



Las controversias sobre el Hidrógeno Verde: interrogantes para la descarbonización vía des fosilización

The controversies about Green Hydrogen: questions for decarbonization via defossilization

Recibido
25 | 02 | 2023

Aceptado
05 | 08 | 2023

Publicado
30 | 09 | 2023

Gabriela Wyczykier | gwyczykier@yahoo.com

Instituto de Ciencias - Universidad Nacional de General Sarmiento; Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas. Argentina

RESUMEN

En el marco de una crisis sistémica y socio ecológica que singulariza la etapa actual del capitalismo, los procesos de transición energética han adquirido un lugar de jerarquía en las agendas públicas de diversos países. Si bien con distinta velocidad y características, los actores estatales, empresarios, científicos y sociales se encuentran afrontando acciones, investigaciones, programas, proyectos públicos y privados para reemplazar el uso de fuentes de energía de origen fósil por renovables. La emisión de gases de efecto invernadero proceden mayormente de la combustión del petróleo, el gas y el carbón, y por tanto el proceso de descarbonización y des fosilización resulta una meta de insoslayable relevancia para desacelerar el calentamiento global. Dentro de las alternativas energéticas que se promueven para llevar adelante este proceso, la producción de Hidrógeno Verde ha ido generando expectativas favorables no tan solo para abastecer el consumo interno de energía no contaminante sino además, como mercancía de exportación. En este artículo se sistematizan dimensiones vinculadas a la producción de este vector energético, problematizando una serie de controversias relacionadas con su impulso. Como varios megaproyectos se encuentran aún en una fase de planificación en distintas geografías, se reponen de modo analítico y descriptivo cuestiones en etapa de discusión y disposición de información con referencia a los interrogantes, advertencias y potencialidades de esta clase de hidrógeno con respecto de los recursos que se utilizan, el modelo de desarrollo y de transición que implica su expansión, sus posibles efectos territoriales, ecológicos y ambientales. La metodología utilizada es de orientación cualitativa, y las fuentes de información privilegiadas son de carácter secundario (informes técnicos, testimonios de diversos actores sociales, científicos, económicos, expresados en medios de difusión, bibliografía).

Palabras clave: Transición energética; Descarbonización; Des fosilización; Hidrógeno Verde; Megaproyectos.

ABSTRACT

Within the framework of a systemic and socio-ecological crisis that singles out the current stage of capitalism, the energy transition processes have acquired a place of hierarchy in the public agendas of various countries. Although with different speeds and characteristics, state, business, scientific and social actors are facing actions, research, programs, public and private projects to replace the use of fossil energy sources with renewable ones. The emission of greenhouse gases comes mainly from the combustion of oil, gas and coal, and therefore the process of decarbonization and defossilization is a goal of unavoidable relevance to slow down global warming. Within the energy alternatives that are promoted to carry



out this process, the production of Green Hydrogen has been generating favorable expectations, not only to supply the internal consumption of non-polluting energy, but also as an export merchandise. In this article, dimensions related to the production of this energy vector are systematized, problematizing a series of controversies related to its impulse. As several megaprojects are still in a planning phase in various geographies, issues in the discussion stage and information provision are replaced in an analytical and descriptive way with reference to the questions, warnings and potentialities of this class of hydrogen with respect to the resources that are used, the development and transition model that their expansion implies, their possible territorial, ecological and environmental effects. The methodology used is qualitatively oriented, and the privileged sources of information are of a secondary nature (technical reports, testimonies from various social, scientific, economic actors, expressed in the media, bibliography).

Key words: Energy transition; Decarbonization; Defossilization; Green Hydrogen; Megaprojects.

1. INTRODUCCIÓN

La problemática energética ocupa un lugar destacado en la mayoría de las agendas públicas a nivel global. Ello obedece a una serie de factores, entre los que se subraya la crisis climática ambiental, conflictos geopolíticos, la disponibilidad cada vez más acotada de hidrocarburos convencionales y de acceso barato en comparación con los no convencionales. Por ello, la transición energética se encuentra en curso, promoviendo en términos generales el reemplazo progresivo del uso de fuentes fósiles por otras limpias y renovables. Este proceso se produce sin embargo con velocidades y características disimiles en las diversas regiones y países, con una persistencia aún significativa de la producción y consumo de hidrocarburos.

En este escenario, el Hidrógeno Verde adquiere relevancia entre actores políticos, económicos, tecnocráticos, y científicos, como alternativa para alentar el proceso de desfosilización de las matrices energéticas. Sin embargo, se detectan un conjunto de controversias que alientan debates, intercambios e interrogantes sobre distintos aspectos con referencia a su despliegue.

Ciertamente, varios especialistas advierten que estamos atravesando una crisis sistémica, civilizatoria, socioecológica que implica la articulación y concatenación de una serie de procesos que singularizan la etapa actual del capitalismo. De este modo, se consignan situaciones problemáticas ligadas a la esfera alimentaria, bélica, económica, ambiental, cultural que arroja interrogantes sobre el modelo de desarrollo predominante, ligado a un paradigma productivista y de anhelo de crecimiento ilimitado (Lander, 2019).

Uno de los aspectos sobresalientes de esta crisis se relaciona con la aceleración del calentamiento global, cuestión señalada con énfasis y constatada con información sistemática por grupos científicos para mostrar las consecuencias de las actividades de origen antropogénico sobre el planeta. Como bien afirma en esta línea el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC), durante los próximos veinte años el planeta experimentará un ascenso de la temperatura media global de 1,5 °C producto de la emisión de gases de efecto invernadero por el uso de combustibles fósiles, la expansión de la actividad ganadera que implica además el avance de la deforestación, la contaminación que se genera por actividades humanas en las ciudades (IPCC, 2022)

En consecuencia, se produce un cambio de circulación de océanos, aumento del nivel del mar, eventos climáticos extremos, olas de calor y de frío, ascienden o disminuyen las



precipitaciones, retroceden los glaciares, suceden migraciones forzadas, aumenta el estrés término en el trabajo, se altera la biodiversidad e incrementan las desigualdades ya que los sectores más vulnerables - mujeres, niños, jóvenes- suelen ser afectados con mayor cuantía por estos procesos.

