

EL HIDRÓGENO VERDE Y LOS COMPROMISOS CLIMÁTICOS

El hidrógeno verde y su cadena de valor como una vía para contribuir a materializar las NDC y la ELP comprometidas por la Argentina

Octubre 2024 |

Autores: Agustín Gogorza – Micaela Carlino – Hernán Carlino (Fundación Torcuato Di Tella) |

Editor: Luciano Caratori (Fundación Torcuato Di Tella) |

TABLA DE CONTENIDOS

Acrónimos	4
1 Objetivos del estudio	6
2 El papel de las NDC y de la ELP en la acción climática nacional y global	7
2.1 El desafío del cambio climático	7
2.2 Las NDC y ECLP en la acción climática nacional y global	8
2.3 Acerca de las NDC	10
2.4 Acerca de las ECLP	11
2.5 El financiamiento climático y las necesidades de financiamiento	12
2.6 El papel del H2V y PtX para afianzar las Contribuciones a nivel nacional y las estrategias en la región	14
2.7 La NDC, ELP y Planes de Argentina	16
3 El Estado del Hidrógeno verde y su cadena de valor en la economía global	20
3.1 Avances, impulsores y oportunidades para el desarrollo	20
3.2 Obstáculos e incertidumbres	21
4 Los pilares de una política para desarrollar el hidrógeno verde y su cadena de valor en la Argentina	23
4.1 La Estrategia Nacional de H2 y sus Prioridades	23
4.2 Examen del marco legal y regulatorio vigente y brechas identificadas	24
4.3 Normas técnicas y de seguridad	25
4.4 Algunas definiciones sobre garantías de origen y sistemas de certificación	26
5 Políticas Asociadas de Incentivos y Soporte	27
5.1 Acerca de la importancia de las políticas industriales	29
5.2 Hidrógeno verde, opciones y barreras	30
5.3 La política de soporte para el impulso de la electrólisis para la producción de hidrógeno verde y derivados	33
5.4 La política de apoyo en la renovación y expansión de la infraestructura	34
5.5 La política de soporte en una estrategia de desarrollo en sectores industriales	36
5.6 La política de soporte para la industria química y fertilizantes	38
5.7 La política de soporte en el transporte terrestre	39
5.8 La política de soporte en combustibles sintéticos para aviación	41
5.9 La política de soporte en el transporte marítimo	42
5.10 La política de soporte para los usos de generación eléctrica y <i>gas-blending</i>	44
5.11 Síntesis de propuestas	44

6 El potencial del hidrógeno verde y su cadena de valor a las NDC y ELP 50

7 El Financiamiento de las NDC y de la ELP de Argentina, considerando el avance en la cadena de valor del H2V en el país 56

8 Conclusiones 62

Bibliografía..... 66

ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1: H2V en NDC y Estrategias y/o Hojas de Rutas para el desarrollo del H2V en América Latina y el Caribe</i>	15
<i>Tabla 2: Líneas estratégicas Segunda NDC de Argentina</i>	18
<i>Tabla 3: Mecanismos e Instrumentos de propósito específico</i>	28
<i>Tabla 4: Barreras y opciones de política para segmentos de la cadena de valor del hidrógeno</i>	31
<i>Tabla 5: Estimación de emisiones evitadas al 2030 y 2050 por el desarrollo del H2V y derivados en Argentina</i>	54
<i>Tabla 6: Fuentes de financiamiento climático internacional según ENFCI</i>	57

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1: Componentes eléctrico y químico de la Cadena de valor del Hidrógeno Verde</i>	20
<i>Figura 2: Proyección de demanda global de hidrógeno y sus usos al 2050</i>	21
<i>Figura 3: Barreras al desarrollo del H2V y derivados</i>	22
<i>Figura 4: Evolución histórica de emisiones netas de Argentina, con apertura por sectores</i>	50
<i>Figura 5: Emisiones de GEI totales y distribución por sector</i>	51
<i>Figura 6: Evolución de emisiones de GEI del sector de procesos industriales y uso de productos</i>	52

Acrónimos

AEM	Membrana de intercambio aniónico
AGSOUT	Agricultura, ganadería, silvicultura y otros usos de la tierra
ALK	Electrólisis alcalina
ANR	Aportes no reembolsables
AP	Acuerdo de París
BID	Banco Interamericano de Desarrollo
BMD	Banco Multilateral de Desarrollo
BMWK	Ministerio Federal de Economía y Protección del Clima de Alemania
BND	Banco Nacional de Desarrollo
CAPEX	Gastos de capital
CCLIP	Crédito Condicional para Proyectos de Inversión
CCS	Captura y almacenamiento de carbono
CIF	Fondo de Inversión en el Clima
CPI	Climate Policy Initiative
CORFO	Corporación de Fomento de la Producción
CMNUCC	Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático
EIB	Banco Europeo de Inversiones
ECLP	Estrategia climática de largo plazo
ELP	Estrategia Nacional de Largo Plazo 2050
ENARGAS	Ente Nacional Regulador del Gas
ENFCI	Estrategia Nacional de Financiamiento Climático Internacional
ENH	Estrategia Nacional para el Desarrollo de la Economía del Hidrógeno
ETS	Sistema de Comercio de Emisiones
EU LACIF	Facilidad de Inversión de la Unión Europea de América Latina y el Caribe
FONHIDRO	Fondo Nacional de Fomento del Hidrógeno
GCF	Fondo Verde para el Clima
GEF	Fondo para el Medio Ambiente Mundial
GEI	Gases de Efecto Invernadero
GNCC	Gabinete Nacional de Cambio Climático
GW	Gigawatt
H2V	Hidrógeno verde
HVO	Aceite vegetal hidrogenado
i.a.	Interanual
I+D	Investigación y desarrollo
IEA	Agencia Internacional de Energía
IMO	Organización Marítima Internacional
INGEI	Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero
INTI	Instituto Nacional de Tecnología Industrial
IRA	Inflation reduction Act (Estados Unidos)
JCM	Joint Crediting Mechanism
KfW	Banco de Desarrollo Alemán
kton/año	Mil toneladas año
LH2	Hidrógeno líquido
LOHC	Hidrógeno orgánico líquido
LRA	Cuenta de Reserva de Liquidez
MAYDS	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible
MoU	Memorándum de entendimiento
MUSD	Millones de dólares
NAGs	Normas técnicas
NDC	Contribuciones Determinadas a Nivel Nacional
NH3	Amoníaco
NZIA	European Net-Zero Industry Act

OCDE	Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico
ODS	Objetivos de Desarrollo Sostenible
OPEX	Costos de Operación y Mantenimiento, por sus siglas en inglés
PEM	Membrana de intercambio de protones
PNAyMCC	Plan Nacional de Adaptación y Mitigación al Cambio Climático
PNH2	Plan Nacional de Hidrógeno de Brasil
PPA	Acuerdo de abastecimiento de energía eléctrica
PtX	Energía a X productos / tecnologías (Power to X)
PyMEs	Pequeñas y Medianas Empresas
RenovAr	Programa de abastecimiento de energía eléctrica a partir de fuentes renovables
RMI	Rocky Mountain Institute
SAF	Sustainable Aviation Fuels
SOEC	Electrolizadores de óxido sólido
SWF	Fondo de riqueza soberano
UE	Unión Europea

1 OBJETIVOS DEL ESTUDIO

1 Objetivos del estudio

El presente estudio se ha desarrollado con el propósito de proveer información útil para la formulación de políticas, medidas y estrategias de largo plazo que permitan alcanzar los compromisos internacionales asumidos por la Argentina en materia de cambio climático. En particular, fomentar acciones para mitigar los efectos del cambio climático global, conservar la biodiversidad y perseguir el desarrollo sostenible.

El objetivo general del trabajo es brindar elementos conceptuales y analíticos a los tomadores de decisión del sector público, y los consecuentes efectos sobre el sector privado, sobre la contribución que tendría el desarrollo de la cadena del hidrógeno verde en los compromisos asumidos por la Argentina en el marco del Acuerdo de París. De modo de aportar a dar una dimensión adecuada a las posibilidades que tiene el país de cumplir las metas de su Contribución Nacionalmente Determinada (NDC), incluyendo para ello, entre sus principales vectores para la transformación, el desarrollo de la cadena de valor del hidrógeno verde y de sus derivados.

El objetivo específico del trabajo es evaluar el potencial de desarrollo del hidrógeno verde y su cadena de valor en el país, en relación con el logro de las metas relacionadas con el logro de compromisos internacionales de acción climática. No obstante, se pone también énfasis en identificar otros beneficios resultantes de ese desarrollo en diversas dimensiones significativas para el desarrollo nacional a largo plazo como la generación de empleo, el aporte sobre las exportaciones de productos de valor agregado, el impacto sobre la balanza comercial, entre algunos otros.

