocidas, pero también el desarrollo de nuevos materiales que reemplazan a otros, o incluso la mejora en las técnicas de reciclaje (Scholten et al., 2020).

Asimismo, al contar Argentina con reservas de litio y otros minerales, también estará en el medio de esta disputa geopolítica, cada cadena de valor de la economía del hidrógeno (transporte, producción, distribución, productos derivados, etc.) traerá aparejados, ganadores y perdedores, y una disputa geopolítica por la misma. Además, el hidrógeno al ser exportado se transforma en otra commodity más, generando dependencia en algunos países consumidores sobre los productores y generando nuevas rutas comerciales junto con sus presiones y conflictos, así como también perjudicando otras de productos que remplace (Van de Graaf, 2020). Es importante destacar que las tensiones geopolíticas fueron también lo que impulsaron el desarrollo de hidrógeno como tecnología, la primera oleada de innovación y desarrollo se dio en el marco de la crisis del petróleo de los 70' (al igual que impulso a las ERNC), frenando ante los avances en eficiencia energética y la caída de los precios del petróleo, la segunda oleada ocurrió a principio de los 2000' ante las problemáticas de seguridad energética de la Unión Europea y de Estados Unidos, en este caso el boom del shale en Estados Unidos paralizó el desarrollo del hidrógeno como alternativa energética, la cual resurge ante la crisis climática en 2018-2019 (Szabo, 2023), esta

tercera ola se ve impulsada en la coyuntura geopolítica actual, con la crisis energética europea ante la guerra de Ucrania.

Hay que señalar que las energías renovables presentan nuevos desafíos geopolíticos, más allá de la competencia por las tierras raras y otros minerales, las ERNC implican un pasaje de mercados oligopólicos a otros más competitivos, ante la abundancia de recursos naturales renovables, también se observan tendencias hacia una regionalización de las relaciones energéticas, ante la imposibilidad de exportar estas energías más allá de las redes de transmisión con países vecinos (Scholten, 2018). Además, implica la posibilidad de la aparición de generación en escalas más pequeñas, con nuevos modelos de negocio, o incluso de manera distribuida, aunque este último caso parece poco probable para la producción de hidrógeno, en los que la escala y el gran costo de capital será un factor importante. Sin embargo, pequeños y medianos parques solares o eólicos podrán abastecer a la producción de hidrógeno verde, tal como sucede en la actualidad con el citado programa MATER, en el cual se abastecen las necesidades energéticas de industrias de diversos rubros.

Finalmente, observamos que Argentina y otros países semi-periféricos son mayormente importadores de tecnología y receptores de inversión extranjera directa, con proyectos de energías renovables no convencionales "llave en mano" de gran escala (Hurtado y Souza, 2018). Este razonamiento va de la mano con el análisis de Lachapelle, MacNeil y Patterson (2016), quienes observan la existencia de una

“división global verde del trabajo”. A partir de estas últimas concepciones, se entiende a la Argentina como un país semi periférico en un contexto de hiperglobalización que recibió en las últimas décadas inversiones extranjeras de ERNC con poco porcentaje de tecnología y componentes nacionales, tal como se observó en el RenovAr y el MATER (Kazimierski, 2022). Esto se puede replicar para el caso particular del hidrógeno, y es un factor a tener en cuenta, para pensar así que la industria del hidrógeno es viable, factible e incluso deseable para Argentina.

6. Conclusión

En un mundo que presenta, por un lado, altas necesidades de consumo de energía como garantía de acceso a los derechos básicos (agua, salud, educación, etc.) y, por otro, la urgencia ambiental de mitigar las causas del calentamiento global, los gobiernos necesitan tomar posiciones en cuanto a la estrategia a seguir. Las presiones de las organizaciones ambientalistas alertan sobre el trilema energético: la seguridad energética, la sostenibilidad ambiental y el acceso al servicio. Las convulsiones geopolíticas actuales mueven el tablero en que los actores económicos mundiales deciden las inversiones de capital, sin dejar por ello de perseguir el acceso a los mercados de rentabilidad más prometedores. Es en dicho presente que el hidrógeno verde, como parte relevante de una canasta de opciones energéticas, puede ofrecer una de las alternativas más viables de desarrollo en Argentina, dadas las potenciales condiciones con las que se cuentan para profundizar en el avance en su producción a escala, ya sea para consumo na-

cional, regional y fundamentalmente como proveedores globales de un planeta que llega a su límite en cuanto a las condiciones de reproducción de la vida.