Diversos intelectuales y analistas de distintas disciplinas han denominado a esta etapa con el nombre de Antropoceno, porque consigna un nuevo tiempo donde el ser humano se ha investido en una fuerza de transformación geológica sin precedentes, generando cambios irreversibles sobre la biodiversidad y el clima. Es un concepto, como sostiene Svampa (2019), que pone de manifiesto los límites de la naturaleza, las estrategias de desarrollo predominantes y el paradigma cultural de la modernidad. Autores ecomarxistas como James Moore prefieren consignar a esta etapa con el nombre de Capitaloceno, enfocándose en la crisis del capital afectado por el agotamiento de las oportunidades para apropiarse de los bienes de la naturaleza con menos trabajo. No son por tanto las especies, los bosques y los combustibles los que forjan las crisis ecológico-mundiales, sino las relaciones de poder, producción y reproducción que se mueven a través de los bosques, los combustibles, suelos y especies (Moore, 2016)

Los combustibles fósiles son los principales emisores de gases de efecto invernadero. Cuando éstos se queman, liberan dióxido de carbono y otros gases que capturan el calor de la atmósfera, resultando los responsables directos de la aceleración del calentamiento global. Las emisiones provenientes del carbón representan el 44 % del total mundial: emite 3,5 toneladas de CO₂ para producir una tonelada de energía, esto es 1,5 veces más que el gas; 1,3 veces más que el petróleo. Este último representa la mitad aproximadamente de las emisiones de carbono en países como Estados Unidos, y alrededor de un tercio del total mundial. El gas natural encarna asimismo una quinta parte de emisión de gases contaminantes - en particular metano - (Nunez, 2022)

La urgencia climática es sin dudas uno de los factores de mayor importancia que empuja los procesos de des fosilización y descarbonización de las matrices energéticas. Sin embargo, algunas previsiones sostienen que la producción de los combustibles fósiles ha entrado en una meseta o bien en proceso de encarecimiento y disponibilidad cada vez más comprometido. Por caso, en 2005 la extracción de petróleo convencional se estancó en una meseta irregular y levemente descendente, el gas natural probablemente alcanzará su techo en 2020-2039 y el carbón en 2025-2040. La tasa de descenso de este último será más lenta que la del resto de combustibles fósiles porque su extracción es menos intensiva en energía y tecnología (González Reyes, 2020)

La cantidad de energía que se requiere para acceder a estos bienes aumenta progresivamente, encareciéndose el proceso de extracción. Ciertas estimaciones indican por ejemplo que, en Estados Unidos, con la energía equivalente de un barril de petróleo a inicios del siglo XX, se podían extraer más de 100 barriles de crudo, mientras en la actualidad, con la misma cantidad de energía se obtienen menos de diez barriles en los pozos de este país. Ello significa que la Tasa de Retorno Energético fue disminuyendo drásticamente con el pasar de los años (Alvarez, 2012)

La población mundial es altamente dependiente del consumo de energía proveniente de recursos fósiles. Para el año 2019 aproximadamente, el 85% de la generación primaria a nivel global estuvo en manos del petróleo (33,1%), seguido por el carbón (27%) y el gas natural (24,2%) (BP, 2020). China, luego Estados Unidos e India lideran estos consumos, tanto por sus niveles de producción como así también por su densidad de población.

En este escenario, las energías derivadas de fuentes limpias y renovables ganaron trascendencia y notabilidad como alternativas para avanzar en el proceso de descarbonización y des fosilización. Ello implica que los estados y las empresas lleven adelante un conjunto de acciones orientadas a eliminar el consumo de combustibles fósiles, y para disminuir en variados casos la dependencia de los hidrocarburos en economías que deben importarlos por carecer de estos recursos en sus territorios o bien, por la prohibición jurídica de acceder a los mismos (caso de varios países para realizar tracking)¹

El hidrógeno verde (HV) no es un combustible sino un vector que permite almacenar energía que se produce a partir del viento y el sol. A diferencia de las fuentes renovables, su potencialidad promete reemplazar el uso de hidrocarburos en sectores críticos como el del transporte, el uso de maquinaria pesada, entre otras facilidades. No obstante, y al igual que el resto de los procesos que generan energía, su producción se encuentra vinculada a una serie de controversias que traducen desacuerdos y puntos de vista diferentes y muchas veces en conflicto en torno de asuntos que adquieren carácter público.

Prácticamente, el HV no se encuentra aún en producción comercial y masiva, pero los megaproyectos que están encarando actores públicos y empresarios en distintos países del mundo, así como las expectativas gubernamentales que su mercantilización augura, lo sitúa en un lugar destacado de las agendas globales de transición energética. Por ello, varios países se hallan embarcados en la dinamización de su elaboración no tan solo para satisfacer

¹ El fracking o fractura hidráulica es la técnica privilegiada para acceder a los hidrocarburos no convencionales y de difícil acceso. Diversas denuncias en torno a sus riesgos y efectos ambientales han llevado a distintos Estados a reglamentar moratorias o bien a prohibir el desarrollo de este proceso extractivo.

requerimientos locales de energía sino aún más, por su perspectiva de negocios. En esta dirección, descarbonización y des fosilización no implican que las relaciones societales que han sostenido históricamente la producción de hidrocarburos y las consecuencias que ello ha generado, no se reproduzcan con el desarrollo de las fuentes limpias y renovables.

La cuestión energética, como destaca Bertinat (2015), no debe ser tratada solamente observando la producción y consumo de determinados volúmenes físicos, sino que es importante incluir a las políticas públicas, los conflictos sectoriales y sociales, las alianzas geopolíticas, las estrategias empresariales, los desarrollos tecnológicos, la diversificación productiva, el tipo de lógica empresarial que caracteriza al sistema, la relación entre energía y distribución de la riqueza, entre energía y matriz productiva, y las demandas sociales.

En el presente artículo proponemos sistematizar un conjunto de dimensiones vinculadas a la producción del Hidrógeno Verde, problematizando una serie de controversias relacionadas con su desarrollo. Como aún se encuentra en una fase mayormente de promoción y elaboración de proyectos por parte de actores públicos en alianza con sectores científicos y empresarios para su estímulo a nivel global y regional, este escrito repondrá de modo analítico y descriptivo ciertas variables y cuestiones que se encuentran en una etapa de discusión y disposición de información, en especial durante el último quinquenio, con referencia a interrogantes, advertencias y beneficios de este vector energético. La metodología utilizada es de orientación cualitativa, y las fuentes de información privilegiadas serán de carácter secundario: informes técnicos, testimonios de diversos actores sociales expresados en medios de difusión, bibliografía. No se ha privilegiado ninguna geografía en particular para situar el análisis, si no que se han recuperado informes, diagnósticos, e inquietudes que se presentan con interés para reponer las controversias sobre el tema que nos ocupa.

Primeramente, situaremos potencialidades y problemas con respecto al desarrollo del HV, para luego introducir aspectos debatidos y discutidos en relación con los megaproyectos, los recursos y bienes que requiere su elaboración, y los interrogantes con referencia a como se está encarando su despliegue.

