

Senderos de la transición energética: el hidrógeno verde en la era del cambio climático*

Trails of the Energy Transition: Green Hydrogen in the Era of Climate Change

Vias da transição energética: o hidrogênio verde na era das mudanças climáticas

Gabriela Wyczykier**

RESUMEN

En el artículo se analizan y sistematizan, desde una perspectiva cualitativa de investigación social, las dimensiones que adopta la promoción del hidrógeno verde como una alternativa para estimular la transición energética en el contexto de la crisis socioecológica y climática y de la aceleración del calentamiento global. El hidrógeno verde es un vector energético que puede contribuir a consolidar un proceso de descarbonización y desfosilización de las matrices energéticas, ya que es un producto de fuentes limpias y renovables. La relevancia progresiva que adquiere entre actores de gobiernos, empresarios y científicos obedece a su potencialidad para abastecer el consumo del transporte, la producción y lo doméstico con nula emisión de gases de efecto invernadero. El despliegue de los megaproyectos y su proyección a nivel global es relativamente novedoso. Por tanto, nos importa situar ciertas cuestiones de relevancia para repasar este proceso en ciernes, atender las virtudes que puede promover para encausar la transición energética, pero también los señalamientos que se distinguen en diversos trabajos e intervenciones con referencia a los problemas que podrían acontecer con su desarrollo. En particular,

Palabras clave:
América Latina,
Argentina,
hidrógeno verde,
megaproyectos,
transición
energética.

* Este artículo se enmarca en la investigación “Problemática energética y disputas sociales: actores, escenarios y conflictos en la Argentina actual”, Universidad Nacional de General Sarmiento, Argentina.

** Argentina. Licenciada en Sociología (UBA). Magister en Diseño y Gestión de Políticas y Programas Sociales, y Doctora en Ciencias Sociales, FLACSO-Argentina. Investigadora-Docente de la Universidad Nacional de General Sarmiento. Investigadora Independiente del CONICET. Buenos Aires, Argentina. gwyczykier@yahoo.com ORCID: 0000-0002-8529-0646

el artículo se enfoca en las propuestas de megaproyectos surgidas en América Latina y en la Argentina.

ABSTRACT

The article analyzes and systematizes, from a social research qualitative perspective, dimensions adopted by the promotion of green hydrogen as an alternative to stimulate the energy transition in the context of the socio-ecological and climatic crisis and the acceleration of global warming. Green hydrogen is an energy vector that can contribute to consolidating a process of decarbonization and defossilization of energy matrices since it is the product of clean and renewable sources. The progressive relevance it acquires among government actors, business people, and scientists are due to its potential to supply transport, production, and domestic consumption with zero greenhouse gas emissions. The deployment of megaprojects and their global projection is relatively new. Therefore, we need to situate specific relevant issues to review this process, taking into account the virtues promoting an energy transition, and consider points highlighted in various works and interventions concerning the problems that could occur with its development. In particular, it focuses on megaproject proposals in Latin America and Argentina.

Keywords:
Latin America,
Argentina,
green hydrogen,
megaprojects,
energy transition.

RESUMO

O artigo analisa e sistematiza, desde uma perspectiva qualitativa de pesquisa social, as dimensões que a promoção do hidrogênio verde adota como uma alternativa para estimular a transição energética no contexto da crise socioecológica e climática e da aceleração do aquecimento global. O hidrogênio verde é um vetor energético que pode contribuir para consolidar um processo de descarbonização e desfossilização das matrizes energéticas, já que é um produto de fontes limpas e renováveis. A relevância progressiva que adquire entre agentes de governos, empresários e científicos obedece a seu potencial para abastecer o consumo doméstico, dos transportes e da produção com nula emissão de gases de efeito estufa. A implementação dos megaprojetos e sua projeção em nível global é relativamente nova. Portanto, nos importa situar certas questões de relevância para revisar esse processo incipiente, considerando as virtudes que pode promover para encaminhar a transição energética, mas também os sinais que se distinguem em diversos trabalhos e intervenções com referência aos problemas que poderiam surgir com o seu desenvolvimento. Em particular, o artigo está enfocado nas propostas de megaprojetos surgidas na América Latina e na Argentina.

Palavras-chave:
América Latina,
Argentina, hidro-
gênio verde, mega-
projetos, transição
energética.

Introducción

Ciertos temas y procesos adquirieron una progresiva relevancia en las agendas y las orientaciones públicas de los Estados nacionales a nivel planetario, en el marco de la crisis civilizatoria y socioecológica que se ha profundizado en las últimas décadas. Uno de ellos es la transición energética, habida cuenta de la aceleración del calentamiento global y la crisis climática. En este plano, la proyección del hidrógeno verde como alternativa para disminuir la dependencia de combustibles fósiles se torna elocuente.

Como analiza parte de la literatura, nos encontramos inmersos en una crisis civilizatoria que adquiere un carácter sistémico, al ligarse simultáneamente con dimensiones medioambientales, energéticas, alimentarias, migratorias, bélicas y económicas, que hacen trastabillar la reproducción de la vida humana y no humana (Lander, 2015). La dinámica de acumulación y progreso del capitalismo tuvo un impulso importante durante el siglo XX con la extensión de las actividades urbano-industriales y la producción de energía a través de recursos fósiles. Como señala Fernández Durán (2010), la disposición de una cantidad creciente de energía barata, transportable, almacenable y de alta densidad energética, como el petróleo, favoreció el despliegue del capitalismo. Sin embargo, el final del acceso fácil a este tipo de fuentes otrora abundantes, y su impacto contundente en la aceleración del cambio climático, alientan la difusión de perspectivas colapsistas sobre la continuidad de la vida en el planeta, tal como la conocemos.

El último informe de prensa del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático de las Naciones Unidas (2021) fue contundente al respecto: se registran cambios en el clima que no tienen antecedentes en cientos de miles de años, como el aumento continuo del nivel del mar, que no se podrá revertir en futuras décadas, ni incluso en siglos. Si no se genera una drástica reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero –aceleradamente y a gran escala–, será imposible lograr el propósito de no sobrepasar el calentamiento cercano a 1,5 o incluso 2 °C. Las emisiones de estos gases vinculados con actividades humanas son responsables de un calentamiento de aproximadamente 1,1 °C desde inicios del siglo pasado. Con ello, es esperable que avancen los derretimientos de hielos, glaciares, espejos de agua dulce, la acidificación de los océanos, el aumento del nivel del

mar, la muerte de los arrecifes de coral, la degradación de suelos, la intensificación de olas de calor y sequías.

Estas advertencias cobran aún mayor significancia luego del acuerdo celebrado por la mayoría de los países reunidos en la COP 21 de París sobre el Cambio Climático en 2015, en la que se comprometieron a desarrollar acciones e inversiones dirigidas a disminuir las emisiones de carbono. Así y todo, la proporción de consumo de combustibles fósiles –principales causantes de la aceleración de este proceso– resulta actualmente preponderante en relación con otras fuentes menos contaminantes. Para el año 2019 aproximadamente el 85% de la generación primaria de energía estuvo en manos del petróleo (33,1%), seguido por el carbón (27%) y el gas natural (24,2%), guarismos que disminuyeron sensiblemente, sobre todo en lo concerniente al consumo de petróleo durante el año 2020, como resultado de la crisis pandémica (British Petroleum, 2020).

La crisis socioecológica del presente se encuentra ligada por tanto a la emergencia climática causada por el impacto de las actividades de origen antropogénico a escala global. El proceso vertiginoso de industrialización, sus estilos de producción y consumo alentaron la fosilización de las matrices energéticas, lo cual provocó el aumento de las emisiones de gases de efecto invernadero y la pérdida de biodiversidad que trae aparejada la utilización ilimitada de recursos naturales (Svampa y Viale, 2020). Para Moore (2016), el problema del capital se vincula asimismo con el agotamiento de las oportunidades para apropiarse de los bienes de la naturaleza con menos trabajo. No son, en suma, las especies, los bosques y los combustibles los que generan las crisis ecológico-mundiales, sino las relaciones de poder, producción y reproducción que se mueven a través de los bosques, los combustibles, los suelos y las especies.

Las relaciones de poder que rodean, atraviesan y estructuran la cuestión energética y las responsabilidades geopolíticas vinculadas con la aceleración del cambio climático son un tema de predominante interés. Geografías como China y Estados Unidos lideran la emisión de gases de efecto invernadero. El consumo de energía se distribuye de manera desigual entre las clases sociales, porque los sectores de mayores ingresos acceden a bienes de alto consumo energético y originan una significativa desigualdad en esta dimensión (Robaina, 2020). De

igual modo, apenas cien empresas concentran el 70% de las emisiones a nivel mundial, y entre ellas ocupan el primer lugar las dedicadas precisamente a los combustibles fósiles (Griffin, 2017).