En particular, se busca identificar los aportes que puedan provenir de la cadena de valor del hidrógeno verde para poder materializar las NDC que sean presentadas sucesivamente por la Argentina, a la vez que contribuir a concretar la ejecución de una Estrategia de desarrollo resiliente con bajas emisiones a largo plazo al 2050 (ELP), tal como es requerido por la Convención Marco de Naciones Unidas para el Cambio Climático (UNFCCC, por sus siglas en inglés).

Para lograr esos objetivos será útil por una parte discernir como integrar el desarrollo de políticas y estrategias de Hidrógeno Verde (H2V) y Power to X (PtX) con las herramientas más usuales en el planeamiento climático, que integran las NDC, que se han venido elaborando sucesivamente. De manera complementaria, es crucial elaborar en detalle los planes de acción para ejecutar una estrategia de desarrollo a largo plazo resiliente, que esté concebida explícitamente para que sus metas se alcancen con bajas emisiones, de manera costo eficiente y mejorando la competitividad de las principales cadenas de valor del país.

Asimismo, si se produce el desarrollo de la cadena de valor del hidrógeno verde y de sus derivados en la Argentina, es indudable que tanto su puesta en marcha, como su materialización, comportan un conjunto de beneficios económicos, sociales y ambientales, que son realmente valiosos para el país, incluyendo el cumplimiento de los compromisos climáticos asumidos internacionalmente.

2 EL PAPEL DE LAS NDC Y ELP EN LA ACCIÓN CLIMÁTICA

2 El papel de las NDC y de la ELP en la acción climática nacional y global

2.1 El desafío del cambio climático

El cambio climático es el desafío definitorio de nuestra época y la necesidad de dar respuesta a sus impactos está desatando una profunda transformación sociotécnica que afecta sin excepciones, aunque de muy distintas maneras, a cada país, sector industrial y actividad humana. Las sociedades están cada vez más expuestas a los efectos adversos y a sus gravosos impactos, incluso tienen efectos en el plano político ante las crecientes consecuencias del calentamiento global.

En este contexto, la transformación deberá incluir el re-direccionamiento de inversiones, la promoción intensa de la innovación en productos y procesos, la redefinición de industrias, la necesidad de emprender transiciones sistémicas, adoptar nuevos senderos tecnológicos y dar una adecuada base de gobernanza a un espectro amplio de procesos complejos y que virtualmente carecen de precedentes, hacerlo prácticamente en simultáneo, y mientras mutan las cuestiones geopolíticas a nivel mundial.

Los impactos del cambio climático son cada vez más frecuentes, severos y disruptivos, a medida que aumentan las temperaturas globales. Los desastres relacionados con el cambio climático precisamente se han quintuplicado en el último medio siglo y en numerosos casos ponen ya a prueba la capacidad de adaptación de las comunidades, especialmente de aquellas particularmente vulnerables.

Debe notarse, además, que en esta materia es particularmente perturbador, aunque imprescindible, contemplar la posibilidad de que se produzcan ciertos puntos de inflexión, cambios mayores, posiblemente abruptos e irreversibles con consecuencias a escala planetaria (Amstrong McKay, D. I. et al, 2022), tales como el derretimiento de enormes porciones de los hielos antárticos o de las capas de hielos de Groenlandia, o el aumento abrupto de las emisiones de metano, debido al derretimiento de los suelos de congelación permanente (permafrost), o la alteración de la circulación termohalina del Atlántico.

No obstante, aun con las incertidumbres que rodean a estas cuestiones, es posible señalar que el riesgo principal que plantea el cambio climático, especialmente en el futuro inmediato, es su condición singular de multiplicador de amenazas, así como los efectos en cascada de los desastres y otros riesgos emergentes.

Estas razones, entre otras, ratifican la urgencia y la imperiosa necesidad de la acción climática, considerando para ello todos los medios para concretarla eficazmente. En este sentido, el hidrógeno limpio habrá de aportar decisivamente a la acción climática en múltiples dimensiones.

2.2 Las NDC y ECLP en la acción climática nacional y global

El Acuerdo de París (AP) tiene como objetivo mantener el aumento de temperatura media global "muy por debajo" de los 2°C respecto de los niveles preindustriales (Art. 2). El AP representa una evolución de la preeminencia y el énfasis en las acciones de mitigación – que constituía el núcleo principal del Protocolo de Kioto – a un enfoque más equilibrado e inclusivo que contempla también la importancia de la adaptación, y se construye sobre compromisos voluntarios de los países que son partes del Acuerdo, mediante la presentación de las NDC.

Según establece el AP, que hace parte de la UNFCCC, las NDCs son el núcleo operativo dinámico de ese acuerdo y una herramienta clave para la consecución de sus objetivos a largo plazo. Las NDC formalizan los esfuerzos de cada país para reducir las emisiones nacionales y también para adaptarse a los impactos del cambio climático.

El artículo 4, párrafo 2 del AP, exige que cada Parte prepare, comunique y mantenga las sucesivas NDCs que se proponga alcanzar. Las Partes aplicarán medidas nacionales de mitigación con el fin de alcanzar los objetivos explícitos en dichas contribuciones. Lo mismo debiera suceder con las acciones de adaptación que planeen poner en marcha y se enuncien en las respectivas NDC.

El Artículo 4.1 del AP establece que las Partes que son países desarrollados deberían seguir encabezando los esfuerzos y adoptando metas absolutas de reducción de las emisiones para el conjunto de la economía, mientras que las Partes que son países en desarrollo deberían seguir aumentando sus esfuerzos de mitigación, y se las alienta a que, con el tiempo, adopten metas de reducción o limitación de las emisiones para el conjunto de la economía (Carlino, 2016).

El AP reconoce que los objetivos a largo plazo especificados en sus artículos 2 y 4.1 se alcanzarán con el tiempo y, por lo tanto, su éxito se basa en lograr un aumento progresivo de la ambición agregada e individual a lo largo del tiempo. Las NDC se presentan cada cinco años a la secretaría de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC). Con el fin de aumentar la ambición a lo largo del tiempo, el Acuerdo de París establece que las NDC sucesivas deberán representar una progresión positiva en relación con la NDC anterior y reflejarán la intención de alcanzar la mayor ambición posible en la acción.

Se pide a las Partes que presenten la siguiente ronda de NDC (nuevas NDC o NDC actualizadas) antes de 2020 y cada cinco años a partir de entonces (por ejemplo, las presentadas antes de 2020, 2025, 2030), independientemente de sus respectivos plazos de aplicación.

En primer lugar, las emisiones mundiales de gases de efecto invernadero (GEI) deben alcanzar su punto máximo lo antes posible, es decir lograr un pico, con reducciones profundas y rápidas a partir de entonces, expresadas de acuerdo con los mejores datos científicos disponibles.

En segundo lugar, los países deben alcanzar un equilibrio entre las emisiones de GEI causadas por el hombre y su absorción por los sumideros en la segunda mitad del siglo. En pocas palabras, eso significa llegar a cero emisiones netas globales alrededor de 2050.

Para ello, el artículo 4.19 del Acuerdo de París señala que es necesario que los países preparen y presenten a la Secretaría de la CMNUCC estrategias de largo plazo (ECLP) que lleguen hasta mediados de siglo o en torno del 2050.

Hay un consenso extendido a nivel internacional, especialmente entre investigadores y planificadores, que incluye, también, a los grupos de negociadores que participan de la construcción del régimen climático internacional (aun en desarrollo), en que el logro de las metas establecidas en su momento en el Acuerdo de París reside en buena medida en la implementación efectiva de las NDC.

La importancia relativa de las NDC en la transición sociotécnica global en curso, se ha acrecentado progresivamente como instrumento de transformación, a medida que se percibe la necesidad imperiosa de una adecuación tan rápida como sistemática de la estructura de la economía internacional y de sus principales modelos de negocios.

Asimismo, se trata de lograr, a la vez, que el cambio impulse la eficiencia tanto económica como ambiental, como parte de una agenda global para el crecimiento y la transformación, en el marco de un contexto internacional particularmente complejo.

En estos compromisos nacionales asumidos por una decisión política de alto nivel de cada país, las NDC consisten en comunicar los planes de acción climática nacional en materia de senderos de mitigación y de adaptación. Específicamente los países en desarrollo definen contribuciones en ambos ámbitos que están condicionadas en gran medida a la disponibilidad de recursos financieros adecuados y al acceso a tecnologías orientadas a asegurar una transición óptima hacia la descarbonización plena de las economías emergentes, así como al fortalecimiento de las capacidades nacionales para garantizar una transición eficiente, justa e inclusiva. Ese flujo de recursos (en particular materiales) que los países en desarrollo reclaman debiera contribuir a facilitar el acceso de estos a tecnologías innovadoras ya existentes -aunque no siempre disponibles- reduciendo los costos de la transformación de las economías nacionales de esos países, así como acelerándolas, a la vez que aumentando considerablemente su competitividad intrínseca para poder participar más activamente en los mercados internacionales de bienes y servicios.