2. POTENCIALIDADES Y LIMITACIONES DEL HIDRÓGENO VERDE

El hidrógeno se genera a partir de otras sustancias que lo contienen, como el agua, el carbón y el gas natural. Es un vector energético y no una materia prima, por ello no se

encuentra naturalmente en su estado puro. El denominado verde proviene de la electrólisis -que implica la descomposición de las moléculas de agua (H₂O), en oxígeno (O₂) e hidrógeno (H₂) - utilizando para ello energía derivada de fuentes renovables, como el viento y el sol. Sin embargo, en la actualidad, el hidrógeno gris es el más usado en especial en la industria química o en refinerías de petróleo, pero su generación depende del uso de combustibles fósiles. El hidrógeno azul es en cambio el resultante de la captura y almacenamiento del carbono. Es menos contaminante que el gris, pero procede de combustibles fósiles. El rosa es el que se obtiene de la electricidad desarrollada por centrales nucleares (Alcalde, 2022)

La demanda de hidrógeno puro se triplicó desde los años 70, alcanzando actualmente unos 70 millones de toneladas anuales. Aproximadamente, el 90% del hidrógeno se obtiene directamente a partir de combustibles fósiles: 76% a partir del gas natural y casi la totalidad del restante a partir del carbón -principalmente en China-. Así, alrededor de un 6% del consumo global de gas se destina a producción de hidrógeno (Mateo y Suster, 2021) China es el mayor consumidor en el mundo, con casi 24 millones de toneladas de hidrógeno al año, seguido por Estados Unidos con 11 millones y la India con 7 (IRENA, 2022)

En el presente, se encuentran operativos 16 proyectos de producción de hidrógeno a partir de combustibles fósiles con captura, utilización y almacenamiento de carbono. Canadá y Estados Unidos lideran su producción a partir de combustibles fósiles con captura, superando el 80% de la capacidad global de producción (AIE. 2021)

El hidrogeno contiene variadas ventajas por su aporte energético: a) posee una densidad energética muy alta, resultando su contenido energético por peso de hasta tres veces el de la gasolina, b) su combustión produce agua, contribuyendo a la disminución de la contaminación, c) se puede inyectar en las redes de transporte y distribución de gas natural, d) el HV se puede comprimir y almacenar en tanques durante mucho tiempo, tiene un gran volumen y puede utilizarse de manera similar al gas natural o petróleo, e) es un elemento muy ligero y transportable, los tanques de hidrógeno comprimido podrían favorecer un manejo más sencillo que las baterías de litio, f) contribuye con una potencia y autonomía mayor de los vehículos en relación con los eléctricos, el verde podría emplearse en el transporte marítimo, en aviones, trenes y camiones, g) el HV podría utilizarse en la industria metalúrgica y producir acero sin emisiones. En consecuencia, el HV especialmente contribuiría sostenidamente al proceso de descarbonización (Valle, 2021)

Las dificultades o cuestiones problemáticas para producir HV en el presente son significativas, por eso su desarrollo se encuentra en nivel de proyección más que en estado de despliegue y afianzamiento. Ello obedece, en gran medida, a los siguientes elementos

destacados en la bibliografía: a) no se obtiene directamente de la naturaleza como ocurre con los recursos fósiles, b) al ser un vector energético puede transportar pero no producir energía, y por tanto es costoso el proceso de su producción y distribución, c) su implementación requiere de significativas inversiones, d) su costo de generación es más elevado que el hidrógeno obtenido a partir del gas natural, y depende de las energías renovables, sin embargo la disminución progresiva de estos precios sumado al desarrollo tecnológico, presuponen que para el 2050 el HV llegará a ser más barato que el que proviene del gas natural, e) 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 almacenamiento, seguridad, redes de distribución, estaciones de recarga, d) Otro problema que tiene el hidrógeno es su carácter gaseoso, por lo tanto debe almacenarse en altas presiones, la molécula de hidrógeno es muy pequeña, tiende a fugarse de los depósitos y tuberías con gran facilidad, provocando pérdidas de entre un 2 o 3% diarios, e) el HV requiere una gran cantidad de agua para su producción, recurso que no todos los países poseen en abundancia (Bleger y Piamonte, 2019, Valle, 2021)

Estrategias productivas y megaproyectos de Hidrógeno Verde

La producción de HV requiere el despliegue de megaproyectos que puedan elaborarlo a partir de energía eólica y fotovoltaica, además de contar con los sistemas adecuados para su transporte y distribución (puertos cercanos, tuberías, etc.) Distintos países se encuentran entusiasmados con su desarrollo, si bien el capital invertido no es aún el requerido para lograr los compromisos internacionales para desacelerar el calentamiento global. Actores estatales, empresariales y científicos se asocian en esta expansión, y lo que se ha generalizado como La Hoja de Ruta del Hidrógeno Verde ya forma parte de las expectativas energéticas y las agendas públicas en diversas geografías.

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 megaproyectos de HV. Sectores económicos orientados a la venta de tecnología le prestan también sustantiva atención.

Desde 2019, China puso en marcha más de treinta proyectos de HV, y en su primera hoja de ruta del hidrógeno adoptada en 2016 tenía como destino el transporte, considerando su liderazgo mundial en el desarrollo de camiones y micros que funcionan con pilas



eléctricas. La Unión Europea adoptó su estrategia sobre el hidrógeno en el 2020, por considerarlo una prioridad para alcanzar el Pacto Verde Europeo. Su estrategia ansía generar 40 GW mediante la instalación de electrolizadores de hidrógeno renovable en la UE para 2030, y a liderar la industria de hidrógeno limpio. Algunos de sus países prevén convertirse en importadores de hidrógeno a gran escala; otros esperan ser exportadores o centros de tránsito. Por eso, a mediados del 2020 se comprometió a invertir US\$430.000 millones a lo largo de una década para crear HV.

La India también puso en marcha su Misión Nacional sobre el Hidrógeno en agosto de 2021, para ser un centro mundial de producción y exportación del verde. Este país es el mayor importador mundial de amoniaco, un insumo clave para la fabricación de fertilizantes. Estados Unidos, segundo consumidor y productor de hidrógeno, también prometió inversiones para su desarrollo (AIE, 2019, Smink, 2021, IRENA, 2022)

Otros países se encuentran planificando la producción de HV: Australia propone construir cinco megaproyectos en su territorio aprovechando sus recursos eólicos y solares; en los Países Bajos la petrolera Shell conduce un proyecto para obtener HV a partir de energía eólica off-shore, en Alemania los planes se ubican en el mar del Norte, con un consorcio de 27 empresas-entre las que se incluye Shell- instituciones de investigación y organizaciones que utilizarán también energía eólica como fuente primaria. Los países de América Latina, por su parte, pretenden sumarse a este proceso aprovechando las fuentes de energía renovable que podrían disponer para estos fines (Smink, 2021)

Efectivamente, en América Latina las condiciones geográficas para producir energías renovables han estimulado proyectos de HV en varias regiones. En distintos casos se encuentran avanzadas las inversiones para el desarrollo de los megaproyectos, o en vías de planificación. Chile fue el primer país en publicar la Estrategia Nacional de Hidrógeno Verde, a fines 2020, y ya cuenta con varios emprendimientos de compañías multinacionales. Es el único país con dos proyectos en desarrollo: HyEx, de la empresa energética francesa Engie y la empresa chilena de servicios mineros Enaex, y Highly Innovative Fuels (HIF), de AME, Enap, Enel Green Power, Porsche y Siemens Energy. HyEx se encuentra ubicado en el norte del país, y desarrollará el HV a partir del recurso solar, para ser utilizado en la actividad minera. El otro megaproyecto se encuentra en la Región de Magallanes y de la Antártica Chilena, y utilizará energía eólica para generar combustibles. La perspectiva de actores gubernamentales y empresarios es el reemplazo del uso de combustible fósil que se utiliza en el transporte, para calefaccionar, para la producción agrícola e industrial.