En este escenario, los países y las regiones se encuentran embarcados en un proceso de transición energética, si bien con distintos grados de intensidad, con uso de recursos públicos y privados, y estrategias políticas desplegadas con el objetivo de incorporar el uso de fuentes de energía limpias y renovables. El hidrógeno verde se ha colocado en la agenda pública de diversas naciones, y concitado el interés de empresas extractivas de bienes naturales y otras que elaboran recursos para el mercado, como una alternativa para proveer energía tanto a los sectores productivos como del transporte y el consumo doméstico. En el contexto de la crisis climática, contiene elementos atractivos para promover el proceso de desfosilización de las matrices energéticas, porque garantiza la nula emisión de gases de efecto invernadero: se obtiene de materias primas como el viento, el agua y el sol. La apuesta por este tipo de hidrógeno ha estimulado una serie de megaproyectos en distintas partes del mundo donde la alianza entre los Estados y el sector privado es la modalidad privilegiada para su financiamiento y producción. América Latina tiene dos megaproyectos en curso con sede en Chile, mientras otros países se encuentran apostando a su desarrollo. En 2021 Argentina acordó los primeros fondos provenientes de inversiones foráneas para encausar un proyecto en la Provincia de Río Negro.

En este artículo proponemos sistematizar y analizar, desde una orientación cualitativa de investigación social, algunas de las aristas que adopta la promoción del hidrógeno verde, enmarcado en el proceso de crisis socioecológica y transición energética que se encuentra en curso a nivel global. Asimismo, nos interesa indagar sobre el tipo de transición que se suscita a partir de la incorporación de este vector energético, y observar de manera particular lo que sucede al respecto en la región y en Argentina. El despliegue de los megaproyectos y su proyección es relativamente novedoso, por tanto, nos importa situar ciertas cuestiones de relevancia para repasar este proceso en ciernes, con atención a las virtudes que puede promover para encausar la desfosilización, pero sin dejar de considerar los señalamientos que se distinguen en diversos trabajos e intervenciones con referencia a los problemas que podrían acontecer con su explotación.

Primeramente, situaremos algunos debates sobre la transición socioecológica y energética, aspectos problemáticos ligados a la reproducción de la sociedad fósil y los interrogantes con relación a las fuentes renovables, a los fines de ubicar la envergadura que adopta el hidrógeno verde en las expectativas públicas y tecnocráticas. Luego, introduciremos dimensiones de interés para analizar que es el hidrógeno verde, sus potencialidades, desafíos, y advertencias con respecto a su viabilidad. Nos concentraremos finalmente en el desarrollo de estos proyectos en América Latina y en Argentina. Para la elaboración de este artículo y el análisis de los enunciados, nos hemos basado principalmente en fuentes y datos secundarios, informes y bibliografía.

Debates sobre la transición y las energías renovables

La transición energética se puede considerar como un aspecto nodal del proceso social más amplio de transición socioecológica. En parte de la literatura especializada, se define como un proceso de cambio social continuo en el que se transforman las relaciones entre la sociedad y el ambiente (Falconí y Vallejo, 2012). La degradación y explotación de los recursos naturales y el entorno ambiental genera distintas orientaciones para lidiar con esta situación; algunos apelan a resoluciones de carácter tecnocrático, otros consideran que el colapso sistémico es inevitable mientras haya sectores que clamen por una transición hacia un futuro de sustentabilidad en su sentido fuerte (Pengue, 2016). Para Svampa y Viale (2020), la transición socioecológica es un concepto y proceso “horizonte”, cuya finalidad mayor es favorecer una interrogación radical acerca del tipo de sociedad y los modelos de desarrollo que consensuemos para el futuro.

Diversas dimensiones adquieren interés interpretativo y propositivo en la orientación de una transición socioecológica que se configura y emerge, y que está sujeta al debate y las acciones de distintos actores sociales, académicos y políticos que inevitablemente enfocan su atención en la cuestión energética, como un aspecto de primer orden. Esto guarda relación con la importancia de las matrices fósiles en la aceleración del cambio climático, pero también (y vinculado a los comportamientos societales) con el problema que supone satisfacer los consumos que requieren un uso intensivo de energía en los hogares, los sectores productivos y el transporte.

La idea de transición energética, como destaca Fornillo (2018), implica el pasaje hacia sociedades que utilicen de manera creciente las fuentes renovables y sustentable. Esta noción, que ha ido ganando notoriedad a nivel global, data de los años setenta del siglo pasado, cuando en Alemania buscaron oponerse a la proliferación de las fuentes nucleares. Luego los diagnósticos sobre el pico de disponibilidad en las reservas de petróleo y los cuestionamientos a la sociedad fósil se colaron progresivamente en las agendas políticas.

Las perspectivas sobre este proceso no son unívocas de todos modos, aunque algunas pueden resultar predominantes si se consideran las acciones emprendidas por las distintas naciones para encararlo. De carácter ineludible y con velocidades y características heterogéneas, esta transición tiende a enfocarse en el cambio de fuentes exclusivamente. Se otorga poca relevancia desde los poderes públicos a un conjunto de elementos que condicionan y conforman la problemática energética visualizada como un sistema.

Como indican Bertinat y Chemes (2021), las propuestas de transición energética pueden ser muy diversas, e identifican dos grandes grupos. Por un lado, se destacan las perspectivas llevadas adelante por actores que observan en la crisis climática una oportunidad de negocios y un potencial para erigirse en una posición de dominio geopolítico. Esta orientación de la transición estimula una perspectiva corporativa que adopta una narrativa tecnocrática y procapitalista, la cual los autores enuncian como “transición energética corporativa”. Aquí no se cuestiona la perspectiva productivista del desarrollo y la extensión de procesos extractivos de bienes de la naturaleza. Más bien cambia la mercantilización de recursos fósiles por las fuentes renovables y de alto valor tecnológico, sin alterar la lógica de consumo predominante en la sociedad. Por el contrario, se distinguen sectores que bregan por una transición energética sostenida en la justicia socioambiental, que resulte participativa, cooperativa y democrática. Su narrativa es vitalmente anticapitalista y propone una “transición energética popular”. Para ello se propone un cambio de sistema energético, no solo de matriz, lo cual implica cuestionar las relaciones sociales e institucionales, las políticas públicas, la concentración de los bienes energéticos, las desigualdades en el acceso a la energía, su consideración como un derecho, entre otros factores a transformar.

En todos los casos, la incorporación de fuentes renovables se advierte como un elemento indispensable para disminuir los efectos de la aceleración del cambio climático, dado que el sector energético es el principal responsable de la emisión de gases de efecto invernadero. De lo que se trata, en relación a las perspectivas de la transición, es de si la energía continuará formulada en este proceso como una mercancía sujeta a procesos de apropiación y consolidación de sectores dominantes que se favorecen con su explotación; o, por el contrario, si será entendida como un bien común y colectivo¹. En estas últimas orientaciones, modificar los estilos de producción y consumo de una sociedad se torna indispensable para promover la transición.

La preponderancia de los combustibles fósiles en las matrices energéticas genera contundentes impactos en la crisis climática. Como ya apuntamos, las emisiones de gases de efecto invernadero inciden de forma directa en la aceleración del calentamiento global, ya que retienen el calor del sol dentro de la atmósfera y provocan un aumento de la temperatura de la Tierra. Estos gases son principalmente el dióxido de carbono, el metano, el óxido nitroso y los gases fluorados. Si bien la mayoría se produce de forma natural, aspectos como el uso, producción y transporte de energías no renovables, la industria, la ganadería, la agricultura y la gestión de residuos han ocasionado un incremento sostenido en su promoción. La quema de combustibles como el petróleo, el gas natural y el carbón es la principal causa de la emisión de dióxido de carbono; al tiempo que en su transporte y producción se emite además metano (EPA, s/f). El sector energético en América Latina representa el 44% de las emisiones totales que genera la región, si bien es una proporción menor en comparación con la Unión Europea (87%,) o el mundo de manera general (76%) (Carvajal Ledesma et al., 2021).

Welsby et al. (2021) *estimaron que, para limitar el calentamiento global a una temperatura de 1,5 °C en relación con la época preindustrial, se requiere que casi el 60% del petróleo y el gas, y el 90% del carbón permanezcan sin extraer de cara al 2050. Para ello, la producción de petróleo y gas tendría que disminuir a nivel mundial en un 3%*

1 Los bienes comunes se entienden como aquellos de acceso universal y gestión democrática, cuyo uso se sostiene en el tiempo desde una titularidad colectiva.

cada año. Pero la mayoría de las regiones debe alcanzar el pico de producción en el presente, o durante la próxima década, por lo que una reducción pondría en cuestión la viabilidad de muchos proyectos de combustibles fósiles que se encuentran operativos o bien planificados, así como las ganancias de las empresas vinculadas a la producción de energía fósil.