En una carrera humana en la que el consumo de fósiles ha provocado, por el momento, un daño irreversible e inevitable del medio ambiente, de no tomar las decisiones adecuadas y consensuadas por todos los actores políticos y la sociedad civil, no tendremos la oportunidad en el futuro de revertir la tendencia hacia un aumento de la temperatura que volvería incompatible la vida en la Tierra tal como la conocemos. Aún estamos a tiempo de tomar acciones efectivas y los gobiernos pueden poner en agenda prioritaria la urgencia para la descarbonización. Argentina podría tener un papel determinante si se orientan los incentivos con la convicción de ofrecer lo que el mundo necesita en el momento justo. Para ello, es necesario un trabajo en conjunto de todos los sectores del Estado y los actores civiles. El hidrógeno podría ser el camino al desarrollo. En tanto, el mercado interno del H₂ es de poco volumen, por lo tanto, Argentina no se perfila como jugador predominante en el uso de H₂ verde, pero sí como un potencial exportador. La demanda mundial crecería exponencialmente al 2050 en la ruta a las emisiones netas cero, dependiendo de la velocidad de implementación y el desarrollo de nuevas tecnologías de los países centrales. Actualmente, dada la situación geopolítica mundial, los objetivos de descarbonización de Europa se ven retardados, enfocados en el paradigma de poder cubrir la seguridad energética. Aunque se observa, en un movimiento centrífugo, anuncios de flujos de inversión

del bloque occidental (Europa, Estados Unidos, Japón, Corea del Sur y Australia) hacia “socios confiables” ubicados en la periferia, como América Latina, alejándose por aspectos geopolíticos de Rusia y China.

Las ventajas comparativas que presenta Argentina están dadas por la cercanía a puertos profundos, el acceso a recursos hídricos y la calidad de los vientos en la Patagonia para la generación eólica; lo que lograría ser altamente competitivo en costos de producción y posicionan a la Argentina como un jugador de alto potencial exportador de H₂ verde. No obstante, la carrera en I+D para el desarrollo de electrolizadores más eficientes y de menor costo de inversión, se corre en los países centrales. En este contexto debemos mencionar al consorcio H₂ar Argentina, que es un espacio creado para que empresas trabajen de manera conjunta en la investigación y el desarrollo de la economía del hidrógeno y su cadena de valor. Dicho espacio podría aportar el expertise necesario en un marco institucional afianzado.

Finalmente, se puede trazar un paralelismo con la experiencia del programa RenovAr, dónde quedó demostrado el bajo impacto e integración en las cadenas de valor de locales, la implementación de proyectos renovables y alta demanda de divisas e importación de bienes de capital. A su vez, la dependencia de inversiones de capitales mundiales, exigen marcos normativos para la libre disponibilidad de divisas y blindaje de inversiones en periodos de más de 20 años. Las acciones que tomen los actores privados y los Estados marcarán definitivamente el ritmo y velocidad de

desarrollo, tanto de la oferta como de la demanda, en un marco de elevada incertidumbre y cambios de paradigmas. Esto nos exige pensar en el modelo extractivista de recursos naturales y un desarrollo genuino en trabajo y tecnología nacional integrada al mundo, donde debería debatirse como Nación cuál sería el modelo de desarrollo y de transición energética que pretendemos tener en 50 años. Queda para futuros trabajos analizar como se desarrollará este mercado en las décadas venideras.



Emiliano Dicósimo

Profesor y Licenciado en Historia (UNICEN-FCH). Diplomado en Transición Energética (UNSAM-ECOHOUSE). Maestrando en Relaciones Internacionales (IRI-UNLP).
Becario Doctoral (IGEHCs-CONICET).



Silvana Carabio

Estudiante avanzada Licenciatura en Ciencia Política (UNSAM). Diplomada en Transición Energética (UNSAM-ECOHOUSE). Adscripta en investigación en Política y Ambiente (UNSAM).
Correo electrónico: <mailto:sicarabio@gmail.com>



Federico Lutz

Licenciado en Administración de Empresas (UNLP). Diplomado en Transición Energética (UNSAM-ECOHOUSE).
Correo electrónico: <mailto:federico.lutz.ar@gmail.com>

Bibliografía

Agencia Europea de Medio Ambiente (2017). La energía y el medio ambiente. Disponible en: <https://www.eea.europa.eu/es/senales/senales-2017-configuracion-del-futuro/articulos/la-energia-y-el-cambio-climatico>