En Colombia se promovieron dos proyectos piloto para la producción de HV, el primero a cargo de la empresa Ecopetrol, en la Refinería de Cartagena (Reficar), que utilizará aguas industriales para producir 20 kg diarios del vector energético. El otro proyecto piloto corresponde a Promigas, y generará HV para inyectarlo en la red de gas natural en la zona de Mamonal en Cartagena. Son empresas líderes en la producción de hidrocarburos las que están encarando este proceso atento a las demandas que requiere la transición energética y las oportunidades de negocios que ello habilita. Otras empresas ya han presentado planes pilotos en igual dirección, aprovechando incentivos tributarios para la producción de HV y azul (Estrada Rudás, 2022)

Uruguay encara la producción del HV en el marco de su segunda transición energética. La primera, consistió en la instalación de parques eólicos, de energía solar fotovoltaica y plantas de biomasa. Con ello, busca que el país adquiera una posición de jerarquía en la producción y exportación de HV dividiendo su desarrollo en tres etapas: en la primera buscará impulsar el mercado doméstico con 1 ó 2 proyectos de pequeña escala, en segunda instancia ampliará los proyectos con horizontes de exportación con 2 ó 3 proyectos de mediana escala, y 1 ó 2 de escala más amplia. La tercera será de consolidación de los proyectos. Hacia el 2040 el país proyecta exportar por un monto mayor al que obtuvo por vender celulosa en 2021 (Estrada Rudas, 2022)

En la Argentina, la apuesta pública por el HV resulta elocuente. En el marco del Consejo Económico y Social realizado a inicios del 2021 se organizó el foro Hacia una estrategia nacional Hidrógeno 2030, y en el mes de noviembre de aquel año se anunció el inicio del primer proyecto para producir HV en el país. El mismo, contará con una inversión en la zona de Punta Colorada, Provincia de Río Negro, por 8.400 millones de dólares de la firma australiana Fortescue Futures Industries. Esta empresa es una subdivisión de Fortescue Metals Group, dedicada al desarrollo de grandes depósitos de mineral de hierro y que construyó algunas de las mineras más importantes del mundo.

La compañía norteamericana MMEX anunció también la inversión de más de 500 millones de dólares en Tierra del Fuego destinados a la instalación de un campo eólico en el norte de la provincia y de una planta de electrólisis. La expectativa de producción es de 55 toneladas de HV por día para ser exportadas hacia Europa y Asia, mientras no se advierta una demanda de hidrógeno en la Argentina (De Bueno, 2022). Es de señalar que el país cuenta con recursos convencionales y no convencionales de gas y petróleo, y el desarrollo masivo y comercial de Vaca Muerta iniciado en 2012 se encuentra presente como política pública desde el segundo gobierno de Cristina Fernández de Kirchner hasta el presente. Por tanto,

la explotación de este megaproyecto ubicado en la zona nor patagónica es de prioridad indiscutida entre actores políticos de distinta orientación partidaria que buscan alcanzar no tan solo la soberanía energética a través de la técnica del fracking, sino además situar a la Argentina como un importante exportador mundial de hidrocarburos, en especial del gas como combustible de transición.

En suma, con proyecciones económicas y políticas que observan la producción de energía como un recurso indispensable para abastecer necesidades locales de producción, transporte y consumo residencial, tanto así como en su potencial de exportación, el HV se coloca en un lugar de categoría privilegiada en los escenarios futuros de transición hacia fuentes con cero emisión de gases contaminantes. Como sostiene un informe de IRENA (2022), su demanda comenzaría a despegar a partir de 2035, previendo que dos tercios de su producción en 2050 se utilizarán en el ámbito local, mientras el tercio restante circulará por transporte transfronterizo. Probablemente, las tuberías - que incluye los gasoductos adaptados - podrían favorecer la mitad de este comercio. La otra mitad se transportaría en barcos en forma de derivados del hidrógeno, en particular el amoniaco.

Sectores de la industria se encuentran asimismo atentos a las posibilidades que la producción de HV puede habilitar para su desarrollo, especialmente en locaciones donde las condiciones climáticas y geográficas para el estímulo de fuentes eólicas y fotovoltaicas son relevantes, como resultan los de América Latina, África y Asia. Estos promueven inversiones atentas a obtener rentabilidades para las empresas en el área de las energías renovables, la producción de electrolizadores, industrias intensivas en energía - siderúrgica y la química -, y en mercados de tecnología basadas en hidrógeno verde (Albadalejo, et.al, 2022)

3. LA PRODUCCIÓN DE HIDRÓGENO VERDE Y SUS CONTROVERSIAS

La transición energética es uno de los procesos de mayor relevancia en el marco de una transición socioecológica que conduce a redefinir relaciones distintas entre sociedad y naturaleza (Svampa y Viale, 2020), e implica situar en el debate una serie de cuestiones que exceden la discusión sobre las fuentes.

En primer lugar, que características adopte esta transición energética reúne perspectivas diversas, que pueden ser agrupadas considerando dos visiones diferentes: “transición energética corporativa” y “transición energética popular”. La primera, como analizan Bertinat y Chemes (2021) observa en la crisis climática una oportunidad de negocios



y un potencial para adquirir una posición de dominio geopolítico. En este caso se adopta una narrativa tecnocrática y pro capitalista, modificando la mercantilización de recursos fósiles por fuentes renovables y de alto valor tecnológico. La lógica de consumo predominante en la sociedad no es señalada como un problema a ser revisado y trastocado. Como destaca Lander (2019), el problema con el consumo energético suele ser abordado exclusivamente como un tema de emanaciones de gases de efecto invernadero, y con ello se obtura el cuestionamiento sobre los niveles del consumo energético que se asume que inevitablemente continuarán creciendo en forma sostenida.

La transición popular es alentada por sectores que priorizan la justicia socioambiental, la participación ciudadana cooperativa y democrática, con una narrativa anticapitalista y antimercantilista de la energía. El cambio del sistema energético (no solo de la matriz) se advierte como un requisito indispensable, bregando por un cuestionamiento de las relaciones sociales, institucionales, de políticas públicas, de concentración de los bienes energéticos, de las desigualdades en el acceso a la energía, de su consideración como un derecho, entre otros factores a transformar (Bertinat y Chemes, 2021)

En esta dirección, el estímulo e incorporación del HV para almacenar y generar energía se inserta en el debate público como una alternativa prometedora en el escenario de la crisis ambiental y climática del presente, pero que cuenta con una serie de consideraciones e interrogantes con respecto a su vehiculización. Se indican por tanto cuestiones de costos, recursos naturales que requiere su producción, efectos territoriales y ecosistémicos, y más profundamente, se destacan interrogantes sobre el modelo y las características de la transición energética que favorece.

En consecuencia, las expectativas con respecto al HV pueden ser analizadas como una cuestión controversial que promueve discusiones sobre determinados temas y asuntos que adquieren carácter público, generando diferencias entre distintos sujetos, sectores sociales, comunidades. En temáticas ambientales, como señala Merlinsky (2017), distintos grupos consignan riesgos potenciales que afectan su entorno, su territorio, gestándose incluso conflictos habida cuenta de modos diferenciados de apropiación, uso y significación de los bienes naturales. En estas oposiciones, se habilitan controversias con referencia a la evaluación de diversos eventos, y se despliegan ámbitos de deliberación sobre posibles riesgos y modalidades de afrontar la problemática. Ello potencia la construcción de argumentos en torno a la legitimidad de las distintas posiciones y decisiones que aquellos encarnan y asumen.