Solo veinte empresas produjeron en conjunto los combustibles que ocasionaron la emisión de 480 mil millones de toneladas de dióxido de carbono y metano entre 1965 y 2017. Ello representó el 35% de las emisiones mundiales de los fósiles en ese periodo, liderado por corporaciones como Saudi Aramco, Chevron, Gazprom, ExxonMobil, BP, Royal Dutch Shell (Heede, 2020).

La desigualdad en el consumo de combustibles fósiles y las consecuencias que ello forja también es rastreadable entre clases sociales. Así lo demuestra un estudio que compara los ingresos económicos y el consumo de energía en 86 países: el 10% de los ingresos superiores consume aproximadamente veinte veces más energía que el 10% inferior. En consecuencia, las personas mejor posicionadas en la estructura social consumen bienes que requieren mucha energía, ligada a estancias y viajes de vacaciones o el uso de automóviles. En estos últimos se llega a gastar incluso 187 veces más combustible en comparación con el 10% inferior (Oswald et al., 2020).

En términos globales, hacia el año 2019 la capacidad de generación de energía a través de fuentes renovables fue dos veces mayor que la de los fósiles, con un 7,6% de incremento. Principalmente, las energías hidroeléctrica, eólica, solar, geotérmica y bioenergética representaron el 72% de toda esa expansión energética (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, 2020).

La incorporación de fuentes de energía renovables en los distintos países avanza de modo lento y desigual. De acuerdo con un informe publicado por el Foro Económico Mundial en 2021, en un ranking compuesto por 115 países se advierte que 92 han realizado mejoras en la última década, aunque solo 13 lo han logrado de modo sustantivo. Suecia, Noruega y Dinamarca lideran la transición hacia el uso de energías limpias, aunque diez de los países con mejores resultados representan alrededor del 2% de la población mundial y un 3% de las

emisiones de dióxido de carbono relacionadas con la energía. En la lista promedian países de América Latina como Chile en el lugar 34, México en el 46 y Argentina en el 47. China e India, por su parte, que en conjunto representan un tercio de la demanda mundial de energía, se sitúan en las posiciones 68 y 87, respectivamente (Foro Económico Mundial, 2021).

El desarrollo de las fuentes renovables en las matrices de los distintos países (heterogéneos y de velocidades disímiles) permite reconocer algunas cuestiones de importancia analítica. Como apuntamos anteriormente, los compromisos de la mayoría de las naciones asumieron como factor crítico la necesidad de morigerar la emisión de gases dañinos para el ambiente, pero también ponderaron la previsión respecto a la disponibilidad de recursos fósiles en escenarios energéticos venideros, las dificultades tecnológicas, así como los retos geopolíticos que todo esto representa.

Las reservas y la extracción a través de técnicas como la fractura hidráulica de los hidrocarburos no convencionales, o la extracción de petróleo *offshore*, han renovado las expectativas de los países con estos recursos de gas y petróleo (el caso de Argentina, Estados Unidos, Canadá, China, Rusia, Brasil), de cara a lidiar con el autoabastecimiento de energía, por un lado, y encausar los negocios de exportación, por otro. No obstante, los altos costos operativos que se requieren para su extracción y sus impactos ambientales y territoriales habilitan un conjunto de interrogantes sobre los escenarios futuros para su viabilización (Roa Avendaño y Scandizzo, 2017; Núñez, 2022; Wyczykier y Acacio, 2021).

Con respecto a las energías renovables, el petróleo, el gas y el carbón suponen una serie de ventajas, algunas de las cuales se mantienen en la actualidad: su disponibilidad no depende de los ritmos naturales; se almacenan de manera sencilla; contienen una alta densidad energética; son fácilmente transportables; poseen versatilidad en los usos. En cambio, frente a los combustibles fósiles que se utilizan en forma de energía almacenada, las renovables son flujos que representan poca concentración, lo cual demanda altas cantidades de espacio físico. Por tanto, ramas como el transporte pesado, la construcción, el comercio y la industria petroquímica se hacen difíciles de sostener con energías renovables (Gonzales Reyes, 2020).

La disponibilidad de estas energías renovables implica otros aspectos problemáticos a tener en cuenta, que pueden reproducir algunas lógicas propias de la era de los combustibles fósiles. El sol y el viento son fuentes limpias, pero para que puedan brindar electricidad se necesitan minerales como el cobalto, el cobre, el litio, el níquel y elementos de tierras raras que no son renovables y muestran poca disponibilidad para cubrir la futura demanda de energía. Acceder a estos elementos de tierras raras también resulta problemático por cuestiones geopolíticas y ambientales; puede desencadenar conflictos políticos, sociales e impactos ecológicos de diversa magnitud (Honty, 2014; Klare, 2021).

Ciertamente, la energía solar se capta en gran parte mediante paneles solares fotovoltaicos, muchas veces instalados en huertas solares. El viento requiere de turbinas gigantes que se colocan en grandes parques eólicos. El transporte, los automóviles y camiones necesitan baterías que utilizan cobre y otros minerales no renovables. Los molinos eólicos demandan un grupo de 17 sustancias metálicas dispersas en la corteza terrestre, pero rara vez se hallan en concentraciones explotables. En la actualidad, aproximadamente el 70% de los elementos de tierras raras provienen de China, y las reservas de litio se ubican mayormente en Bolivia, Argentina y Chile, seguidos por Estados Unidos, Australia y China (Klare, 2021; Tiempo Minero, 2021).

En ese escenario, la energía que puede provenir de la generación de hidrógeno verde adquiere en el concierto de las fuentes limpias y renovables un interés cada vez mayor a nivel mundial, dado que puede jugar un rol preponderante en el proceso de descarbonización y desfosilización, y por tanto fomentar la disminución acentuada de emisiones de gases de efecto invernadero.

En términos de los distintos aspectos a dimensionar alrededor del tipo de transición energética que puede ocasionar, las inquietudes no resultan menores, ya que ciertas lógicas que predominan en la producción, concentración y distribución de los combustibles en la era fósil se podrían replicar en la era del hidrógeno verde.

El hidrógeno verde como solución para la transición

El hidrógeno (H₂) es un vector energético (no una materia prima), por lo que resulta imposible encontrarlo naturalmente en su estado puro.

Se clasifica de los siguientes modos: a) gris (proviene de fuentes fósiles como el gas natural y el carbón, o a partir de la electricidad generada con combustibles fósiles); b) rosa (se obtiene mediante la electricidad producida por las centrales nucleares); c) azul (procede de fuentes fósiles, pero, a diferencia del gris, su producción es considerada neutral en términos de emisión de gases de efecto invernadero porque surge del proceso de captura y almacenamiento del carbono); d) verde (se elabora a partir de fuentes de energía renovable, a través de la electrolisis que permite separar el agua en hidrógeno y oxígeno). Se observa con claridad que es este último hidrógeno el que podría cumplir un lugar destacado en el proceso de descarbonización (Agencia Internacional de la Energía, 2021; Banco de Desarrollo de América Latina, 2021; Proaño, 2021).

El hidrógeno y algunos de sus derivados como el amoníaco han multiplicado su consumo por más de tres veces desde 1975. Sin embargo, el hidrógeno gris que se produce a partir de fuentes fósiles es el que domina el mercado. El problema es que hoy el hidrógeno se origina casi exclusivamente a partir de los combustibles fósiles: tanto el 6% del gas natural mundial, que permite generar tres cuartas partes del hidrógeno total, como el 2% del carbón se destinan a la producción de hidrógeno. En consecuencia, su elaboración aporta 830 millones de toneladas de dióxido de carbono al año, equivalente a las emisiones de CO₂ del Reino Unido e Indonesia en conjunto (Agencia Internacional de la Energía, 2021; Fernández Munguía, 2021). En suma, el 99% del hidrógeno usado como combustible se produce en la actualidad a partir de fuentes no renovables, mientras que menos del 0,1% surge de la electrolisis del agua. De acuerdo con datos ofrecidos por el Parlamento Europeo, el 43% del hidrógeno producido en el mundo se utiliza para elaborar el amoníaco que se destina al desarrollo de los fertilizantes agrícolas; el 52% se usa para refinar y depurar hidrocarburos, y el 5% restante se emplea para la síntesis del metanol y otras aplicaciones (Ecologistas en Acción, 2021).

Aunque el proceso para generar hidrógeno verde no resulta complejo, el desafío es contar durante su producción con un abastecimiento de electricidad abundante que provenga de fuentes renovables: la electrolisis implica utilizar corriente eléctrica para descomponer agua en oxígeno e hidrógeno.