La provisión de los recursos materiales, financieros y técnicos solicitados por los países en desarrollo en el componente condicional de las NDC debiera aportar a mejorar las condiciones de equidad entre aquellos países que hacen parte de la comunidad internacional.

Para mejorar la probabilidad de acceder al apoyo necesario para facilitar la transición, en particular, en áreas claves como el sistema energético, pero también en numerosas cadenas de valor importantes en las estructuras económicas nacionales, los países en desarrollo deberían poder incluir estimaciones confiables de los costos de inversión y operación en las subsecuentes Contribuciones nacionales. También deberían poder formular planes de inversión robustos, al menos en aquellos sectores de actividad que sean considerados cruciales, conforme sus propias estructuras de producción y sus circunstancias nacionales.

Debe hacerse notar, por cierto, que los compromisos actuales en materia de acción climática global incluyen unas medidas de mitigación propuestas que están primariamente concentradas en el sector energético, que da cuenta de casi tres cuartas partes de las emisiones globales de gases de efecto invernadero (GEI). La transición hacia la energía renovable, en conjunto con la electrificación y la adopción de medidas vigorosas de eficiencia energética, así como la necesidad de avanzar definitivamente en los esfuerzos para abandonar el uso de combustibles fósiles, es de importancia capital para limitar el aumento de la temperatura a no más de 1.5 °C.

Sin embargo, casi nueve años después de haberse adoptado el Acuerdo de París, la ambición expresada en los compromisos nacionales es claramente insuficiente y dista de permitir alcanzar las críticas metas climáticas que aquel contenía.

Si las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) siguen las trayectorias que resultan de los actuales objetivos comunicados por los países en cada una de sus NDC hay solo un 5% de posibilidades de mantener en los próximos cinco años las temperaturas medias globales por debajo de la meta de 1.5 °C, establecida oportunamente por el Acuerdo de París. Mientras la probabilidad de no alcanzar esa meta incluso en el futuro más próximo, ya en el 2026, es superior al 48%, según la Meth Office del Reino Unido (Leon Hermanson, 2022). Mas bien, como sostienen Liu y Raffery (2021), es preciso que la tasa de reducción de emisiones de cada país se incremente en un 80% respecto de las NDC ya comprometidas por los países, solo para poder alcanzar la meta de 2 °C establecida en el Acuerdo de París.

2.3 Acerca de las NDC

Si bien mucho se ha debatido y escrito ya acerca de las NDC y sus implicaciones, es conveniente destacar aquí, una vez más, su valor estratégico fundamental en una estrategia de desarrollo a largo plazo.

Su aporte permite organizar y luego propulsar la transición sociotécnica de cada economía nacional para adecuarse a las nuevas reglas de juego económicas mundiales que resultan de la imposición inevitable de una restricción progresiva de carbono, esto es, el presupuesto global de carbono.

En segundo término, es asimismo útil en el plano nacional indicar de qué modo, el desarrollo a largo plazo de un proyecto para la consolidación de la cadena de valor del hidrógeno verde en la Argentina, debiera integrarse a las sucesivas NDC del país.

De esa manera es posible dejar constancia del considerable aporte que el desenvolvimiento del hidrógeno verde puede hacer al mencionado proceso de transición, en particular en el campo energético, así como elucidar las vías para lograrlo.

Las NDC representan, formalmente, planes de corto a mediano plazo, y se requiere que esos planes se actualicen cada cinco años, con un nivel de ambición progresivamente más elevado, si bien ese nivel debiera estar basado estrictamente en las habilidades y capacidades de los propios países.

Es de destacar que se verifican ya ciertos progresos concretos encaminados al logro del Acuerdo de París, y notablemente eso se observa particularmente en los países en desarrollo. Por ejemplo, los compromisos enunciados por los países de África son más robustos y precisos que el promedio global, y se proponen explicar cómo los objetivos que se plantean serán efectivamente alcanzados. Así, entre otros, tanto Uganda como Nigeria han convertido en ley el Acuerdo de París, pero también sus respectivas NDC; ambos lo concretaron ya en 2021.

Las NDC constituyen, además, compromisos con respaldo político de las autoridades nacionales. En tal sentido, si son aplicados correctamente, pueden representar un medio apropiado para hacer frente a la triple crisis actual, esto es, no solo permitir enfrentar el cambio climático global, sino abordar otros problemas de carácter sistémico, tales como la pérdida de biodiversidad y de naturaleza a la vez que la persistente degradación de los ecosistemas, la contaminación global, o, incluso más allá, las amenazas a la seguridad energética y alimentaria.

De modo que las NDC son ciertamente importantes en más de una dimensión:

- En primer lugar, contribuyen a consolidar las metas globales acordadas oportunamente en París, y debieran mostrar con alguna precisión que es lo que compromete cada país para alcanzar esas metas. Dan cuenta cómo se propone el país que la presenta reducir sus emisiones de GEI, cuando lo hará y que acciones concretas implementará para lograrlo.
- Consideradas en su conjunto, agregadamente, las NDC, colectivamente, permiten demostrar, asimismo, cuán cerca (o, por el contrario, cuán lejos) la comunidad internacional está de poder alcanzar las metas climáticas globales colectivas.
- Luego, las NDC también son significativas, pues representan, implícita o explícitamente, según el caso, planes de inversión que cuentan a priori con respaldo político para hacer desembolsos considerables en áreas cruciales, que tienen el potencial de producir los resultados climáticos deseados, pero también tienen la capacidad de impulsar el desarrollo sostenible, por ejemplo, en el sector energético o en el de la agricultura.
- De modo que la consecución de sus objetivos no solo permitiría enfrentar la crisis climática, si no también aportar a la materialización de diversas prioridades del desarrollo, como el acceso a la energía, la seguridad alimentaria, evitar o atenuar la volatilidad del crecimiento económico, o limitar el incremento de las migraciones forzadas provocadas por los impactos crecientes del cambio climático en las regiones más vulnerables del planeta.

- ▷ Finalmente, las NDC son universales, en tanto comprenden e incluyen a todos los países, tanto los desarrollados como en desarrollo, y se entiende que han sido validadas, en principio, al más alto nivel de cada uno de los gobiernos nacionales.

2.4 Acerca de las ECLP

De conformidad con el Artículo 4, párrafo 19, del Acuerdo de París, todas las Partes de ese acuerdo deberían "esforzarse por formular y comunicar estrategias a largo plazo (ECLP) para un desarrollo con bajas emisiones de gases de efecto invernadero".

El Acuerdo proponía presentar esas estrategias a la CMNUCC antes de 2020 aún sin especificar los requisitos para futuras actualizaciones o adecuaciones, si estas fueran aplicables, y hacerlo teniendo presente el artículo 2, y tomando en consideración las responsabilidades comunes pero diferenciadas y sus capacidades respectivas, a la luz de las diferentes circunstancias nacionales.

Se afirma, además, que el desarrollo con bajas emisiones de GEI y el equilibrio entre las emisiones antropógenas por las fuentes y la absorción antropógena por los sumideros, en la segunda mitad del siglo, debe lograrse "sobre la base de la equidad y en el contexto del desarrollo sostenible y de los esfuerzos por erradicar la pobreza".

La arquitectura del AP -de manera deliberada- pone además a los países exclusivamente a cargo de cómo determinar e implementar su contribución al esfuerzo global de lograr emisiones iguales a cero, entre los demás objetivos globales del acuerdo. Por lo tanto, puede entenderse que las Estrategias Climáticas de Largo Plazo (ECLP) son parte integral de esa arquitectura en la que los países son directamente responsables de unos compromisos internacionales que deben ser cada vez más ambiciosos, tanto en el corto plazo, como, más relevantemente, en el largo plazo.

La ECLP tiene sobre todo un papel complementario clave, precisamente como instrumento de planificación nacional para lo cual debe ser capaz de expresar de forma inequívoca:

- i. la justificación (esto es, la fundamentación) de la necesidad de iniciar una transición hacia una economía carbono neutral lo más rápidamente posible y anticipar cuáles serán los caminos que se seguirán para materializarlo;
- ii. que si el país se enfoca en la implementación a corto plazo de acciones de una insuficiente ambición (por ejemplo, a nuestro juicio la inclusión de acciones de mitigación de naturaleza sólo incremental) tendrá como resultado más probable que con ellas no sea posible alcanzar los objetivos a largo plazo que se proponen; y,
- iii. que la neutralidad de carbono para 2050 es técnicamente factible, económicamente viable y socialmente ventajosa y, consecuentemente, la ECLP debe ser capaz de demostrarlo de manera fundada.

En el caso de las estrategias climáticas a largo plazo orientadas a lograr bajas emisiones de carbono, y, en el límite, a la carbono-neutralidad, el objetivo global y colectivo de esas estrategias es inequívoco.