Las controversias sociotécnicas, sostiene Incihusa (2019), han adquirido un lugar central, ya que suceden cuando distintos grupos sociales mantienen un desacuerdo público respecto de las implicancias sociales y/o ambientales de alguna actividad extractiva, con el uso de cierta tecnología en un lugar determinado. En ese ámbito, actores autorizados- como los científicos y expertos-son convocados en el debate para dirimir estas controversias, presentándose como emisarios de la verdad racionalizada y objetiva. Sin embargo, ellos mismos se encuentran insertos en la dinámica de las polémicas. Ciertamente, industrias relacionadas con actividades extractivas han invertido cuantiosas sumas de dinero para producir conocimiento científico orientado a favorecer distintos estilos de desarrollo, demostrando la intencionalidad de legitimar, vehiculizar, y favorecer algunos proyectos en particular.

Las controversias sociotécnicas permiten distinguir entonces modalidades distintas y muchas veces en disputa con respecto a la intervención de los territorios, porque las valoraciones y las apreciaciones acontecen en un entramado asimétrico de relaciones de poder. Asimismo, y como sostiene Machado Aráoz (2010), la articulación entre Estado, ciencia y sociedad ocurre bajo la expansión continua de la racionalidad mercantil que incide vigorosamente en la configuración de una producción política de la “verdad”.

Enmarcados en conflictos socioambientales, se han distinguido y sistematizado variados casos a nivel mundial respecto de la extracción y producción de energía, en particular con referencia a los combustibles fósiles y de origen nuclear², pero también con respecto a la producción de energía eólica y solar³. Si bien los megaproyectos de HV se encuentran mayormente en una etapa incipiente y de proyección, diversos actores sociales, económicos, científicos, reclaman, distinguen, interrogan, intercambian y discuten sobre problemas y riesgos que puede traer aparejado el desarrollo del vector energético.

3.1 Recursos renovables e interrogantes

Para producir HV, como enunciamos anteriormente, se necesita mucha energía proveniente de fuentes limpias y renovables. De no utilizarse este tipo de fuentes, el hidrogeno que se obtiene como resultado no implica cero emisiones de gases de efecto

² Para una descripción de estos conflictos se recomienda el Atlas de Justicia Ambiental, <https://ejatlas.org/commodity/crude-oil?translate=es>

³ Como ejemplo, el Observatorio de Conflictos Socioambientales (OCSA) de la Universidad Iberoamericana registró entre los años 2017-2020 un total de 56 megaproyectos de energías renovables con parques eólicos y fotovoltaicos, así como hidroeléctricas, de los cuales unos 37 han generado conflictos socioambientales

invernadero en su proceso de elaboración⁴. Este se obtiene, como apuntamos, a través de electrólisis, que consiste en usar una corriente eléctrica para descomponer mediante electrodos la molécula del agua en oxígeno e hidrógeno. Este proceso es inducido con energías renovables como la eólica o la solar. Cuando se requiere convertirlo en energía, el hidrógeno almacenado en tanques específicos es canalizado hacia una pila de combustible. Allí se une de nuevo con oxígeno que proviene del aire y se obtiene la energía eléctrica.

En consecuencia, los megaproyectos para producir HV requieren la instalación de parques eólicos y de paneles solares. La producción de energías limpias, si bien contribuyen claramente al proceso de descarbonización y desfosilización, no se encuentra exenta de una serie de advertencias y señalamientos destacadas en la bibliografía con respecto a su desarrollo, su dependencia de recursos fósiles, e impacto ecológico. Estas, frente a los combustibles fósiles que se usan en forma de energía almacenada, son flujos, requieren un alto espacio físico para su producción y son irregulares: la sustitución de los combustibles fósiles por solar y eólica requeriría el uso del 0,6% de la superficie terrestre, cifra que supera toda la superficie agropecuaria del planeta. También, son una extensión de los combustibles fósiles más que fuentes energéticas autónomas, porque todas necesitan de la minería y el procesado de determinados compuestos, como el cemento y otros bienes, que se realiza fundamentalmente a partir del petróleo. Este último es imprescindible para construir grandes molinos eólicos y para mantenerlos. Además, la tecnología usada en las renovables se fabrica en distintos lugares del planeta y se requiere transporte dependiente del petróleo para movilizarlo (Gonzales Reyes, 2020)

Si bien el sol y el viento se encuentran con disponibilidad ilimitada, los materiales necesarios para convertirlos en recursos eléctricos no son renovables. Por lo tanto, los conflictos mundiales en torno a los mismos podrían desplegarse y profundizarse, al igual que ocurrieron con la adquisición de recursos fósiles. Los paneles fotovoltaicos y los molinos de viento demandan cantidades importantes de cobre para transmitir la electricidad, y una variedad de otros minerales no renovables. Conjuntamente, necesitan manganeso, molibdeno, níquel, zinc y tierras raras. Los autos eléctricos, por caso, precisan seis veces más insumos minerales que un vehículo clásico que funciona con petróleo. El cobre no es un mineral abundante y algunas estimaciones precisan un horizonte de reservas de 25 años. El litio, el cobalto y los elementos de tierras raras tienen su producción muy concentrada en

⁴ En algunos documentos aparece la noción de hidrógeno limpio como el resultado del producido a partir de las energías renovables, pero también del que procede de la captura de metano. En este último caso, sin embargo, se requiere gas como fuente previa y además, ciertos estudios consideran que el riesgo de fugas puede contribuir a generar gases contaminantes en la atmósfera

unos pocos países. Argentina, Bolivia y Chile disponen de las mayores reservas de litio, mientras que Argentina, Chile y Perú suministran la mayor parte del cobre. Alrededor del 70% de los elementos de tierras raras provienen de China, un 12% de Australia y el 8% de EE UU (Klare. 2021)

En suma, sustituir la demanda actual de energía con fuentes renovables presenta límites e interrogantes con respecto a su despliegue que es importante destacar: a) de tipo físicos, porque las reservas o la posibilidad de extracción de muchos de los recursos minerales necesarios está acotada, b) de carácter ambiental, porque la extracción y procesado de estos recursos no están exentos de impactos negativos, c) sociales, dado que la ampliación de la minería para la obtención de los recursos necesarios así como su procesamiento puede incentivar incremento de los conflictos sociales (Klare, 2021; Gonzales Reyes, 2020)

3.2 Sobre consecuencias ambientales del HV

En cierta medida, la expectativa favorable de actores gubernamentales, empresariales, científicos, con respecto al HV, es su capacidad para reemplazar el uso de combustibles fósiles justamente en aquellas actividades productivas y de transporte donde las energías renovables en la actualidad no pueden operar. Por tanto, la dependencia de los fósiles en la producción de energía eólica y solar podría acotarse si el HV puede sustituirlos. Los impactos ecológicos que pueden generar dichas tecnologías avivan sin embargo controversias respecto de su instrumentación, como advierten algunos estudios realizados en distintos lugares del mundo, con respecto a la instalación de molinos de viento para producir energía eólica y su impacto sobre las aves, con respecto a los paisajes y las actividades económicas locales, el uso cuantioso de un bien común como es el agua, la alteración de formas de habitar, vivir, reproducir la vida humana y no humana en los territorios.