Según advierte la bibliografía, su ventaja para viabilizar el proceso de descarbonización de los sistemas energéticos es contundente, porque puede ofrecer tres veces más energía que los combustibles fósiles y, en el caso del verde, no produce dióxido de carbono. El hidrógeno es una sustancia capaz de guardar energía que luego puede ser liberada en otro lugar, y por ello es comparable a una batería de litio que almacena electricidad, y no a un combustible fósil como el gas natural. Su atractivo para enfrentar el cambio climático se encuentra en su capacidad para sustituir el uso de combustibles fósiles en sectores críticos y de difícil reemplazo por otras fuentes renovables, como el transporte marítimo, aéreo y terrestre, los procesos industriales, y también para abastecer el consumo de los hogares. Permite además acumular energía en períodos largos de tiempo, que luego será utilizada cuando el consumo lo requiera. El hidrógeno se puede transportar por tuberías como el gas, y en forma líquida en barcos, tal como el gas natural licuado (Agencia Internacional de la Energía, 2019; Fernández Munguía, 2021).

Como corolario de esta versatilidad y potencialidad, así como de su proyección, la elaboración de hidrógeno se impulsa desde un conjunto de actores que advierten su relevancia para abastecer el mercado interno y también para la exportación. De este modo, gobiernos que compran y venden energía, empresas que se dedican a la producción de fuentes renovables, fabricantes de automóviles, compañías ocupadas en la explotación de combustibles fósiles —entre las que se encuentran Repsol, BP y Shell— se distinguen entre quienes han lanzado proyectos de hidrógeno verde. Actores económicos orientados a la venta de tecnología le prestan también sustantiva atención. En este escenario, la Unión Europea difundió a mediados del año 2020 un plan para estimular el hidrógeno verde, con el compromiso de invertir 430 mil millones de dólares a lo largo de una década. Mientras tanto, el actual presidente de los Estados Unidos prometió generar las condiciones para que el acceso a electricidad producida a través del hidrógeno verde tenga los mismos costos que el hidrógeno convencional (Agencia Internacional de la Energía, 2019; Smink, 2021).

Se espera que estas expectativas se concreten a través del despliegue de megaproyectos en distintos países del mundo, que en su mayoría se encuentran en fase de planificación, y anhelan incrementar

significativamente la oferta de hidrógeno verde. Estados como Austria proponen construir cinco megaproyectos en su territorio para aprovechar sus recursos eólicos y solares; en los Países Bajos, la petrolera Shell conduce un proyecto para obtener hidrógeno verde a partir de energía eólica *offshore*; en Alemania, los planes se ubican en el mar del Norte, con un consorcio de 27 empresas entre las que se incluye Shell, junto a instituciones de investigación y organizaciones que utilizarán la energía eólica como fuente primaria. China, principal productor mundial de hidrógeno con fuentes fósiles, prevé la construcción de un megaproyecto para generar hidrógeno verde a partir de fuentes solares y eólicas en Mongolia, con el liderazgo de una empresa público-estatal. Los países de América Latina, por su parte, también pretenden sumarse a este proceso aprovechando las fuentes de energía renovable que podrían disponer para estos fines (Smink, 2021).

El costo de las inversiones para producir este vector energético es muy elevado en el presente, razón por la cual todavía no se advierten aplicaciones generalizables. Sin embargo, distintas instituciones públicas y privadas se encuentran ávidas por estimular su desarrollo. Se debe considerar que el costo de la energía verde para producir este tipo de hidrógeno influye en un 60% en el valor final de la energía, a lo cual se suma la logística para su transporte y almacenaje, seguridad, redes de distribución, estaciones de recarga (Bleger y Pieamonte, 2021).

Al mismo tiempo, es importante advertir sobre los efectos territoriales y ambientales ligados a la producción del hidrógeno verde. Algunos estudios destacan lo siguiente: a) los impactos por la extracción de los minerales necesarios para la producción de energía a través de fuentes renovables; b) la ocupación e intervención en los territorios cuando se instalan centrales eléctricas y plantas fotovoltaicas; c) la utilización de grandes cantidades de agua dulce, que pudiera generar problemas de escasez hídrica y sequía; d) la fabricación y almacenamiento del hidrógeno presenta riesgos cuando se manipula; e) su significativa volatilidad impide almacenarlo por un largo período de tiempo; f) la tecnología para llevar adelante el proceso de electrolisis, que demanda materiales raros cuya demanda se irá incrementando. Asimismo, y como señalamos, el impulso del hidrógeno verde ha implicado la reactivación o estímulo de grandes proyectos de infraestruc-

tura, y ello podría generar consecuencias en el aumento del consumo energético (Ecologistas en Acción, 2021; Proaño, 2021).

Otras advertencias, como las realizadas por Rekondo (2020), afirman que la obtención de hidrógenos verde necesita de una inversión energética anterior, mediante plantas fotovoltaicas o solares. Ello puede provocar pérdida de eficiencia energética, ya que su fabricación y almacenamiento tiene importantes pérdidas que podrían reducir la eficiencia del proceso al 30% o más en muchas de sus aplicaciones. Para producir 35 kW de energía de hidrógeno verde, por ejemplo, se deben emplear 55 kW de energía renovable, lo cual disminuye la rentabilidad del proceso.

La producción de una tonelada de hidrógeno mediante electrólisis puede requerir un promedio de nueve toneladas de agua, que se deben purificar. Pero este proceso implica a su vez derrochar ese recurso. Los sistemas de tratamiento generalmente requieren unas dos toneladas de agua impura para producir una tonelada purificada. Si se adicionan las pérdidas en el proceso, cada tonelada de hidrógeno necesita 20 toneladas de agua. Transportar el agua al sitio de un electrolizador, y purificarla, incrementa sustantivamente los costos de producción (Slav, 2020).

Algunas voces atentas al avance de los proyectos de estas características sostienen que tanto las principales compañías petroleras como Shell y BP, ávidas de realizar inversiones en la producción de hidrógeno verde, como los gobiernos de Canadá, China, Alemania, Japón, Noruega, Portugal, Estados Unidos, Reino Unido, Países Bajos y Australia, los cuales ya planificaron avanzar con su producción, utilizan este tema como una justificación para viabilizar importantes intereses comerciales y acelerar la construcción de infraestructura de energía renovable a gran escala. Lo anterior puede ocasionar impactos destructivos sobre comunidades y biodiversidad, aspectos que suelen soslayarse en estos procesos (Cabello, 2021).

América Latina y los avances del hidrógeno verde

La matriz energética de América Latina y el Caribe se nutre sobre todo de fuentes fósiles. El gas natural lidera con un 34%, seguido por el 31% del petróleo. La energía hidroeléctrica aporta un valor significativa-

mente menor con un 8%; la solar, un 6%; la geotermia y la nuclear, un 1%, mientras que el 19% restante proviene del carbón vegetal y otros recursos como la leña. Al distinguirlo por sectores, se aprecia que el transporte es el más intensivo en uso de energía con un 52% de consumo; le sigue la industria con un 18% y el sector residencial con un 13%. Es importante destacar que las tres cuartas partes de la electricidad son producidas por energía hidroeléctrica, considerada una fuente limpia y renovable, si bien las represas impactan en los ecosistemas y los territorios donde se emplazan (Hernández Téllez, 2020).

América Latina aporta el 5% de las emisiones mundiales de gases de efecto invernadero, en su mayoría provenientes del sector energético. Y si bien las energías eólicas y solar crecen, solo representan un 6,6% de la capacidad instalada. Por consiguiente, tres cuartas partes de la producción de energía se originan en los recursos fósiles, al tiempo que se constata el avance de proyectos extractivos en torno a los hidrocarburos en varios países de la región. Brasil y Colombia cuentan con una proporción importante de energía hidroeléctrica, mientras que Perú y Argentina utilizan el petróleo y el gas como fuente principal de electricidad. Al no contar con recursos fósiles en sus territorios, naciones como Costa Rica, Uruguay y Chile presentan planificaciones más consolidadas que se orientan al desarrollo de fuentes renovables y limpias de energía (Koop, 2021a).

La situación de la región con respecto a las expectativas de producción de energía fósil dista significativamente del marco de las acciones contundentes para afrontar los compromisos climáticos asumidos a nivel global, si tenemos en cuenta que entre el 66 y el 81% de sus reservas no deben ser explotadas (Solano-Rodríguez et al., 2021). En este contexto, sin embargo, distintos países se embarcan en el análisis y viabilización de marcos institucionales y proyecciones tecnológicas para incluir en el mediano plazo al hidrógeno verde como alternativa energética para abastecer su mercado y consumo interno, con la expectativa adicional de nutrir los requerimientos de la demanda internacional de energía.

En fecha reciente, la Comisión Económica para América Latina (CEPAL) indicó que el estímulo a las energías renovables, entre ellas el hidrógeno verde en particular, podría contribuir a la creación de empleo, al abastecimiento de energía eléctrica a los sectores que aún no

gozan de este bien, al enfrentamiento a la pobreza y el cambio climático. Al ser las energías limpias un foco de interés en las inversiones extranjeras directas, se pudiera aprovechar el contexto para profundizar el proceso de transición energética.