DW (20 de enero de 2022). Olaf Scholz inicia su primera visita oficial a Argentina. DW. Disponible en: <https://www.dw.com/es/olaf-scholz-inicia-su-primera-visita-oficial-a-argentina/a-64547443>

Econojournal (25 de agosto de 2022). El hidrógeno como vector para el compromiso del sector gasífero con la transición energética en Argentina. Econojournal. Disponible en: <https://econojournal.com.ar/2022/08/el-hidrogeno-como-vector-para-el-compromiso-del-sector-gasifero-con-la-transicion-energetica-en-argentina>

Fornillo, B. (2018). Hacia una definición de transición energética para Sudamérica: Antropoceno, geopolítica y posdesarrollo. En *PRÁCTICAS DE OFICIO*, v.2, n. 20, dic. 2017 - jun. 2018

Gale, F. (2019). Sustainability. In Shaw, T.M., Mahrenbach, L. C., Modi, R., Yi-chonget, X. (editors) (2019). *The Palgrave Handbook of Contemporary International Political Economy*. Palgrave Handbooks in IPE. ISBN 978-1-137-45442-3.

Gallegos Grossi, H. y Righini, R. (2007). *Atlas de Energía Solar de la República Argentina*. SECYT-UNLu..

Hughes, G. (2014). *My Enemy's Enemy: Proxy Warfare in International Politics*. Brighton: Sussex Academic Press. pp. 5, 12–13. ISBN 978-1845196271.

Hurtado, D., Souza P. (2018). Geoeconomic Uses of Global Warming: The “Green” Technological Revolution and the Role of the Semi-Periphery. *Journal of world systems research*. Vol. 24 Issue 1. pp 124-150. <https://doi.org/10.5195/jwsr.2018.700>

Hurtado, J. I. L., & Soria, B. Y. M. (2007). *El hidrógeno y la energía*. Asociación Nacional de Ingenieros del ICAI.

IDEAM (sf). Atlas Interactivo. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. Colombia. Disponible en: <http://atlas.ideam.gov.co/presentacion/>

IEA (2018). *World Energy Balances 2018*, OECD Publishing, Paris, https://doi.org/10.1787/world_energy_bal-2018-en.

IEA (2019), *The Future of Hydrogen: Seizing today's opportunities*, OECD, Paris Cedex 16, <https://doi.org/10.1787/1e0514c4-en>.

IEA (2021). *Net Zero by 2050 A Roadmap for the Global Energy Sector*. International Energy Agency. Revised version, October 2021 (4th revision). <https://www.iea.org/re->

[ports/world-energy-outlook-2022](#)

IRENA (2020). *Green Hydrogen Cost Reduction: Scaling up Electrolysers to Meet the 1.5°C Climate Goal*. International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi.

IRENA (2021). *Renewable Power Generation Costs in 2020*. International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi. ISBN 978-92-9260-348-9

Jones, B.D. (2021). *To Rule the Waves: How Control of the World's Oceans Shapes the Fate of the Superpowers*. Simon and Schuster.

Kazimierski, M. (2020). La energía distribuida como modelo post-fósil en la Argentina. *Economía, Sociedad y Territorio*, vol. xx, núm. 63, 2020, 397-428. DOI: <https://doi.org/10.22136/est20201562>.

Kazimierski, M (2022). Financiarización en el sector energético argentino: el caso del Programa RenovAr. *CEC Año 8, N.º 15 (2022)* pp.37- 59

Lachapelle, E., MacNeil, R., Paterson, M. (2017) The political economy of decarbonisation: from green energy “race” to green “division of labour”. *New Political Economy*, 22:3, 311-327, DOI: 10.1080/13563467.2017.1240669

Lazard (octubre de 2021). *Lazard's Levelized Cost Of Energy Analysis — Version 15.0*. <https://www.lazard.com/media/sptlfats/lazards-levelized-cost-of-energy-version-150-vf.pdf>

Letcher T.M. (editor) (2022). *Comprehensive Renewable Energy. Second Edition. Volume 9 Environmental and Social Issues*. Elsevier.

Moragues, A. J. (2018). Cambios institucionales e implementación de políticas de energías renovables en las últimas cuatro décadas en Argentina. *Revista Ciencia e Investigación*, Tomo 70, N.º 1. Buenos Aires.

Pendón, M. et al. (2017). Energía renovable en Argentina: cambio de paradigma y oportunidades para su desarrollo. 4º, Jornadas ITE - 2017 - Facultad de Ingeniería - UNLP.