Para sistematizar algunos de estos estudios, especialistas argentinos han destacado con preocupación sobre la magnitud del proyecto para producir HV que se situará, por caso, en la Provincia de Río Negro. Para el despliegue de la planta se le concederá 625 hectáreas a la empresa Fortescue, donde se instalará un parque eólico sin antecedentes en territorio nacional. Un grupo de investigadores, ciertamente, había elaborado documentos, previamente a la confirmación del megaproyecto de HV, para explicar cómo puede afectar la instalación de molinos eólicos a la vida y reproducción de los cóndores, murciélagos y



otras especies, tomando como ejemplo los casos de Europa y Estados Unidos donde los parques eólicos impactaron dramáticamente en algunas especies, conduciéndolas casi a la extinción. Diversos estudios estiman que entre todos los países sudamericanos en los que habita el cóndor andino, la población no supera las 6700 aves. La mayoría vive entre Argentina y Chile donde cruzan sus rutas de vuelo. Si aumenta la mortalidad de los cóndores en la región, el resultado sería catastrófico para esta especie (Olate, 2022)

En Chile, país que ya cuenta con el desarrollo de megaproyectos de HV, se distinguen estudios y preocupaciones por parte de grupos ecologistas, habitantes de los territorios afectados por estos proyectos, y sectores dedicados a la investigación, que ponen el acento en los posibles efectos ecológicos que pueda traer aparejada la producción del vector energético. Ciertamente, ya se encuentran dos proyectos en desarrollo cuya finalidad es abastecer de energía a la actividad minera y producir combustible. Algunas empresas tienen inclusive sus propias plantas con la intención de descarbonizar su producción. Pero además, se han licitado 6 proyectos y se firmaron acuerdos con países europeos para su futura exportación. Las inquietudes de grupos ambientalistas y comunidades afloran por tanto ante la incertidumbre que despierta la carencia de estudios de impacto precisos sobre las consecuencias de estos megaproyectos en los territorios.

La magnitud de los proyectos preocupa entre otras cuestiones por el arribo masivo de aerogeneradores y el efecto que podrían tener sobre la migración de aves del ártico que llega hasta Tierra del Fuego. En esta dirección, un grupo de científicos publicó una carta en la Revista Science, preocupados por la escala de los megaproyectos de HV, especialmente por los efectos de los parques eólicos en las rutas migratorias de aves amenazadas como canquén colorado, el playero rojizo y el chorlo magallánico. Estudios recientes en la zona de Chile central habrían arrojado una tasa de colisión de aves de 0,6 a 1,8 por aerogenerador por año, mientras las proyecciones con el megaproyecto de HV en la zona de Magallanes podría ocasionar entre 1740 y 5220 colisiones de aves al año. La sustitución de la ganadería ovina por plantas de generación eólica, por otra parte, supone también un profundo cambio cultural, reconfigurando relaciones sociales y del uso de la tierra en la región. Además, en la zona rural de la región de Biobío, centro del país, se aprobaron entre el 2003 y el 2015 más de 10 proyectos eólicos y fotovoltaicos, sin consulta previa ciudadana en muchas ocasiones. Las comunidades viven rodeadas de aerogeneradores ya que los proyectos se emplazaron en zonas rurales agrícolas transformándolas completamente (Mohor, 2022)

Entre los factores que forjan interrogantes con respecto al alcance y dimensión de la producción de HV, se encuentra en un lugar destacado la gran cantidad de agua que requiere.



En países como Alemania, señalan Valle (2021) y Cabello (2021), sectores del gobierno y empresas han planteado la posibilidad de construir una mega central hidroeléctrica en el río Inga, que forma parte del río Congo en la República Democrática del Congo, con la finalidad de producir electricidad para destinarla al HV para luego ser transportada al país Europeo. El grupo australiano Fortescue Metals Group será el encargado de llevar adelante este proyecto. Este emprendimiento, sin embargo, denuncian especialistas, afectaría el ecosistema de agua dulce, tierras agrícolas, sitios sagrados, lugares donde se practican ritos ancestrales, pérdida de biodiversidad, cambios en las especies dominantes. y en las formas de vida de las comunidades que allí se encuentran.

El agua que requieren los electrolizadores, por lo pronto hasta el presente, es purificada, y los problemas de acceso a este recurso que pueden surgir si se utilizan grandes cantidades para la formación de combustible resultan enormes. El agua de mar, por el contrario, presenta aún variados desafíos e inconvenientes para ser incorporada en el proceso de generación de HV, porque la sal puede corroer componentes de los electrolizadores limitando la vida útil del sistema. Estudios recientes muestran avances sin embargo en la posibilidad de adaptar elementos de los electrolizadores para que puedan soportar el agua de mar, si bien todavía se encuentra en un nivel de exploración. Por caso, un grupo de investigadores de la Universidad de Adelaida, utilizaron de modo experimental y con éxito agua de mar sin tratamiento previo para producir HV.

Por tanto, la producción masiva de HV requeriría el uso de agua de mar habida cuenta que la proporción de agua salada en relación a la dulce es un 96% frente a un 4% en el planeta. Sin embargo, las tecnologías que hacen posible su utilización sin desalinización previa ni purificación son aún incipientes y deberán adaptarse a la producción masiva y comercial.

Este aspecto no es menor, ya que la fabricación de una tonelada de hidrógeno mediante electrólisis puede requerir un promedio de nueve toneladas de agua que debe purificarse. 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, además, los costos de producción (Slav, 2020)

Asimismo, el uso de agua marina no estaría exento de efectos ecológicos. En la Provincia de Río Negro, por ejemplo, la empresa Fortescue tiene la intención de desalinizar el agua del mar para producir HV. Sin embargo, advierten especialistas, ello podría implicar

un residuo hipersalino que luego regresaría al mar. La constante devolución de la salmuera alteraría entonces las propiedades del agua produciendo impacto ambiental

En suma, las expectativas públicas, empresarias y tecnocráticas por estimular la producción de HV como alternativa energética, en parte, para contrarrestar los efectos climáticos y ecosistémicos que generan los combustibles fósiles, tiene como contrapartida la existencia de un conjunto de preocupaciones e interrogantes que distintos sectores de la ciencia, territoriales y ambientales se preocupan por colocar en la agenda pública. Ello alienta el reconocimiento de controversias en torno de consecuencias ecológicas y sociales que el desarrollo del HV podría ocasionar en las geografías donde los megaproyectos se emplazan.

3.3 Modelo productivo en cuestión

Algunos interrogantes y críticas con referencia a las potencialidades del HV han sido enunciados por sectores académicos, de organizaciones sociales y ambientales recalando en el modelo de desarrollo y las características de la transición energética que supone la estimulación de procesos de descarbonización como el ligado al HV. Reflexiones que se advierten especialmente con referencia al incentivo público de este vector energético en países de América Latina.