Entre los países que han alentado con mayor énfasis el hidrógeno se destaca Chile, primero en la región en presentar una Estrategia Nacional de Hidrógeno Verde, en noviembre de 2020. Con este plan, el país se propone disminuir sus emisiones de gases de efecto invernadero y transitar hacia las energías limpias diversificando la matriz, además de estimular el desarrollo de industrias locales y alentar el mercado de la exportación. Esos objetivos resultan comunes al resto de las naciones que persiguen el fomento de este vector energético. El proceso de descarbonización incitaría, al mismo tiempo, una fuente de divisas, al aprovechar los recursos renovables del territorio para estos fines. Como figura en su programa estratégico: “Chile se convertirá en un exportador de energías renovables al mundo, a través de sus energéticos y productos con sello verde” (Ministerio de Energía de Chile, 2020, p. 3).

Chile es la única nación en América Latina con dos proyectos en desarrollo: HyEx (perteneciente a la empresa energética francesa Engie y a la empresa chilena de servicios mineros Enaex), y Highly Innovative Fuels (HIF), que involucra a AME, Enap, Enel Green Power, Porsche y Siemens Energy. HyEx se encuentra ubicado en el norte del país, y desarrollará el hidrógeno verde a partir del recurso solar, con el objetivo de utilizarlo en la actividad minera. El HIF se encuentra en la geografía opuesta, en la Región de Magallanes y la Antártica chilena, y utilizará la energía eólica para generar combustibles. La perspectiva es reemplazar el combustible fósil que se utiliza en el transporte, la calefacción y la producción agrícola e industrial. El interés del país andino en desarrollar el hidrógeno verde recalca en los acuerdos climáticos, pero se debe advertir también que casi no posee recursos propios y depende de la importación de energías no renovables para su mercado interno como el gas y el petróleo.

Otros países de la región se encuentran en una fase de análisis de la producción de hidrógeno verde. Colombia lo está evaluando dentro de un plan a 30 años. En Costa Rica se organizó la Alianza del Hidrógeno entre empresas públicas y privadas con el objetivo de generar oferta y

demanda de este recurso. La Alianza representa a diferentes actores de la cadena de valor del hidrógeno verde, como los vinculados a las energías renovables, la infraestructura de hidrógeno, los distribuidores de gas, las compañías de vehículos. En el caso de Uruguay, se instrumentará una planta piloto en Montevideo para producir hidrógeno verde destinado al transporte pesado o al combustible de barcos. Para el desarrollo del vector, se fomenta el compromiso del sector público y privado. El gobierno se propone incentivar las inversiones de empresas extranjeras en la producción, a cambio de garantizar contratos para que provean al Estado. El mercado de la exportación se avizora también como una oportunidad en la promoción de esta energía (Koop, 2021b).

El hidrógeno verde en Argentina

El potencial argentino en recursos solares y eólicos para producir hidrógeno verde ha convalidado la existencia de un proyecto en ciernes, pero con intenciones de adquirir mayor dinamismo a mediano y largo plazo. Las políticas orientadas a la promoción de las energías renovables, analiza Kazimierski (2021), lograron un importante protagonismo en 2015, a partir de la sanción de la Ley N°27.191 y la asunción del gobierno de Mauricio Macri ese año. La ley estableció que los usuarios de energía eléctrica debían alcanzar el 12% de su consumo a partir de la generación de fuentes renovables hacia el 2019, guarismo que no se logró. Aun así, se pasó del 2 al 9% de consumo de las mismas. Según Kazimierski, el programa RenovAr, con el que se apostó al desarrollo de las renovables, resultó seductor para quienes llevaron adelante estrategias cortoplacistas. El financiamiento de las inversiones fue una limitación crítica para la evolución del sector.

Es posible sostener, asimismo, que la existencia de recursos fósiles en el territorio argentino, en especial de los hidrocarburos no convencionales, la dependencia del consumo de gas y petróleo a nivel local y las perspectivas de exportación que los funcionarios públicos depositan en estos bienes naturales lentifican las políticas de transición energética hacia las energías limpias. En ese sentido, no se han impulsado políticas públicas consecuentes que alienten el desarrollo del hidrógeno verde. Pero ciertamente se han realizado avances de articulación entre el sector privado y el público tecnológico y científico para intentar encausar este recurso.

Argentina contaba con una Ley de Promoción del Hidrógeno (26.123) sancionada en el año 2006. Esta norma tenía por finalidad promover la investigación, el desarrollo, la producción y el uso del hidrógeno como combustible y vector energético que se genera a través de fuentes primarias provenientes de recursos renovables y no renovables; y regularlo para su uso en la matriz energética. Aquella ley no fue reglamentada, y por tanto el gobierno nacional presentó ante el Congreso en el 2022 un nuevo proyecto de ley de Economía del Hidrógeno, con el fin de actualizar la ley N° 26.123. Diversos actores políticos, empresarios y sociales se encuentran interesados y atentos a la formulación de esta normativa, con el interés de colocar la producción del hidrógeno verde en un lugar destacado.

Entre dichos actores se distingue La PlataformaH2 Argentina, que se conformó a fines del 2020 con la participación de entidades académicas, organizaciones no gubernamentales y cámaras empresarias. Estas comenzaron a realizar reuniones para plasmar una hoja de ruta del hidrógeno para el país, con el foco puesto en el desarrollo del verde, si bien no descartan la producción de otros tipos de hidrógeno en las primeras etapas del desarrollo.

En igual dirección y con la intención de producir hidrógeno, Yacimientos Petrolíferos Fiscales (YPF²) empresa de mayoría accionaria nacional que es dominante en la producción de hidrocarburos, promovió a través de su empresa Y-TEC³ de investigaciones tecnológicas el consorcio H2AR, conformado por empresas que se encuentren involucradas en la cadena de valor: automotrices, generadoras de energía eléctrica, transportadoras y distribuidoras de gas natural, refinadoras de petróleo, productoras y consumidoras de hidrógeno, grandes consumidores de energía, entre otras⁴. Junto con el Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas de Argentina se proponen trabajar en los próximos años en el estudio de escenarios para la pro-

2 La empresa YPF produce en la actualidad hidrógeno gris y azul que consume en su totalidad y utiliza para autoabastecerse.

3 Y-TEC es una empresa de tecnología creada en 2013 por YPF (51%) y CONICET (49%).

4 Algunas de las empresas que conforman este consorcio son YPF, Siemens Energy, Toyota Argentina, Cargill, Alstom Group, Pampa Energía, Tenaris, Ternium, Scania, YPF Luz, Profertil, Compañía MEGA, TGN, TGS, Genneia, Baker Hughes, Sumitomo Corporation, Loma Negra, entre otras.

ducción, transporte y exportación de hidrógeno. En este esquema, no solo se privilegian las fuentes de energía renovables (como la eólica y la solar), sino también las reservas de gas natural. Lo anterior muestra el interés en producir hidrógeno en su versión no contaminante (baja contaminación relativa), habida cuenta de las reservas fósiles que posee el territorio nacional.

En el marco del Consejo Económico y Social lanzado por el presidente Alberto Fernández a inicios del 2021, se organizó el foro “Hacia una Estrategia Nacional Hidrógeno 2030”. El Consejo está formado por sectores sindicales, empresarios, científicos, y tiene como meta arribar a consensos sobre temas prioritarios para el desarrollo nacional. El primer mandatario Fernández expresó lo siguiente:

(...) nos hemos planteado como objetivo político la conformación de una matriz energética que sea inclusiva, dinámica, federal, soberana y sustentable. La futura producción de hidrógeno tiene todas las potencialidades para satisfacer cada uno de los objetivos mencionados. Estamos desarrollando las capacidades científico-tecnológicas nacionales para ampliar nuestra cadena de valor del hidrógeno. Tenemos por delante una verdadera revolución energética: la energía limpia y libre de carbono es la energía del futuro. (Gobierno de Argentina, 18 de mayo de 2021)

En este evento los expositores se refirieron a las potencialidades del hidrógeno para acelerar la transición energética y posicionar al país como líder regional. Se resaltaron los recursos no solo para la producción del verde, sino también para el azul, que proviene del gas natural y cuenta con la existencia de una red de gasoductos que viabilizan su utilización, e incluso para el rosa, que se puede producir a través de la energía nuclear. La presidenta de la Comisión Nacional de Energía Atómica (CNEA) destacó la importancia de la generación de este tipo de hidrógeno y propuso evaluar la utilización del calor de las centrales nucleares de cuarta generación, al señalar el aporte de la energía nuclear a la transición energética y la diversificación de la matriz. En esa línea, desde la Organización Internacional de la Energía Atómica se argumentó que si todo el hidrógeno se produjera utilizando energía nuclear se podrían eliminar más de 500 megatoneladas anuales de emisiones de dióxido de carbono. Los reactores nucleares de potencia se pueden combinar así con una planta de producción de hidrógeno,

y a través de un sistema de cogeneración desarrollarlo a través de electrólisis o procesos termoquímicos (Fisher, 2020).