En este punto del proceso de la construcción de un régimen climático internacional, la causa final es que los objetivos del Acuerdo de París, en lo que concierne al país que está elaborando esa estrategia, sean cumplidos o alcanzados en el momento planeado o incluso antes aún, con la máxima transparencia, equilibrio, y eficiencia.

Según el *World Resources Institute*, las "estrategias de desarrollo de bajas emisiones de GEI a largo plazo hacia mediados de siglo", o simplemente las "estrategias de largo plazo" de las Partes, son fundamentales para lograr el objetivo de alcanzar las emisiones globales netas iguales a cero, limitar el calentamiento global y prevenir algunos de los peores impactos del cambio climático.

En síntesis, una estrategia de largo plazo debe especificar con claridad áreas claves de acción en la consecución de los objetivos previamente articulados nacionalmente, y tomar cuidadosamente en cuenta las circunstancias relevantes en el ámbito de las dimensiones consideradas.

Esa estrategia no debiera ser rígida, ni excesivamente detallada, pero es necesario especificar con precisión las más importantes áreas de acción. Esas especificaciones deberán incluir, principalmente: inversiones, geografías involucradas, tecnologías, políticas e instituciones.

2.5 El financiamiento climático y las necesidades de financiamiento

El desarrollo sostenible requiere un desplazamiento en la estructura de los flujos financieros en todos los sectores de la economía. Tanto el AP, como las Metas de Desarrollo Sostenible y la Agenda 2030, ponen énfasis en el papel crítico que cumplen las soluciones financieras de largo plazo para alcanzar el desarrollo sostenible.

El financiamiento climático o, expresado más ajustadamente, el financiamiento de las acciones destinadas a enfrentar el cambio climático se refiere, de manera general, al conjunto de los recursos de diversas fuentes, movilizados por distintos medios, para facilitar, materializar o ampliar la acción por el clima, tanto desde el punto de mitigación como adaptación.

Según define la CMNUCC, "el financiamiento climático se refiere al financiamiento local, nacional o transnacional – procedente de fuentes públicas, privadas y alternativas – que busca apoyar las acciones de mitigación y adaptación para hacer frente al cambio climático".

En la actualidad, el reciente cambio hacia la adopción de senderos de emisiones netas cero por parte de un gran número de países crea una elevada demanda adicional de flujos financieros para atender las necesidades de recursos derivadas, en especial de los países en desarrollo, para poder desplegar las transiciones socio-técnicas planeadas y propuestas, que permitirían alcanzar ese objetivo de carbono neutralidad a largo plazo en los tiempos previstos.

El financiamiento de la acción climática debe tener numerosas fuentes diferentes. A medida que crecen los impactos del calentamiento global y su severidad y se hacen más gravosas las amenazas, un mayor número de partes interesadas se movilizan para invertir en medidas que permitan atenuar los impactos resultantes.

Complementariamente, los países se enfocan en considerar como puede expandirse el financiamiento dada la magnitud de la demanda de fondos y su tendencia incremental e, inevitablemente, el aumento progresivo de los volúmenes de recursos requeridos, para lo cual es preciso la identificación de nuevos mecanismos de financiamiento, así como el acuerdo para la inclusión de nuevas fuentes de fondos adicionales.

Asimismo, hay que convenir que financiar la implementación de una política climática nacional es un emprendimiento ciertamente costoso.¹ Según una primera estimación preliminar, y una ulterior revisión, a escala global la implementación de las INDC ya remitidas, tendría un costo aproximado de USD 4.4 billones (GIZ, 2017; Germanwatch, 2015).

En el plano internacional, se estimaba que el AP habilitaría al menos 23 billones de dólares en oportunidades para inversiones en materia climática, entre el 2016 y el 2030².

¹ Este aserto se hace en términos de la magnitud de los recursos totales que demanda y sin computar los beneficios de la acción ni hacer una evaluación coto-beneficios de las políticas y medidas adoptadas.

² IFC (2016). Oportunidades de inversión climática en mercados emergentes: un análisis de IFC

Por otra parte, otras estimaciones referidas a las inversiones globales necesarias para alcanzar los objetivos de reducción de emisiones -para conseguir no exceder los límites de temperatura media global- y llevar a cabo las acciones de adaptación que garanticen un nivel apropiado de capacidad adaptativa y hagan posible reducir la vulnerabilidad de la sociedad, particularmente la de sus grupos más vulnerables, así como proteger los activos físicos públicos y privados más expuestos, oscilarían en aproximadamente en unos 3 y 6 billones de dólares por año hasta el 2050. Ese nivel de fondeo haría posible reducir la vulnerabilidad de la sociedad, particularmente la de sus grupos más expuestos, así como proteger los activos físicos públicos y privados, más amenazados por eventos extremos.

Según el último informe “Global Landscape of Climate Finance 2023” elaborado por la *Climate Policy Initiative* (CPI), a nivel internacional el financiamiento climático promedio ha llegado a alrededor de unos 1,3 billones de USD en 2021/2022, casi duplicando los niveles del período 2019/2020, destacándose que la toma de deuda es la principal fuente de financiación para estas inversiones destinadas a la acción climática.

Sin embargo, la brecha de financiamiento climático sigue siendo considerable, de acuerdo con lo que afirma la propia CPI, que estima que se requieren elevados montos de inversión, llegando a unos 9 billones de USD al 2030, mientras deberían crecer hasta alcanzar a alrededor de 10 billones de dólares por año en el período que se extiende del 2031 al 2050³.

Las estimaciones de las necesidades de financiamiento varían por diferentes razones; entre ellas debido a las grandes lagunas de datos que se observan en el seguimiento de los flujos de financiamiento climático, especialmente en sectores distintos de la energía renovable, la eficiencia energética y el transporte. Más allá de la insuficiencia de la información hoy disponible, es evidente que el financiamiento climático debe incrementarse significativamente.

Por otro lado, la demora en el desembolso de los fondos requeridos genera mayores costos; tanto para evitar el aumento de la temperatura media global, como, sobre todo, para abordar los impactos del cambio climático y adaptarse a estos.

Tradicionalmente, las fuentes públicas han sido la principal fuente de capital disponible para la financiación de la acción contra el cambio climático, incluidos los recursos financieros provenientes de los bancos multilaterales de desarrollo (BMD), las organizaciones multilaterales, algunos gobiernos, los diversos fondos para el clima de las Naciones Unidas, sus agencias, y también los diversos organismos dedicados a la asistencia técnica.

Sin embargo, el costo de la mitigación y adaptación al cambio climático supera cada vez en mayor proporción la cantidad de fondos públicos disponibles. Si se tienen en cuenta, además, las restricciones fiscales de los países en desarrollo, y, en numerosos casos, su elevado endeudamiento externo, existe una necesidad global de aumentar y capitalizar los fondos procedentes del sector privado y de fuentes privadas, como las entidades financieras comerciales, las organizaciones filantrópicas, los diversos tipos de inversores institucionales, las organizaciones sin ánimo de lucro, los actores corporativos, otros fondos institucionales, los grandes fondos de pensión, etc.

Esta apremiante necesidad de recursos ha llevado a la introducción de la financiación mixta, en la que fuentes públicas y privadas contribuyen a combinar un único flujo de financiación, contribuyendo a reducir los riesgos de inversión para estimular la participación del sector privado.

El financiamiento mixto se refiere al uso selectivo alternativo para proyectos de gran impacto (es decir, entre otros, grandes proyectos de infraestructura) en los que los riesgos reales o percibidos son demasiado elevados para que los prestamistas comerciales se vean atraídos a concretarlos por su

³ Iniciativa de Política Climática (2023).

cuenta. No obstante, el sector privado en el pasado ha provisto bastante menos de la mitad del financiamiento climático total y, en particular, este se ha concretado en mayor medida en los propios países desarrollados, en gran parte, debido a que en esos países las señales de precios suelen colaborar en la generación de incentivos para materializar inversiones bajas en carbono y, por otro lado, algunas de las tecnologías innovadoras que es necesario introducir se encuentran allí ya disponibles.

En algún sentido esta tendencia, si se mantiene sin cambios en el tiempo, puede dificultar el acceso a los recursos necesarios en los países en desarrollo, en particular en aquellos que conjugan a la vez una gran fragilidad climática y condiciones institucionales y de gobernanza que están asociadas a deficiencias para estructurar un ambiente habilitador adecuado para la pronta materialización de las inversiones necesarias.

Por último, es de destacar que la cuestión del financiamiento se plantea en un contexto internacional caracterizado por una deuda pública global récord que, según el Fondo Monetario Internacional se elevaba a 92 billones de dólares en 2022⁴, mientras la deuda privada sumaba otros 146 billones de dólares. La deuda total representaba un 238% del producto doméstico bruto global, nueve puntos porcentuales más alta que lo que era en el 2019, antes del inicio de la pandemia. Estos niveles hacen forzoso concluir que los gobiernos acentuarán los esfuerzos para reducir o al menos estabilizar la deuda pública, debido a las preocupaciones por la sostenibilidad de esa misma deuda, que en el 2023 retomó su tendencia expansiva precedente.