Estas inquietudes y señalamientos enfatizan en la ampliación de relaciones neocoloniales que se reproducen entre el Norte y el Sur global por el acceso que demandan los primeros con respecto a bienes naturales y en este caso energéticos. En este plano, la continuidad de una dinámica productiva de carácter extractivo que ha signado las relaciones de dominio entre países de desarrollo más temprano y más tardío durante la consolidación del capitalismo moderno, se destaca igualmente con respecto a la promoción del HV.

Como señalamos precedentemente, generar este vector energético requiere el despliegue de megaproyectos que produzcan electricidad a partir de parques eólicos, granjas fotovoltaicas, centrales hidroeléctricas, que los países del Norte Global persiguen desplegar en territorios que disponen de recursos de estas características con importantes extensiones, diversidad de superficies y climas. En consecuencia, gobiernos y empresas consideran las bondades que los países del Sur Global pueden ofrecer en esta dirección. Al mismo tiempo, los insumos minerales para la generación de energía eólica y solar alentarán la profundización de la megaminería para acceder a metales y materiales que las fuentes renovables solicitan, tanto así como los combustibles fósiles que en la transición energética

serán necesarios para el transporte, la puesta en uso de maquinaria pesada y de manufacturas para producir la tecnología que permitirá desarrollar el HV (Scandizzo y Salgado, 2022)

Es por esto, como destaca Cabaña Alvear (2022), que el HV reitera la visión eldoradista que signa la historia de América Latina. Pero además, el modo en que se conciben las relaciones geopolíticas de promoción de energías limpias, y en este caso del vector energético, replican formas de vida propios de la sociedad fósil, con expectativas empresarias de negocios energéticos, bajo riesgo, ganancias previsible. Asimismo, los insumos e infraestructura que demanda la promoción del HV requiere combustibles fósiles, minerales, utilización de territorios que provoca conflictos socioambientales ya presentes en el extractivismo fósil. Aunque de menor resonancia pública en comparación con otros conflictos en torno a la producción de hidrocarburos, en países como México, Colombia, Chile, se han producido reclamos y resistencia ante la instalación de megaproyectos de energías renovables, especialmente eólica y solar, por experiencias de vulneración de derechos humanos e impactos ecosistémicos.

En consecuencia, la promoción del HV se inserta en una lógica de transición energética corporativa, centrada principalmente en la búsqueda de rentabilidades y acumulación del capital. Su desarrollo reemplazaría en parte el consumo de fuentes fósiles, pero atendiendo a una misma gobernanza ambiental, con el protagonismo de iguales o similares actores económicos, incentivando la concentración de ganancias, y sin estimular la participación de los distintos sectores sociales en las decisiones de política y producción energética (Chemes y Proaño, 2021)

Como ilustración de este proceso, referentes ambientales como Lucio Cuenca en Chile denuncian: “La prioridad del hidrógeno verde lamentablemente está puesta en la exportación y Chile no va a tener hidrógeno verde, porque es muy caro y por lo tanto, de llegar a tener HV para su uso interno, va a ser un rebote de la estrategia global que están empujando las grandes transnacionales. Son las mismas empresas transnacionales que actualmente están operando en Chile y que tienen el monopolio de la energía en nuestro país las que están subidas a la estrategia del hidrógeno verde, más otras compañías que se han formados en el último tiempo a nivel global para empujar esta estrategia en particular” (Moya, 2022)



CONCLUSIONES

La transición energética es un proceso que distintos países se encuentran afrontando de modo disímil y heterogéneo. La urgencia climática alienta a los diversos actores públicos y privados a gestar acciones que disminuyan sustancialmente la emisión de gases de efecto invernadero que en las últimas décadas han ocasionado la aceleración del calentamiento global fruto de las actividades humanas. La producción y consumo de energía proveniente de fuentes fósiles es la principal causante - aunque no la única - de este proceso, y por ello su reemplazo por las de origen renovable y limpias se convirtió en una meta difícilmente eludible para los gobiernos a nivel planetario, más aún luego del Acuerdo de París en 2015. Además, la finitud de los hidrocarburos convencionales y de fácil acceso, y los precios variables que deben confrontar los Estados que no producen directamente estos combustibles, fortalecen en muchos casos las estrategias de transición hacia fuentes renovables.

En este escenario, la apuesta por el HV encuentra un lugar de realización por sus potencialidades energéticas y su contribución a la descarbonización. A diferencia de las fuentes limpias el HV augura, de acuerdo a distintos sectores científicos, reemplazar con éxito a los hidrocarburos en situaciones y usos claves que la energía solar y eólica en el contexto tecnológico actual no puede satisfacer de modo suficiente.

Sin embargo, todos los procesos que producen energía implican transformaciones y afectaciones territoriales, ecológicas y ambientales, así como también requieren variados bienes de la naturaleza y otros recursos para su viabilización -territorios extensos, agua, minerales - Por ello, si bien el HV entusiasma a sectores de la política, la economía y la ciencia por su nula emisión de gases contaminantes, son diversas las advertencias e interrogantes con respecto al grado, profundidad, y características que pueden asumir aquellas consecuencias, según hemos rastreado en documentos, informes, bibliografía crítica: impacto en la migración y reproducción de vida de aves, afectación de actividades productivas locales, transformación de paisajes, uso abundante de agua dulce, impacto en la reproducción de formas de vida comunitaria y ancestrales, entre otros elementos a destacar.

Efectivamente, si bien se encuentran aún en fase prácticamente de planificación, los megaproyectos - algunos pocos ya en funcionamiento - requieren energía, agua pura, importantes extensiones territoriales para ubicar parques eólicos y fotovoltaicos, minerales



para la construcción de tecnología tendiente a la producción de energía limpia, que conducen a situar una serie de controversias en un debate público en ciernes, pero de importancia sustantiva con el horizonte de la transición.

Asimismo, y atendiendo a una perspectiva que enfoque en la lógica y la dinámica de “sistema” por sobre la noción de “matriz” energética, son diversas las dimensiones que en forma articulada pueden conducir al análisis de la problemática. Con ello, es interesante reponer las características de la transición que se va forjando a medida que se incorporan fuentes renovables. En este sentido, la energía valorada como mercancía y negocio de parte de sectores privados y de gobiernos que anhelan elevar sus niveles de exportación, se manifiesta como tendencia que continua la lógica de relaciones económicas características del modelo de desarrollo fosilista. El HV se inscribe en esta dinámica, y por tanto contribuiría a la descarbonización y des fosilización de la matriz energética, no tanto así a la transformación de relaciones de dominación, apropiación de rentabilidades, y a generar efectos ecológicos y territoriales que, aunque distintos a los de la era fósil, de magnitud atendible. Además, no es tan solo examinar y debatir sobre las formas de producir energía, sino sobre los modos de vida y de consumo que ello busca satisfacer, y las desigualdades sociales y ambientales que puede acrecentar.