Algunos expertos destacan de igual modo la posibilidad que ofrecen hidrocarburos como el gas en Argentina. Consideran viable producir hidrógeno azul en un horizonte de 15 a 20 años, a través del desarrollo de tecnología propia y la creación de nuevos puestos de trabajo. No obstante, si bien podría ser más rápida la implementación para producir hidrógeno azul en comparación con el verde, existen aún una serie de limitaciones para eso. Fabiana Gennari, investigadora principal del Conicet y de la Comisión Nacional de Energía Atómica, indicó lo siguiente con respecto al hidrógeno azul: “Está más cercano a implementarse, pero todavía hay muchísimos desafíos tecnológicos, entre ellos la eficiencia energética, porque la captación de CO2 requiere energía, cuyas emisiones pueden superar a la ganancia obtenida por la captación” (Lewkowicz, 2021).

Norma Amadeo, directora del Instituto de Tecnologías del Hidrógeno y Energía (CONICET/UBA), destaca un aspecto adicional a considerar en la producción de hidrógeno verde: se origina a partir de la biomasa. Para ello, se puede obtener bioetanol a partir de residuos agroforestales y reformularlo en etanol para producir hidrógeno. Es el mismo sistema de obtención de hidrógeno a partir de gas natural; el proceso es neutro en carbono porque el que se produce es consumido mediante la fotosíntesis de la biomasa en crecimiento. De este modo, sería factible reemplazar a las refinerías tradicionales que usan petróleo por biorrefinerías que emplean biomasa (Consejo Económico y Social, 2021).

Con esto quedan planteadas una serie de alternativas con respecto a la perspectiva nacional para incentivar la producción de este vector energético, que augura instalarse con fuerza a nivel mundial como parte del proceso de transición de las matrices energéticas. Por un lado, en el corto y mediano plazo se auspicia aprovechar los recursos gasíferos de Argentina para intensificar la economía del hidrógeno, así como también considerar el proveniente de la energía nuclear. Ambos recursos, es importante advertir, se encuentran atravesados, sin embargo, por distintas controversias en torno a la emisión de gases de efecto invernadero que genera la producción de gas (aún más el no convencional) y a los impactos el ambiente de los residuos nucleares.

En palabras de Javier Papas, subsecretario de Planeamiento Energético del Ministerio de Economía,

Argentina cuenta con un potencial enorme y prácticamente único en el mundo gracias a los abundantes recursos gasíferos y la red de distribución asociada, los altos niveles de varianza solar en el norte del país, los vientos de la Patagonia y la experiencia en la energía nuclear. A la vez, hay que sortear grandes escollos en materia de incertidumbre económica, financiera y tecnológica. (Lewkowicz, 2021)

La proyección de Vaca Muerta, con sus reservas de gas no convencional, entusiasma todavía más a dirigentes políticos y sectores tecnocráticos sobre la posibilidad de contar con la fuente primaria indispensable para producir el hidrógeno azul⁵.

Sin embargo, la explotación de gas no convencional en Vaca Muerta pudiera generar como contrapartida la emisión de gases de efecto invernadero que trae consigo la extracción a través de la técnica de la fractura hidráulica. Este es un aspecto al que se debe prestar atención si el desarrollo del hidrógeno tiene como meta principal contrarrestar los efectos climáticos que producen los combustibles fósiles. Con esta advertencia, el Comité de Derechos Económicos, Sociales y Culturales de las Naciones Unidas expresó en su informe de 2018 su preocupación con respecto a Vaca Muerta, al comunicar que la explotación de las reservas de *shale gas* (gas de esquisto) consumiría un porcentaje significativo del presupuesto mundial de carbono frente al objetivo de un calentamiento de 1,5°C estipulado en el Acuerdo de París. De continuar con la política de explotación, el Estado argentino contribuiría en consecuencia a vulnerar los derechos económicos y sociales de la población mundial y las futuras generaciones.

Durante el 2021, el Ministerio de Ciencia y Tecnología llevó adelante una serie de encuentros con el fin de analizar el potencial y los desafíos tecnológicos para el desarrollo de la cadena de valor del hidrógeno en Argentina. Esta iniciativa cuenta con el incentivo de articular fructíferamente ciencia, tecnología y desarrollo, y de viabilizar una relación favorable entre desarrollo, energía y ambiente en el contexto

5 Vaca Muerta es una formación geológica ubicada principalmente en la zona norpatagónica, que coloca a la Argentina en el segundo y cuarto lugar global en la disposición de recursos de gas y petróleo no convencional, respectivamente.

del cambio climático. Se resaltan asimismo las ventajas competitivas de Argentina en su territorio nacional, en relación con la posibilidad de producir energía solar y eólica en el noroeste, el noreste y la región patagónica, lo cual resultaría central para darle perspectivas viables a la producción de hidrógeno verde en particular.

Los desafíos todavía son múltiples en materia tecnológica, normativa, regulatoria y económica. En la actualidad se promueve la inversión desde la cartera de ciencia y tecnología con el propósito de financiar proyectos de investigación para evaluar distintos aspectos vinculados con el hidrógeno, y encausar luego políticas públicas dirigidas a estimular su producción. Por lo tanto, Argentina, al igual que la mayoría de los países de la región, se encuentra mayoritariamente en una fase de estudio, evaluación y fomento de articulación entre el sector público y el privado para promover el hidrógeno en sus distintas versiones, si bien cuenta en el presente con un primer proyecto con financiamiento internacional a radicarse en la Provincia de Río Negro. Al igual que en otras geografías, las empresas ligadas con distintas fases de la denominada cadena de valor del hidrógeno, las vinculadas con la producción de fósiles y otras industrias, se encuentran entre las convocadas e interesadas en observar y participar en la evolución de este proceso.

Como señalamos, en agosto 2021 se firmó un acuerdo marco para iniciar tareas de prospección y factibilidad para proyectos de hidrógeno verde en Río Negro. Esta provincia se encontraba atenta a esta oportunidad, en el entendido que las empresas y los Estados a nivel global lo consideran la alternativa más efectiva para limitar y morigerar el impacto de los combustibles fósiles en la aceleración del cambio climático. En esa dirección, desde la gobernación habían organizado una convocatoria a inversores de todo el mundo que mostraría los resultados de un informe encargado al instituto alemán Fraunhofer (anticipaba el interés global en la producción de este bien). Para la secretaria de Energía de la provincia, Andrea Confini, la comparación con Vaca Muerta se encontraba en el horizonte de expectativas favorables:

Somos como, no quiero decir, la Vaca Muerta del hidrógeno, pero para que se entienda de los niveles cuando uno habla de hidrógeno en Río Negro. Tenemos una capacidad de generación eólica muy grande y las proyecciones son increíbles a nivel mundial. (Heredia, 2021)

Confini marcaba las virtudes comparativas de las tierras provinciales con respecto a la geografía europea:

Europa tiene una saturación en la instalación de renovables. Molestan visualmente los paneles y el ruido de los molinos porque están muy metidos en la misma situación urbana. Entonces, la posibilidad del hidrógeno aliviaría la contaminación visual o sonora de este grupo de países que tienen tanto desarrollo de los recursos renovables. (Heredia, 2021)

En el mes de noviembre de 2021 se anunció el inicio del primer proyecto para producir hidrógeno verde en el país, que contará con una inversión en la zona de Punta Colorada por 8 400 millones de dólares de la firma australiana Fortescue Future Industries. Se prevé la creación de 15 mil nuevos puestos de trabajo directos, y entre 40 y 50 mil indirectos. El ministro del Desarrollo Productivo, Matías Kulfas, dijo al respecto: “Se va a convertir el viento en un proceso industrial, en un producto exportable. En definitiva, estamos hablando de un recurso natural, renovable, que va a generar un aporte importantísimo, para el mundo y para todos los argentinos” (Gobierno de Argentina, 2021).

La empresa australiana, pionera en invertir en Argentina en la promoción del hidrógeno verde, se creó en el año 2020 con el propósito de abocarse al desarrollo de las energías renovables. Se trata de una subdivisión de Fortescue Metals Group, fundada en 2003 para dedicarse al desarrollo de grandes depósitos de mineral de hierro. Ha construido algunas de las mineras más importantes del mundo, y en noviembre de 2018 adquirió la empresa argentina de exploración Argentina Minera y sus 48 concesiones mineras para explorar cobre y oro en San Juan.

Reflexiones finales

La posibilidad que habilita el hidrógeno verde en el proceso de descarbonización global, por su capacidad de almacenar energía que puede provenir de fuentes limpias y renovables, introduce una serie de dimensiones que nutren el debate con respecto al modo en que la transición energética es considerada por actores públicos y empresarios, al tiempo que la mercantilización de la energía se revitaliza. Salgado y Scandizzo (2021) advierten que el proyecto y el interés de provincias como Río Negro por promoverlo confirman los rasgos del modelo de

producción de energía propio del modelo fósil, y la posición que países del Sur Global ocupan en esta dinámica. Los principales consumidores de hidrógeno verde serán países centrales como China, Japón, Alemania, entre otros, los cuales persiguen sustituir el consumo de fósiles sin transformar sus modelos de consumo y producción. Y esto impulsa nuevamente procesos productivos extractivos y el uso de minerales, tanto para la generación y el transporte de electricidad como para la construcción de electrolizadores.