Asimismo, también crece la inquietud sobre la transparencia de las estadísticas que registran la deuda pública, creando algunos obstáculos adicionales a la generación de fuentes de recursos públicos para financiar específicamente la acción climática y, por ende, trasladando la responsabilidad mayor respecto del sostenimiento de los esfuerzos de transformación eventualmente al sector privado, pese a que no hay una posición corporativa clara coincidente en esa materia.

2.6 El papel del H2V y PtX para afianzar las Contribuciones a nivel nacional y las estrategias en la región

Del relevamiento de las NDC de una muestra de países de América Latina y el Caribe se ha observado que 7 países, sobre un total de 17 (41%), incluyen ya una mención explícita al hidrógeno verde, o de bajas emisiones en sus NDC:

- **Argentina:** La NDC de Argentina afirma de modo general que existe "un significativo potencial en materia de producción de hidrógeno" y que hacia el año 2030 se desarrollará la cadena productiva del hidrógeno, "cuya utilización trazará el camino hacia una industria y transporte sostenible y baja en carbono". En Energía, se declara que "otros vectores energéticos tales como el hidrógeno tendrán un rol clave en lograr la transición energética". En lo referido al Transporte, la NDC menciona que "se fomentará la electrificación de la movilidad y el uso del hidrógeno".
- **Bolivia:** Establece una medida condicionada de mitigación relacionada a la "introducción del almacenamiento de electricidad" con un objetivo de implementar al menos 3 proyectos piloto al año 2030, haciendo referencia explícita al hidrógeno verde entre otras tecnologías de control y gestión de la red eléctrica.
- **Chile:** La NDC de Chile considera que "el uso de hidrógeno producido a partir de fuentes de energía renovables para el transporte de carga también tendrá un papel importante en el logro de la meta de neutralidad, y sería económicamente conveniente". Sin embargo, menciona a la

⁴ Fondo Monetario Internacional (2023). Global Debt Database.

vez que "esta tecnología está en pleno desarrollo y se espera que sea comercialmente competitiva a partir de 2030".

- **Costa Rica:** La NDC de Costa Rica del año 2020 define 13 áreas temáticas prioritarias, y una de ellas, Energía, establece una contribución referida al hidrógeno verde, al comprometerse en ese momento a que "para el año 2022 Costa Rica habrá desarrollado una estrategia para el desarrollo y promoción del hidrógeno verde en el país".
- **México:** Entre los componentes de mitigación de la NDC, se menciona que se "impulsarán nuevas tecnologías para la generación eléctrica, como el hidrógeno verde en centrales híbridas".
- **Paraguay:** En el capítulo de medidas de mitigación priorizadas para el Sector de Energía, se menciona el "gran potencial de la bioenergía y los biocombustibles e hidrógeno verde, como aspectos a considerar a futuro, para los escenarios energéticos del país, principalmente considerando los costos cada vez más competitivos de las tecnologías de energías renovables".
- **Uruguay:** Incluye 2 medidas condicionales relacionadas con el hidrógeno: 1) al 2030 se han incorporado al parque automotor 600 vehículos de transporte de carga que funcionan con celdas de hidrógeno; 2) al 2030 se ha desarrollado regulación, capacidades e incentivos en el marco de la implementación de la Hoja de ruta del Hidrógeno Verde.

No se han identificado menciones ni otras medidas adicionales explícitamente relacionadas con los procesos de PtX en la información contenida en las NDC de la región que fueran revisadas.

Con mayor grado de detalle, 8 países de la región han publicado y/o desarrollado una Estrategia u Hoja de Ruta específica para el desarrollo del H2V, y otros 4 países se encuentran en proceso de preparación de este tipo de documentos rectores. Estas estrategias y/u hojas de ruta incluyen en la mayoría de los casos metas físicas (como ser metas de capacidad de electrólisis y/o metas de producción de hidrógeno), así como metas de inversiones de mediano y largo plazo para el desarrollo del hidrógeno de bajas emisiones y de sus derivados.

Por ejemplo, Chile, estima un mercado de hidrógeno verde y derivados con una facturación de 5.000 millones de USD al 2030, y de 33.000 millones de USD al 2050 (con hasta un 70% de participación del mercado de exportación), para lo cual prevé que se necesitará una capacidad de energía renovable asociada de 40 GW al 2030 y 300 GW al 2050, con inversiones acumuladas por unos 45.000 millones de USD al 2030, y unos 330.000 millones de USD al 2050.

Tabla 1: H2V en NDC y Estrategias y/o Hojas de Rutas para el desarrollo del H2V en América Latina y el Caribe

País	H2V en NDC	Estrategia / Hoja de Ruta H2V
Argentina	Sí (2da NDC 2020)	Publicada v1 (2023)
Bolivia	Sí (2da NDC 2021)	En proceso
Brasil	No	En proceso
Chile	Si (2da NDC 2020)	Publicada v1 (2020)
Colombia	No	Publicada v1 (2021)
Costa Rica	Si (2da NDC 2020)	Publicada v1 (2022)
Ecuador	No	Desarrollada v1 (2023)
El Salvador	No	Sin Información

Guatemala	No	Sin Información
Honduras	No	Sin Información
México	Sí (2da NDC 2022)	Sin Información
Panamá	No	Publicada v1 (2023)
Paraguay	Sí (2da NDC 2021)	En proceso
Perú	No	En proceso
Trinidad & Tobago	No	Publicada v1 (2022)
Uruguay	Sí (2da NDC 2022)	Publicada v1 (2023)
Venezuela	No	Sin Información

Fuente: Elaboración propia

En otras regiones del mundo también se identificaron ejemplos de menciones al hidrógeno verde en las NDC o sus actualizaciones.

- **Emiratos Árabes Unidos (EAU).** La tercera actualización de la segunda NDC de EAU otorga un rol protagónico al hidrógeno de bajas emisiones en el proceso de descarbonización, principalmente en el sector industrial. El documento establece el objetivo de asegurar la ventaja como pioneros en la producción de hidrógeno con bajas emisiones de carbono (incluyendo al hidrógeno azul, rosa y verde) y sus derivados, siendo esenciales para descarbonizar los sectores con mayores emisiones como la producción de cemento, acero y aluminio. Se incluye una hoja de ruta del desarrollo del hidrógeno al 2040. Asimismo, se define que las tecnologías de CCS y el hidrógeno "requerirán subsidios gubernamentales y también estarán respaldados por mecanismos de fijación de precios del carbono".
- **Estados Unidos.** La actualización del año 2021 de la NDC de Estados Unidos menciona que incentivará nuevas fuentes de hidrógeno, como el hidrógeno en base a energías renovables, energía nuclear o residuos, para brindar energía a instalaciones industriales.
- **Canadá.** La actualización de la NDC del año 2021 define que el Gobierno de Canadá invertirá 1.500 millones de dólares canadienses en el Fondo de Combustibles Limpios, implementando la Estrategia de Hidrógeno para Canadá e introduciendo una asignación acelerada para cubrir costos de capital para equipos de energía limpia, incluidos equipos para producir y distribuir hidrógeno.
- **Australia.** La NDC actualizada del año 2021 de Australia incluye al "hidrógeno limpio" entre las tecnologías prioritarias de bajas emisiones y establece un objetivo de producir hidrógeno limpio a un costo menor a 2 dólares australianos por kilogramo para un horizonte de tiempo que va de 2028 a 2035. Mientras que la actualización de la NDC del año 2022 menciona al hidrógeno verde entre las inversiones en tecnologías para acelerar y facilitar las bajas emisiones y la energía limpia.

Se espera que en próximas actualizaciones de NDC, a ser presentadas en 2025, cada vez más países de la región y del mundo incluyan el desarrollo del hidrógeno verde y PtX entre sus medidas de mitigación, y que, a la vez, el hidrógeno verde gane centralidad en su contribución a la reducción de emisiones.

2.7 La NDC, ELP y Planes de Argentina

Argentina ha presentado la segunda NDC ante la CMNUCC en diciembre de 2020, que fuera luego actualizada en octubre de 2021, con un aumento en la ambición respecto de las anteriores. De acuerdo con dicha actualización, "la República Argentina no excederá la emisión neta de 349 millones de

toneladas de dióxido de carbono equivalente (MtCO₂e) en el año 2030, aplicable a todos los sectores de la economía”. Dicha meta es absoluta e incondicional⁵.

Así, el país “incrementa su compromiso respecto a la meta de mitigación presentada en 2016, incorpora una meta de adaptación en conformidad con el artículo 7.1⁶ del AP, e incluye una mención a la necesidad de contar con los medios de implementación suficientes para hacer frente al desafío del cambio climático, en línea con su compromiso de promover un desarrollo integral y sostenible en el marco de una transición justa”.