REFERENCIAS

1. AIE. “La demanda mundial de hidrógeno continúa creciendo, pero se necesita una acción más rápida para alcanzar el objetivo de cero emisiones netas para 2050”. 2022. <https://tinyurl.com/379tntax>
2. Albadalejo, Manuel et.al. “Hidrógeno verde: Impulsando el desarrollo industrial para un futuro limpio y sostenible”. *Industrial. Analytics Platform*. Febrero 2022. <https://tinyurl.com/vamuvsnf>
3. Alcalde, Sergi. “Ventajas e inconvenientes del hidrógeno como combustible alternativo”. *National Geographic*. 3 de enero 2022. <https://tinyurl.com/c4avwy8r>
4. Alvarez, Clemente. “¿Cuánto petróleo hace falta para extraer un barril de petróleo?”. *El País Semanal*. 14 de febrero 2012. <https://tinyurl.com/7z6sbkdb>
5. Bertinat, Pablo y Chemes, Jorge. “Las transiciones energéticas: ¿Corporativas o populares?”. *Fundamentar*. 2021. <https://tinyurl.com/27w2u55e>
6. Bertinat, Pablo. “Ciudades y energía. Una relación compleja”, *Voces en el Fenix*, Año 6, N° 47. Buenos Aires: Facultad de Ciencias Económicas. 2015.
7. Bleger, Damian y Piermonté, Alberto. “La generación de hidrógeno verde como energía renovable”. *Informativo Semanal*. AÑO XXXIX. 2019. pp. 1-5. <https://tinyurl.com/vamuvsnf>
8. Cabaña Alvear, Gabriela. “Las mil promesas del hidrógeno verde”. *Nueva Sociedad*. Mayo 2022. <https://tinyurl.com/7z6sbkdb>
9. Cabello, Joanna. “Energías renovables e hidrógeno verde: ¿un nuevo rostro de destrucción?”. *Movimiento Mundial por los Bosques Tropicales, boletín 256*. 2021. <https://tinyurl.com/399wy634>
10. Chemes, Jorge y Proaño, Maximiliano. “Hidrógeno verde: ¿Transición energética o mayor dependencia?”. *Zona Ambiental*. 14 de noviembre 2021. <https://tinyurl.com/yx2z5am3>
11. De Bueno, Verónica. “Ecología y ambiente. Tierra del Fuego: Hidrógeno verde, lo que hay que saber”. *La Izquierda Diario*. 26 de abril 2022. <https://tinyurl.com/27w2u55e>
12. Estrada Rudas, Cristina. “Los pilotos de hidrógeno verde la apuesta de Colombia hacia la transición energética”. *La República*. 22 de junio 2022. <https://tinyurl.com/2p9hyxss>
13. Estrada, Ignacio. “La disponibilidad de energía renovable a un costo competitivo es fundamental para la viabilidad de proyectos de hidrógeno verde”. *El País*. 3 de julio de 2022. <https://tinyurl.com/mrxxm7ze>
14. Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. “El tercer informe sobre cambio climático del IPCC 2022”. <https://tinyurl.com/3t4ax9py>
15. Gonzales Reyes, Luis. “Colapso del capitalismo global y transiciones hacia sociedades ecocomunitarias. Mirando más allá del empleo”. Manu Robles Arangiz Fundazioa Barreinkua. pp. 7-35. <https://tinyurl.com/vamuvsnf>
16. Incihusa, Francisco. “Las ciencias y el debate público ambiental. Una breve introducción al conocimiento de las condiciones de producción del discurso científico para transparentar las controversias socioambientales”. *Universidad*. 20 de mayo 2019. <https://tinyurl.com/3ndt45bp>
17. IRENA. “Geopolítica de la transformación energética El factor hidrógeno”. 2022. <https://tinyurl.com/5cdwcan5>
18. Klare, Michael. “Litio, cobalto y tierras raras. La carrera por los recursos pospetróleo”. *VientoSur*. 2021. <https://tinyurl.com/3fchbt5x>
20. Lander, Edgardo. *Crisis civilizatoria. Experiencia de los gobiernos progresistas y debates en la izquierda latinoamericana*. Mexico: CALAS. 2019.
21. Machado Araoz, Horacio. “Minería transnacional y neocolonialismo. Cuerpos y Territorios en las disputas coloniales de nuestro tiempo”. En AA.VV. *Resistencias Populares a la Recolonización del continente*. Buenos Aires: Ediciones América Libre. 2010.



22. **Mateo, Julio y Suster, Mateo.** “Hacia la economía del hidrógeno Perspectivas de la agenda internacional y las oportunidades locales”. *Documento de Trabajo N° 7*. Argentina: Ministerio de Desarrollo Productivo. Mayo 2021. <https://tinyurl.com/vzka2dv6>
23. **Merlinsky, María Gabriela.** “Conflictos ambientales y arenas públicas de deliberación en torno de la cuestión ambiental en Argentina”. *Ambiente & Sociedade*, 2. 2017. pp. 123-140.
24. **Moore, Jason.** “Crisis: ¿ecológica o ecológico-mundial?”. *Laberinto* N° 47. 2016. Pp.71-75
25. **Mohor, Daniela.** “Los desafíos de la apuesta chilena por el toro verde”. *El País*. 10 de septiembre 2022. <https://tinyurl.com/7z6sbkdb>
26. **Moya, Osciel.** “Lucio Cuenca: La producción de hidrógeno verde no es para el recambio de la matriz energética, sino para la exportación”. *Diario Uchile*. 17 de febrero 2023. <https://tinyurl.com/ywvucfny>
27. **Nunez, Christina.** “Explicación de qué son los combustibles fósiles”. *National Geographic*. 2022. <https://tinyurl.com/3wte4zmf>
28. **Ramos Mora, Dulce María.** “Extractivismo y energías renovables”. Observatorio de Conflictos Socioambientales (OCSA). Universidad Iberoamericana. 2022. <https://tinyurl.com/3dmfuhec>
29. **Scandizzo, Hernán y Salgado, Leonardo.** “El hidrógeno en la senda del neocolonialismo verde”. *Contrahegemonía.Web*. 13 de octubre 2022. <https://tinyurl.com/ya4tw6dc>
30. **Slav, Irina.** “El problema del hidrógeno verde del que nadie habla”. *OILPRICE*. 28 de octubre 2020. <https://tinyurl.com/2p8shvmw>
31. **Smink, Verónica.** “Hidrógeno verde: 6 países que lideran la producción de una de las energías del futuro (y cuál es el único latinoamericano)”. *BBC News Mundo, Cono Sur*. 2021. <https://www.bbc.com/mundo/noticias-56531777>
32. **Svampa, Maristella.** “El Antropoceno como diagnóstico y paradigma. Lecturas globales desde el Sur”. *El Antropoceno como diagnóstico y paradigma Lecturas desde América Latina. Utopía y Praxis Latinoamericana*, Año 24, n° 84. Enero-Marzo, 2019. pp.33-53
33. **Svampa Maristella y Viale, Enrique.** *El colapso ecológico ya llegó una brújula para salir del (mal) desarrollo*. Buenos Aires: Siglo XXI. 2020
34. **Valle, David.** “Los riesgos del hidrógeno”. *Periódico de la Energía*. 24 de mayo 2021. <https://elperiodicodelaenergia.com/los-riesgos-del-hidrogeno/>