Tal como señalaron las autoridades de Río Negro, la necesidad de externalizar los impactos ambientales de la producción de fuentes renovables por parte de los países europeos (en este caso los de tipo sonoros y visuales, aunque podrían tener otras características, según señalamos en apartados anteriores) posiciona favorablemente a las regiones del Sur Global ante el interés de los capitales transnacionales y los Estados por desarrollar megaproyectos fuera de sus territorios.

Esta lógica de desarrollo en la extracción y producción de recursos provenientes de fuentes y bienes primarios, vale recordar, ha sido un patrón consecuente que ha plasmado un modo de inserción de los países de América Latina que, como refiere Merlisnky, nos sitúa como exportadores de naturaleza (Sabatés, 2021).

Como se aprecia con la promoción de distintos recursos energéticos como el gas y el petróleo, que han renovado las expectativas para la dirigencia política nacional y subnacional respecto a la posibilidad de estimular la exportación y obtener divisas a través la explotación de Vaca Muerta (Cantamutto, 2021; Svampa y Viale, 2020), el hidrógeno verde se coloca en igual consideración. Así, se proyecta la producción de energía como un negocio que en el marco de las políticas mundiales para lidiar con el cambio climático reúne anhelos que auguran una proyección a largo plazo de mayor aliento que los combustibles fósiles. Estos últimos están destinados, más temprano que tarde, a quedar bajo tierra.

Los consensos públicos, apoyos empresariales y sociales en torno a la producción de hidrógeno verde se podrán encausar y consolidar en la promesa al desarrollo que trae consigo: creación de fuentes de trabajo directo e indirecto, aprovechamiento de ventajas climáticas y fuentes renovables, contribución sustantiva para la transición energética y

ecológica, habida cuenta de su capacidad para nutrir las necesidades de sectores como el transporte, la producción y el consumo, y para almacenar energía. Sin embargo, los interrogantes y los problemas por revisar aún son de importancia sustantiva: los efectos territoriales y ambientales de los megaproyectos requeridos para la producción, el consumo del agua que demanda el proceso, los costos elevados para su viabilización, entre otras cuestiones destacadas en estas páginas.

En términos del tipo de transición energética que el desarrollo del hidrógeno verde augura, resalta la corporativa (Bertinat y Chemes, 2021) en el presente. Las alianzas entre el sector público y privado, el interés de las empresas dedicadas a los combustibles fósiles, e incluso de aquellas orientadas a otros procesos extractivos como la minería, por solo mencionar algunas, advierten la persistencia de un marcado interés mercantilizador. Su apreciación como un negocio destinado a la exportación destaca entre los principales anhelos de los países latinoamericanos.

Es factible que el hidrógeno verde se convierta en una alternativa de peso para que la descarbonización de las matrices energéticas a nivel global se acelere y viabilice, pero los pilares de la sociedad fósil que han conducido a producir y reproducir desigualdades en el acceso a la energía como un derecho social y humano (así como la relación entre energía y territorio, energía y ambiente) se deben cuestionar y revisar. En ese sentido, resulta imperioso exceder la mirada sobre la matriz, para pensar este proceso en términos de sistema, que comprende dimensiones complejas y relacionales de carácter político, social, económico y tecnológico.

Referencias

Agencia Internacional de la Energía. (14 de junio de 2019). *International action can scale up hydrogen to make it a key part of a clean and secure energy future, according to new IEA report* [La acción internacional puede aumentar el hidrógeno para convertirlo en una parte clave de un futuro energético limpio y seguro, según un nuevo informe de la AIE]. IEA. <https://www.iea.org/news/international-action-can-scale-up-hydrogen-to-make-it-a-key-part-of-a-clean-and-secure-energy-future-according-to-new-iea-report>

- Agencia Internacional de la Energía. (2022). *Global hydrogen demand continues to grow but faster action is needed to reach Net Zero Emissions target by 2050* [La demanda mundial de hidrógeno continúa creciendo, pero se necesita una acción más rápida para alcanzar el objetivo de cero emisiones netas para 2050]. IEA. <https://www.iea.org/fuels-and-technologies/hydrogen>
- Banco de Desarrollo de América Latina. (3 de febrero de 2021). *El hidrógeno y su relación con energías renovables y sus excedentes*. CAF. <https://www.caf.com/es/conocimiento/visiones/2021/02/el-hidrogeno-y-su-relacion-con-energias-renovables-y-sus-excedentes/>
- Bertinat, P. y Chemes, J. (19 de julio de 2021). Las transiciones energéticas: ¿corporativas o populares? *FUNDAMENTAR*. <https://fundamentar.com/internacional/item/6531-las-transiciones-energeticas-corporativas-o-populares>.
- Bleger, D., y Piemonte, A. (17 de septiembre de 2021). La generación de hidrógeno verde como energía renovable. *Bolsa de Comercio de Rosario. Informativo Semanal*, año XXXIX, 1-5. <https://www.bcr.com.ar/es/mercados/investigacion-y-desarrollo/informativo-semanal/noticias-informativo-semanal/la-generacion>
- British Petroleum. (2020). *Statistical Review of World Energy*. <https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/statistical-review/bp-stats-review-2020-full-report.pdf>
- Cabello, J. (9 de julio de 2021). *Energías renovables e “hidrógeno verde: ¿un nuevo rostro de destrucción?* Movimiento Mundial por los Bosques Tropicales. <https://wrm.org.uy/es/articulos-del-boletin-wrm/seccion1/energias-renovables-e-hidrogeno-verde-un-nuevo-rostro-de-destruccion/>
- Cantamutto, F.J. (2020). Vaca Muerta y las elusivas promesas de desarrollo en Argentina. *Ensayos de Economía*, 30(56), 185-209. <https://doi.org/10.15446/ede.v30n56.82342>
- Carvajal Ledesma, F., Hallack, M. y Snyder, V. (23 de diciembre de 2021). ¿Estamos disminuyendo las emisiones de energía en América Latina y el Caribe? *Energía para el futuro*. <https://blogs.iadb.org/energia/es/disminucion-emisiones-de-energia-en-america-latina-y-el-caribe/>

- CEPAL. (22 de junio de 2021). *América Latina y el Caribe tiene todas las condiciones para convertirse en un hub de energía renovable con gran potencial en hidrógeno verde*. CEPAL. <https://www.cepal.org/es/noticias/america-latina-caribe-tiene-todas-condiciones-convertirse-un-hub-energia-renovable-gran>
- Consejo Económico y Social. (2021). *Hacia una Estrategia Nacional. Hidrógeno 2030*. Presidencia de Argentina. https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/segundo_documento_ ces_hidrogeno.pdf
- Ecologistas en Acción. (2021). *Hidrógeno: ¿la nueva panacea? Mitos y realidades de las expectativas del hidrógeno en España*. <https://www.ecologistasenaccion.org/wp-content/uploads/2021/09/informe-hidrogeno-2021-castellano.pdf>.
- Falconí, F. y Vallejo, M.C. (2012). Transiciones socioecológicas en la región andina. *Revibec. Revista Iberoamericana de Economía Ecológica*, 18, 53-71. <https://raco.cat/index.php/Revibec/article/view/253531>.
- Fernández Durán, R. (2010). *La quiebra del capitalismo global: 2000-2030. Crisis multidimensional, caos sistémico, ruina ecológica y guerras por los recursos. Preparándonos para el inicio del colapso de la civilización industrial*. Ecologistas en Acción.
- Fernández Munguía, S. (26 de abril de 2021). El hidrógeno verde es una de las grandes apuestas de la UE para la transición energética: estas son sus fortalezas (y sus debilidades). *Xataka*. <https://www.xataka.com/energia/ue-quiere-que-hidrogeno-verde-sea-actor-clave-transicion-energetica-estas-sus-fortalezas-sus-debilidades>.
- Fisher, M. (2020). Más que una fuente de electricidad sin más. *Boletín del OIEA*. <https://www.iaea.org/sites/default/files/6131821es.pdf>
- Fornillo, B. (2018). Hacia una definición de transición energética para Sudamérica: Antropoceno, geopolítica y posdesarrollo. *Prácticas de Oficio*, 2(20), 46-53.
- Gobierno de Argentina (18 de mayo de 2021). *Foro “Hacia una Estrategia Nacional Hidrógeno 2030” para el desarrollo de una matriz energética inclusiva y sustentable*. <https://www.argentina.gob.ar/noticias/foro-hacia-una-estrategia-nacional-hidrogeno-2030-para-el-desarrollo-de-una-matriz>