Asimismo, el compromiso de carbono neutralidad en 2050, que fuera anunciado en 2021, se tradujo en la Estrategia de desarrollo resiliente con bajas emisiones a largo plazo a 2050 (ELP) del país. La Argentina ha informado en 2022 a la comunidad internacional, a través de la CMNUCC, acerca de esta primera versión de su ELP al 2050, reforzando el compromiso del país con la acción climática internacional —definida por el propio país como una política de Estado e incluida en su marco legal—, con la CMNUCC y con la implementación de los objetivos enunciados en el AP.

Esa estrategia debe entenderse como un instrumento de la política climática nacional, que profundiza y da continuidad a los esfuerzos iniciados por la República Argentina en las NDC ya presentadas. Naturalmente también representan una línea de continuidad en los esfuerzos iniciados con la presentación de la Primera Comunicación Nacional ante la CMNUCC, y la activa participación argentina en la negociación internacional para la construcción del régimen climático internacional, que se llevó a cabo en la década del noventa e incluyó entonces la organización en el país de una Conferencia de las Partes, la cuarta, en 1998.

La ELP se enmarca en el artículo 4, párrafo 19, del AP. Allí se sugiere a las Partes “esforzarse por formular y comunicar” sus estrategias “tomando en consideración sus responsabilidades comunes pero diferenciadas y sus capacidades respectivas, a la luz de las diferentes circunstancias nacionales” (CMNUCC, 2015, p. 7). En esta misma línea, la Argentina responde a la invitación urgente del Pacto Climático de Glasgow, en el párrafo 32 de la Decisión 1/CMA.3, a presentar las estrategias a largo plazo para un desarrollo bajo en emisiones, orientadas hacia una transición justa, con cero emisiones netas para mediados de siglo (CMNUCC, 2021).

Las metas definidas en la estrategia de referencia guiarán un proceso técnico-político a desarrollarse en el ámbito del GNCC que permitirá:

- “Mediante un proceso de planificación estratégica participativo, establecer un marco para la acción, profundizando los principios rectores que representan guías para la formulación de esta ELP y las trayectorias viables para alcanzar sus metas.
- Establecer las líneas de acción estratégicas a mediano y largo plazo, así como los instrumentos de política que crearán las condiciones necesarias para su implementación, en pos de un desarrollo donde las diferentes problemáticas socioeconómicas y socio-ambientales, así como las líneas de acción a largo plazo, se aborden de forma sistémica.”

Las líneas de acción estratégicas incluidas en la ELP son:

- Transformación del sistema energético
- Transformación del sistema alimentario y forestal
- Transformación del sistema de transporte

⁵ No se encuentra condicionada al acceso a medios de implementación: recursos financieros, transferencia de tecnología ni asistencia técnica.

⁶ El artículo 7.1 del AP tiene como objetivo “mejorar la capacidad de adaptación [del mundo], reforzar la resiliencia y reducir la vulnerabilidad al cambio climático.”

- Transformación del sistema productivo industrial
- Transformación de sistema urbano y territorial
- Protección y restauración de los sistemas naturales

A estas líneas de acción se deben añadir enfoques transversales y líneas instrumentales, que completan los elementos que integran la estrategia a largo plazo y, a la vez, indican sus prioridades.

En este contexto es que el gobierno nacional desarrolló y presentó en 2022 el Plan Nacional de Adaptación y Mitigación al Cambio Climático al 2030 (PNAyMCC), que sintetiza las políticas del país para limitar las emisiones de GEI y generar respuestas coordinadas que hagan posible adaptar a los territorios, ecosistemas, sectores y comunidades vulnerables frente a los impactos del cambio climático. A través del plan, el país detalla los medios y acciones a llevar adelante para alcanzar las metas de adaptación y mitigación en la última NDC.

- Meta de mitigación: no exceder la emisión neta de 349 MtCO₂e para 2030, objetivo aplicable a todos los sectores de la economía.
- Meta de adaptación: construir capacidades, fortalecer la resiliencia y disminuir la vulnerabilidad frente al cambio climático, en los distintos gobiernos locales y sectores, a través de medidas que prioricen a las comunidades y los grupos sociales en situación de vulnerabilidad, y que incorporen el enfoque de género y la equidad intergeneracional.

El PNAyMCC tiene 6 líneas estratégicas que se sintetizan en la siguiente tabla.

Tabla 2: Líneas estratégicas Segunda NDC de Argentina

Línea estratégica	Objetivo
Transición Energética	- Promover la eficiencia energética y la transformación hacia una matriz más limpia y resiliente
Transición Productiva	- Desarrollar cadenas de valor nacionales, fomentar la economía circular, vincular la gestión del riesgo climático a la planificación productiva e impulsar la innovación de procesos
Movilidad sostenible	- Adaptar la infraestructura y operación del transporte ante el cambio climático, planificar la movilidad urbana, hacer un uso eficiente de la energía y contribuir al reemplazo progresivo de los combustibles fósiles.
Territorios sostenibles y resilientes	- Fortalecer la sostenibilidad de la vivienda y la resiliencia de la infraestructura, prevenir eventos extremos y mejorar las herramientas de gestión de residuos y efluentes.
Conservación de la biodiversidad y bienes comunes	- Fortalecer el rol de los ecosistemas en la mitigación y absorción de gases de efecto invernadero, hacer un Ordenamiento Ambiental del Territorio y restaurar y conservar ecosistemas
Gestión sostenible de los sistemas alimentarios y bosques	- Promover la conservación de suelos, impulsar el uso sostenible de los bosques nativos, aumentar la diversificación y eficiencia productiva y gestionar los riesgos climáticos agroforestales y pesqueros

Fuente: Elaboración propia en base al Plan Nacional de Adaptación y Mitigación al Cambio Climático (2022)

En particular, en la Línea Estratégica **Transición Energética** se incluye la Línea de acción 4 “Estrategia nacional para el desarrollo del hidrógeno” que incorpora el desarrollo de una hoja de ruta para impulsar un complejo productor y exportador de hidrógeno como nuevo vector energético, considerando en cada caso la huella de carbono de su cadena productiva. Esa línea identifica al menos 3 medidas de mitigación relacionadas con el H2V:

- Promover la adopción del hidrógeno con nulas o bajas emisiones de GEI y el desarrollo de la cadena de valor (Secretaría de Energía) mediante el desarrollo del marco regulatorio acorde a

las necesidades del sector y en sintonía con la estabilidad macroeconómica, el desarrollo de capacidades productivas nacionales y los compromisos climáticos.

- Identificar redes de investigación e institutos como aporte para una Estrategia Nacional de H2 (Ministerio de Ciencia Tecnología e Innovación) para el desarrollo de estudios y consultoría sobre la producción de H2 y desarrollo en Argentina.
- Fortalecer la investigación y el desarrollo de la producción de hidrógeno bajo en carbono en el país (Ministerio de Ciencia Tecnología e Innovación) para la promoción de la cadena de valor del hidrógeno bajo en carbono mediante el financiamiento de una planta piloto experimental, proyectos de distinta escala sobre la temática e idea-proyecto para un polo científico.

En el caso de la Línea Estratégica **Movilidad Sostenible** se consideran las siguientes medidas que hacen referencia al H2V:

- Renovación de flota de camiones utilizados en el transporte de cargas de larga distancia con una meta al 2030 que incluye la renovación del 0,19% de los Vehículos Pesados (de un total de 415.236 al 2030) renovando 1.021 vehículos pesados diésel, de los cuales el 90% corresponde a vehículos BEV a Baterías ión-litio y el 10% corresponde a Celdas de Hidrógeno como combustible
- Promover la renovación de flota de buses de transporte urbano de pasajeros/as con una meta al 2030 que incluye la renovación del 21,81% de los buses urbanos mediante su reemplazo por buses eléctricos (8.847 unidades). De ellos, el 90% serán eléctricos con recarga, mientras que el 10% usarán celdas de hidrógeno como combustible

Anteriormente, en julio de 2021, el Ministerio de Desarrollo Productivo de Argentina había presentado el "Plan de Desarrollo Productivo Verde" que apuntaba conciliar tres sostenibilidades: social, macroeconómica y ambiental. Este Plan definía ocho líneas estratégicas, entre las cuales se incluía la "Producción de Hidrógeno Verde" como una de ellas. Entre las acciones a mediano plazo se encontraba la "Promoción del Hidrógeno Verde", la cual proponía delinear una estrategia de desarrollo de la cadena de valor del hidrógeno, mediante una nueva ley de fomento y la inclusión del sector en otras herramientas de incentivo y/o programas de fomento.