Pisany-Ferry, J. (2021): “La conquista geopolítica de la economía”, Project Syndicate, 30 de septiembre. <https://www.project-syndicate.org/commentary/geopolitics-is-trumping-economics-by-jean-pisani-ferry-2021-09/spanish>

Roca, J.A. (2022). La capacidad de importación de GNL de Europa aumentará un 34% para finales de 2024. *El Periódico de la Energía*. Disponible en: <https://elperiodicodelaenergia.com/la-capacidad-de-importacion-de-gnl-de-europa-aumentara-un-34-para-finales-de-2024/>

Rodrik, Dani (2011). *The globalization paradox, why Global Markets, States and Democracy cant't coexit*. Oxford University Press.

UNFCCC (sf). ¿Qué es el Acuerdo de París?. Disponible en: <https://unfccc.int/es/most-requested/que-es-el-acuerdo-de-paris#:~:text=El%20objetivo%20central%20del%20Acuerdo,m%C3%A1s%20el%20aumento%20de%20la>

Sadik-Zada, E.R (2021). Political Economy of Green Hydrogen Rollout: A Global Perspective. *Sustainability* 2021, 13, 13464. <https://doi.org/10.3390/su132313464>

Sanahuja, J.A. (2022). América Latina: una región ausente en un orden internacional en crisis. En Sanahuja, J.A. y Stefanoni, P. (Ed): *América latina:Transiciones ¿hacia dónde? Informe anual 2022-2023*. Fundación Carolina.

Scholten, D. (2018). *The Geopolitics of Renewables*. An Introduction and Expectations. In *The Geopolitics of Renewables*, Scholten, D (Ed.). Springer.

Scholten, D., Brazilian, D., Overland, I., Westphal, K. (2020). The geopolitics of renewables: New board, new game. *Energy Policy*. Volume 138, March 2020, 111059. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2019.111059>

Serba, T. (2014). *Disrupción Limpia de la Energía y el Transporte. Cómo Silicon Valley Hará Obsoletos al Petróleo, Gas Natural, Carbón, Energía Nuclear, Empresas Eléctricas y Vehículos Convencionales para 2030*. Clean Planet Ventures.

Sergent, A. (2020). Política Energética y política exterior en la Argentina al compás del calentamiento global. En *Perspectivas, Revista de Ciencias Sociales*. ISSN 2525-1112 | Año 5 No. 9 Enero-Junio 2020, pp. 184-209.

Strange, S. (1988). *States and markets*. London: Pinter.

Szabo, J. (2023). The Global Political Economics of Hydrogen. In *The Palgrave Handbook of Global Politics in the 22nd Century*, Horn, L., Mert, A., Müller, F (Eds). Palgrave Macmillan.

Télam (2021). La futura planta de hidrógeno verde duplicará la capacidad del Plan Renovar. Télam. Disponible en: <https://www.telam.com.ar/notas/202111/573462-hidrogeno-verde-planta-construccion-sierra-grande.html>

Télam (2022). YPF y Petronas acuerdan avanzar en el desarrollo de GNL en Argentina con gas de Vaca Muerta. Télam. Disponible en: <https://www.telam.com.ar/notas/202209/603450-alberto-fernandez-ypf.html>

Télam (2023). Litio y gas, los recursos para equilibrar la economía. Télam. Disponible en: <https://www.telam.com.ar/notas/202301/618626-alberto-fernandez-central-termica-ensenada-barragan.html>

Vakulchuk, R., Overland, I., Scholten, D. (2020). Renewable energy and geopolitics: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 122 (2020) 109547.

Van de Graaf, T., Overland, I., Scholtenc, D., Westphald, D. (2020). *Energy Research &*

Social Science 70 (2020). <https://doi.org/10.1016/j.erss.2020.101667>

Y-TEC (2022). Reporte Anual 2021. Consorcio H2AR. Disponible en https://y-tec.com.ar/wp-content/uploads/2022/03/Informe-de-resultados-2021_web.pdf

Villalonga, J.C (2013). *Energías renovables : ¿por qué debería ser prioritario cumplir el objetivo del 8% al 2016? .* - 1a ed. - Ciudad Autónoma de Buenos Aires: Fundación AVINA Argentina.

Vogl, V (2023). Steel Beyond Coal Socio-Technical Change and the Emergent Politics of Steel Decarbonisation. Doctoral Thesis. Lund University, Environmental and Energy Systems Studies. Research Portal. Lund University. <https://portal.research.lu.se/en/publications/steel-beyond-coal-socio-technical-change-and-the-emergent-politic>