- Gobierno de Argentina (27 de noviembre de 2021). *Kulfas, Carreras y la CEO de Fortescue recorrieron la zona del proyecto para producir hidrógeno verde*. <https://www.argentina.gob.ar/noticias/kulfas-carreras-y-la-ceo-de-fortescue-recorrieron-la-zona-del-proyecto-para-producir>
- González Reyes, L. (2020). *Colapso del capitalismo global y transiciones hacia sociedades ecocomunitarias. Mirando más allá del empleo*. Manu Robles Arangiz Fundazioa.
- Griffin, P. (2017). *The Carbon Majors Report*. CDP. <https://www.toxicologia.org.ar/wp-content/uploads/2017/08/carbon-majors-report-2017.pdf>
- Grupo Intergubernamental de Expertos Sobre el Cambio Climático. (9 de agosto de 2021). *Comunicado de prensa IPCC*. https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2021/08/IPCC_WGI-AR6-Press-Release-Final_es.pdf
- Heede, R. (23 de julio de 2020). Fossil fuel producers and the climate: responsibilities and opportunities [Los productores de combustibles fósiles y el clima: responsabilidades y oportunidades]. *OpenGlobalRights*. <https://www.openglobalrights.org/fossil-fuel-producers-and-climate-responsibilities-and-opportunities/>
- Heredia, F. (23 de julio de 2021). Río Negro es como la Vaca Muerta del hidrógeno verde. *Energía online*. <https://www.energiaonline.com.ar/rio-negro-es-como-la-vaca-muerta-del-hidrogeno-verde/>
- Hernández Téllez, A.H. (2020). *Panorama de la situación energética en América Latina*. Fundación Heinrich Böll. <https://co.boell.org/es/2020/04/15/panorama-de-la-situacion-energetica-en-america-latina>
- Honty, G. (2014). Límites de las energías renovables. *Ecuador Debate*, 92, 103-116.
- Kamal, R. (20 de abril de 2021). *Resilience Needed to Jump Start Final Stages of Energy Transition, Study Finds* [Resiliencia necesaria para impulsar las etapas finales de la transición energética, según un estudio]. Foro Económico Mundial. https://www.weforum.org/press/2021/04/resilience-needed-to-jump-start-final-stages-of-energy-transition-study-finds-4d6c6ae198?utm_source=newsletter&utm_medium=Planeta%20Mauna%20Loa&utm_campaign=202100422

- Kazimierski, M.A. (2021). Hidrógeno verde en Argentina: ¿un nuevo orden extractivo? *Revista Huellas*, 25(2),103-118. <http://dx.doi.org/10.19137/huellas-2021-2521>
- Klare, M. (30 de julio de 2021). Litio, cobalto y tierras raras. La carrera por los recursos pospetróleo. *Viento Sur*. <https://vientosur.info/litio-cobalto-y-tierras-raras-la-carrera-por-los-recursos-pospetroleo/>
- Koop, F. (8 de junio de 2021[a]). América Latina demora su transición energética por los combustibles fósiles. *Diálogo Chino*. <https://dialogochino.net/es/clima-y-energia-es/43661/>.
- Koop, F. (7 de abril de 2021[b]). El hidrógeno verde da sus primeros pasos en América Latina. *Inter Press Service*. <https://ipsnoticias.net/2021/04/hidrogeno-verde-da-primeros-pasos-america-latina/>
- Lander, E. (2015). Crisis civilizatoria, límites del planeta, asaltos a la democracia y pueblos en resistencia. *Estudios Latinoamericanos*, 36, 29-58. <https://doi.org/10.22201/cela.24484946e.2015.36.52598>
- Lewkowicz, J. (25 de mayo de 2021). Plan para desarrollar el hidrógeno. *Página 12*. https://www.pagina12.com.ar/343639-plan-para-desarrollar-el-hidrogeno?gclid=Cj0KCQjwwY-LBhD6ARIsACvT72N871JvbVEA-0T5asCalPrOYcJ1j5pSCq9qbqGfUjMpG5W9m_CpEPUaAoC6EALw_wcB
- Ministerio de Energía de Chile. (2020). *Estrategia Nacional de Hidrógeno Verde*. https://energia.gob.cl/sites/default/files/estrategia_nacional_de_hidrogeno_verde_-_chile.pdf
- Moore, J.M. (2016). Crisis: ¿ecológica o ecológico-mundial? *Laberinto*, 47, 71-75.
- Núñez, J.A. (2022). Sudamérica en la geopolítica de los hidrocarburos. Una aproximación a los casos de Vaca Muerta y el Présal. *Relaciones Internacionales*, 31(62), 59-75. <https://doi.org/10.24215/23142766e145>
- Oswald, Y., Owen, A. y Steinberger J.K. (2020). Large inequality in international and intranational energy footprints between income groups and across consumption categories. *Nature Energy*, 5, 231-239. <https://doi.org/10.1038/s41560-020-0606-9>
- Pengue W.A. (2016). Recursos, transición socioecológica y política ambiental. *Fronteras*, 14, 17-37. <https://>

- publicacionescientificas.fadu.uba.ar/index.php/fronteras/
issue/view/43/43
- Proaño, M. (2021). ¿Economía del Hidrógeno para Latinoamérica? No, gracias. *Energía y Equidad*. <http://energiayequidad.com/economia-del-hidrogeno-para-latinoamerica-no-gracias/>
- Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. (20 de abril de 2020). *Crece la generación de electricidad con fuentes renovables en 2019*. ONU. <https://www.unep.org/es/noticias-y-reportajes/reportajes/crece-la-generacion-de-electricidad-con-fuentes-renovables-en-2019>
- Rekondo, J. (29 de noviembre de 2020). El hidrógeno verde, ¿una panacea? *Noticias de Gipuzkoa*. <https://www.noticiasdegipuzkoa.eus/opinion/tribuna-abierta/2020/11/29/hidrogeno-verde-panacea/1071679.html>
- Roa Avendaño, T.R. y Scandizzo, H. (2017). Qué entendemos por energía extrema. En *Extremas. Nuevas fronteras del extractivismo energético en Latinoamérica* (pp. 5-10). Oilwatch Latinoamérica. https://co.boell.org/sites/default/files/20180525_libro_extremas_version_para_web.pdf
- Robaina, E. (16 de marzo de 2020). El 10% más rico consume aproximadamente 20 veces más energía que el 10% más pobre. *Climática*. <https://www.climatica.lamarea.com/el-10-mas-rico-consume-aproximadamente-20-veces-mas-energia-que-el-10-mas-pobre/>
- Solano-Rodríguez, B., Pye, S., Peihao, L., Ekins, P., Manzano, O. y Vogt-Schilb, A. (2019). *Implications of Climate Targets on Oil Production and Fiscal Revenues in Latin America and the Caribbean*. Inter-American Development Bank. <https://doi.org/10.18235/0001802>
- Sabatés, P. (10 de agosto de 2021). Gabriela Merlinsky: “Somos exportadores de naturaleza”. *Página 12*. <https://www.pagina12.com.ar/360469-gabriela-merlinsky-somos-exportadores-de-naturaleza>
- Salgado, L. y Scandizzo, H. (15 de junio de 2021). Hidrógeno verde: la nueva ilusión rentista del gobierno rionegrino. *Observatorio Latinoamericano de Conflictos Ambientales*. <https://olca.cl/articulo/nota.php?id=108767>
- Smink, V. (31 de marzo de 2021). Hidrógeno verde: 6 países que lideran la producción de una de las energías del futuro (y cuál es el

- único latinoamericano). *BBC News Mundo*. <https://www.bbc.com/mundo/noticias-56531777>
- Slav, I. (2020). The Green Hydrogen Problem That No One Is Talking About [El problema del hidrógeno verde del que nadie habla]. *OILPRICE*. <https://oilprice.com/Energy/Energy-General/The-Green-Hydrogen-Problem-That-No-One-Is-Talking-About.html>
- Svampa, M. y Viale, E. (2020). *El colapso ecológico ya llegó. Una brújula para salir del (mal)desarrollo*. Siglo XXI Editores.
- Tiempo Minero. (22 de marzo de 2021). Reservas de litio en el mundo, países con mayor cantidad. <https://camiper.com/tiempominero-noticias-en-mineria-para-el-peru-y-el-mundo/reservas-de-litio-en-el-mundo-paises-con-mayor-cantidad/>
- Welsby, D., Price, J., Pye, S. y Ekins, P. (2021). Unextractable Fossil Fuels in a 1.5 °C World. *Nature*, 597, 230-237. <https://doi.org/10.1038/s41586-021-03821-8>
- Wyczykier, G. y Acacio, J. (2021). Sobre promesas, esperanzas públicas y resistencias sociales en las tierras del fracking: Vaca Muerta en cuestión. *e-I@tina. Revista Electrónica de Estudios Latinoamericanos*, 19(74), 62-87. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=496465125007>