Por otra parte, mediante la Resolución 517/2023 de la Secretaría de Energía (del Ministerio de Economía), Argentina ha aprobado en mayo de 2023 el Plan Nacional de Transición Energética a 2030 y los Lineamientos y Escenarios para la Transición Energética a 2050. Para dar cumplimiento a los objetivos y metas propuestas del Plan, se definieron nueve líneas estratégicas y un eje transversal de gobernanza institucional.

Una de esas líneas estratégicas es el "Desarrollo del hidrógeno bajo en emisiones", con tres líneas de acción principales:

- i. la participación activa en las instancias de coordinación como la Mesa Intersectorial del Hidrógeno;
- ii. la generación de las condiciones propicias para el desarrollo del hidrógeno bajo en emisiones;
- y
- iii. el desarrollo de conocimiento para dar impulso al desarrollo del hidrógeno bajo en emisiones.

En consecuencia, es útil elucidar de qué modo el desarrollo de la cadena de valor del hidrógeno verde y sus derivados puede contribuir al logro de los objetivos enunciados oportunamente en la NDC y ELP del país.

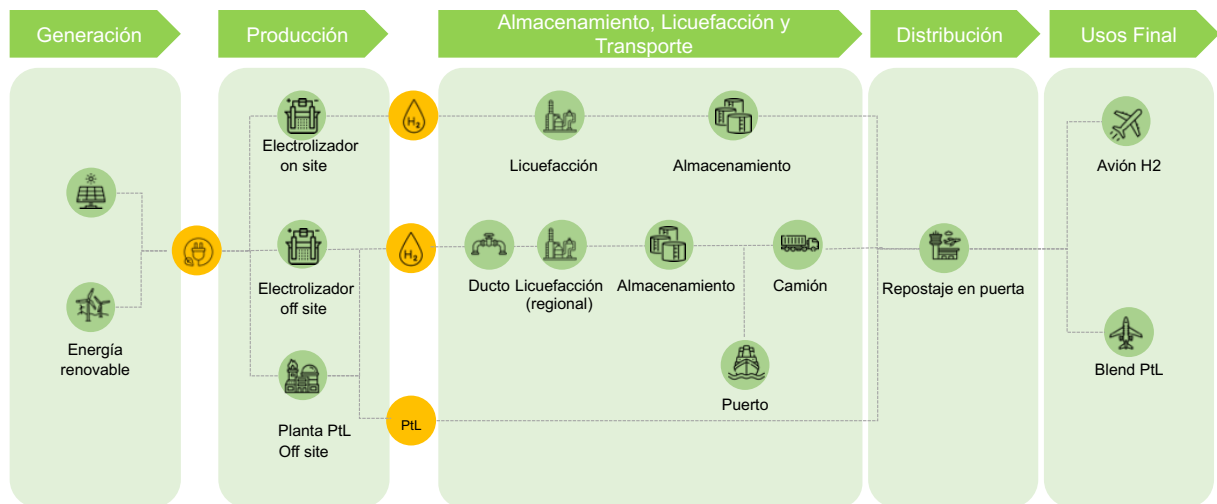
3

EL ESTADO DEL H2 Y SU CADENA DE VALOR DE VALOR

3 El Estado del Hidrógeno verde y su cadena de valor en la economía global

La cadena de valor del hidrógeno verde comienza con la generación de energía renovable (principalmente eólica y solar) y la transmisión eléctrica hasta las plantas de electrolizadores, donde junto con el suministro de agua, se produce el hidrógeno verde. El hidrógeno producido puede ser almacenado temporal o permanentemente (ej. en esferas o en reservorios geológicos) o transportado para su uso final. El H2V puede ser transportado en forma gaseosa por ductos de hasta 4 mil kilómetros de extensión, o bien como hidrógeno líquido (mediante un proceso previo de licuefacción) mediante transporte marítimo. También existen formas alternativas de transporte al ser convertido en productos derivados, como, por ejemplo, en amoníaco o combustibles sintéticos. Según el uso final, estas formas de transporte del hidrógeno podrán requerir su ulterior reconversión a hidrógeno o bien ser consumidas directamente (ej. amoníaco para fertilizantes, o Combustibles Sostenibles de Aviación o SAF).

Figura 1: Componentes eléctrico y químico de la Cadena de valor del Hidrógeno Verde



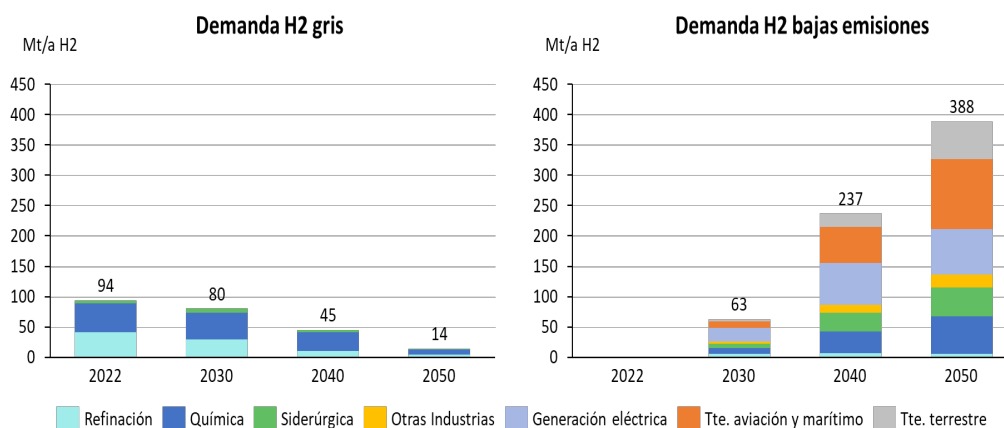
Fuente: Airbus

3.1 Avances, impulsores y oportunidades para el desarrollo

La Agencia Internacional de Energía (IEA) estima en su Escenario Cero Neto al 2050 que la demanda global de hidrógeno proveniente de combustibles fósiles caerá desde niveles actuales de 94 millones

de toneladas anuales (Mt/a) en 2022 hasta sólo 14 Mt/a en 2050, mientras que la demanda global de hidrógeno de bajas emisiones alcanzará los 388 Mt/a en 2050, desde niveles hoy prácticamente marginales (0,6 Mt/a). Para ese año, la demanda se distribuirá entre los siguientes usos/destinos: 30% combustibles marinos y de aviación, 19% generación eléctrica, 16% transporte terrestre, 16% químicos, 12% industria siderúrgica, 5% otras industrias y 1,5% refinación.

Figura 2: Proyección de demanda global de hidrógeno y sus usos al 2050



Fuente: Agencia Internacional de Energía (IEA), Escenario Cero Neto 2022- 2050

Según la IEA, los proyectos anunciados de producción de H2V al 2030 representan una capacidad de aproximadamente 28 Mt/año H2V. No obstante, solo un número reducido de estos proyectos han ya alcanzado el hito correspondiente a una decisión final de inversión (FID, por sus siglas en inglés).

Las mayores plantas en H2V actualmente en producción se encuentran en China, con niveles de producción de varias decenas de miles de toneladas anuales. Ha comenzado la construcción del proyecto Songyuan de la empresa CEEC de 640 MW de capacidad de electrólisis que producirá 45 kt/año de H2V. En el último año, también se han registrado avances en plantas de producción de combustibles sintéticos. La industria siderúrgica también muestra avances incipientes hacia el "acero verde". Respecto a los combustibles para aviación, existe una creciente tendencia a establecer metas incrementales de mezcla de combustible de aviación sostenible (SAF). Los combustibles para transporte marítimo también presentan un potencial como uso final para el hidrógeno de bajas emisiones. Según la IEA, se evidencia un creciente interés por utilizar hidrógeno o amoníaco como combustible en el sector de generación eléctrica (IEA, 2023).

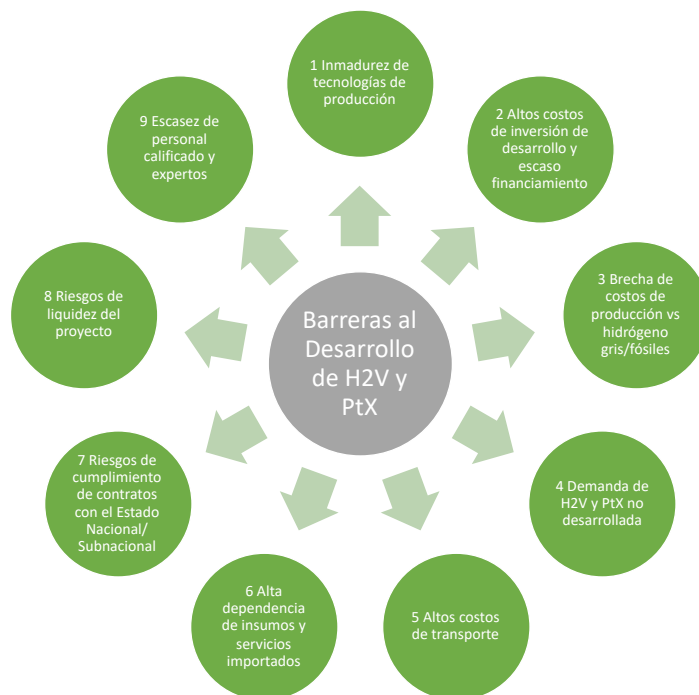
Adicionalmente, diversos países han definido metas de co-combustión de hidrógeno en la generación eléctrica: **México** tiene el objetivo de aumentar la proporción de hidrógeno en las plantas con turbinas de gas de ciclo combinado hasta 30% para el año 2036; **Estados Unidos** ha propuesto el uso de mezclas de hidrógeno al 30% en turbinas de gas para el año 2032; **Japón** posee una meta de combustión conjunta de 30% de hidrógeno en grandes turbinas de gas y del 50% de amoníaco en centrales eléctricas de carbón para el año 2030 mientras **Corea del Sur** definió una meta de 13 TWh de generación de electricidad a partir de la combustión conjunta de hidrógeno y amoníaco en centrales eléctricas de gas y carbón existentes para el año 2030, y 47 TWh para el año 2036.

3.2 Obstáculos e incertidumbres

El despliegue a gran escala de inversiones en activos de baja intensidad de carbono y, en particular, la introducción de tecnologías que hacen posible la reducción de emisiones de GEI en el sector de la energía, enfrenta numerosas barreras y conlleva ciertos riesgos, lo que explica en parte la relativamente lenta tasa inicial de adopción de esas tecnologías en países en desarrollo, al menos en ciertos sectores de actividad.

Las inversiones bajas en carbono en países en desarrollo deben hacer frente a algunos obstáculos asociados a los riesgos inherentes a la naturaleza del propio proyecto, esto es, riesgos proyecto-específicos o sistémicos que poseen sus características particulares en el sector de la energía. Al tratarse de tecnologías aún no siempre desplegadas de manera masiva, su introducción puede resultar eventualmente en mayores costos, riesgos de interrupciones en el servicio y, puede verificarse, incluso, una falta de capacidades locales para la construcción del proyecto, su operación eficiente y el mantenimiento. En este sentido, existen diversas barreras al desarrollo que incluyen las siguientes⁷:

Figura 3: Barreras al desarrollo del H2V y derivados



Fuente: Elaboración propia

En este sentido, caben destacar los resultados de la encuesta desarrollada por la plataforma H2LAC⁸ a 68 actores de la cadena de valor del hidrógeno verde en la región, en los que se identifican los principales riesgos en el despliegue de proyectos de H2V según su impacto y relevancia:

- Altas tasas de interés y tipos de cambio
- Gran inversión inicial requerida (CAPEX elevado)
- Falta de mercado de hidrógeno existente (incertidumbre sobre el precio)
- Riesgo político (expropiación, incumplimiento de contratos y restricción de transferencias)
- Incertidumbre en la demanda (incertidumbre de mercado)

⁷ Para un análisis detallado de las barreras referirse al documento "Impulsando el desarrollo del hidrógeno verde y Power to X en Argentina - Modelos de Desarrollo y Financiamiento" (FTDT 2024)

⁸ H2LAC (2024). Mesa de Trabajo Financiamiento. Infografía sobre el avance del Financiamiento de la industria del hidrógeno verde y sus derivados en América Latina y el Caribe.

4

PILARES DE UNA POLÍTICA DE H2 EN ARGENTINA

4 Los pilares de una política para desarrollar el hidrógeno verde y su cadena de valor en la Argentina

4.1 La Estrategia Nacional de H2 y sus Prioridades

La Estrategia Nacional para el Desarrollo de la Economía del Hidrógeno (ENH)⁹, publicada en el 2023, definía tres ejes que orientan su visión de largo plazo:

- el impulso del desarrollo tecnológico y productivo en toda la cadena de valor, incluyendo la producción de los bienes de capital críticos y la provisión de servicios tecnológicos.
- la decisión inicial de utilizar distintas tecnologías para la producción del hidrógeno de bajas emisiones, basadas alternativamente en las fuentes renovables (verde), la energía nuclear (rosa), o a partir de combustibles fósiles incluyendo procedimientos para la captura de carbono (azul).
- el despliegue de la demanda interna (clave para generar condiciones iniciales, evaluar prototipos y desarrollar tecnología nacional), así como el fortalecimiento de las condiciones para acceder al mercado internacional, participando de la cadena de valor global del hidrógeno (orientada a la producción a gran escala altamente competitiva imprescindible para hacer factible la concurrencia en ese mercado global)

Entre las principales metas especificadas en la Estrategia entonces enunciada se proponía alcanzar una capacidad de producción de hidrógeno de bajas emisiones de 5.000 kt/año al 2050 (distribuido entre 20% destinado al mercado doméstico y un 80% a la exportación). Para lograr ese objetivo, será

⁹ Secretaria de Asuntos Estratégicos de la Presidencia de la Nación de Argentina (2023). Estrategia Nacional para el Desarrollo de la Economía del Hidrógeno: https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/2023/07/estrategia_nacional_de_hidrogeno_-_sae.pdf

necesario instalar al menos 30 GW de capacidad de electrólisis y alrededor de 55 GW de generación eléctrica renovable al 2050. El volumen esperado de las inversiones que se requieren para alcanzar la producción esperada a esa precisa escala se ubica en torno a los 90.000 millones de USD al 2050, según se informa en la misma Estrategia.

Si bien la ENH define como eje de largo plazo el desarrollar las tecnologías de hidrógeno verde, rosa y azul, la mayoría de las metas y acciones seleccionadas priorizan específicamente al hidrógeno verde, indicando implícitamente que esta tecnología debiera entenderse como aquella de mayor potencial y conveniencia para su desarrollo en la Argentina.

4.2 Examen del marco legal y regulatorio vigente y brechas identificadas

La Ley N° 27520 de Presupuestos Mínimos de Adaptación y Mitigación al Cambio Climático Global creaba en su momento el Gabinete Nacional de Cambio Climático (GNCC), entendido como el órgano de gobernanza nacional para el diseño y análisis de políticas de adaptación y mitigación al Cambio Climático. En el momento de su creación el GNCC estaba destinado a funcionar bajo la órbita de la Jefatura de Gabinete de Ministros y era coordinado por la entonces Secretaría de Cambio Climático, Desarrollo Sostenible e Innovación del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.

Como se ha mencionado, Argentina ha sido un país pionero en materia de impulso al desarrollo de la producción de hidrógeno, con la promulgación de su Ley Nacional de Hidrógeno (Ley N° 26.123) en el año 2006, la cual declara de interés nacional el desarrollo de la tecnología, la producción, el uso y aplicaciones del hidrógeno como combustible y vector de energía.

Adicionalmente, la Ley creaba el Fondo Nacional de Fomento del Hidrógeno (FONHIDRO) y un Régimen Fiscal Promocional. No obstante, dicha Ley no contemplaba en ese momento un trato diferencial para el hidrógeno renovable, respecto de, por ejemplo, otras opciones, como el hidrógeno gris.

En mayo de 2023, se encontraba en debate un proyecto de ley que contempla al hidrógeno verde, al rosa y al azul, incluyendo estabilidad fiscal por 30 años, un número de beneficios fiscales, la certificación de origen, y procurar la integración y desarrollo de las cadenas locales de valor. También existen otros seis proyectos de ley presentados en el período 2021-2022. CEARE (2023) realiza un análisis comparativo de cada uno de estos proyectos en un estudio reciente.

La ENH fue elaborada oportunamente por la Mesa Intersectorial del Hidrógeno¹⁰, creada en el ámbito del Consejo Económico y Social y liderado por la Secretaría de Asuntos Estratégicos de la Presidencia de la Nación. La ENH no define una Autoridad de Aplicación ni sus funciones para el desarrollo del hidrógeno de bajas emisiones en Argentina.

Actualmente se encuentra en elaboración un proyecto de ley de desarrollo del H2V, vinculado a normas técnicas, esquemas de certificación y blending, a la vez que se revisará la estrategia nacional del hidrógeno verde elaborada en 2023.

Considerando los antecedentes examinados y el contexto actual y de mediano y largo plazo que se espera se desenvuelva en el país y en la economía global, respecto al régimen de gobernanza del

¹⁰ En la Mesa Intersectorial del Hidrógeno participaron a lo largo de su desempeño alrededor de 70 representantes de más de 30 organizaciones, públicas y privadas, entre las cuales se encuentran los gobiernos de las provincias de Buenos Aires, Chubut, Neuquén, Río Negro, Santa Cruz y Tierra del Fuego, Antártida e Islas del Atlántico Sur; además de los organismos e instituciones públicas como ENARGAS, INTI, CNEA, CEARE y CFI; y empresas con participación estatal, YPF Tecnología (Y-TEC), EPSE e INVAP.

desarrollo de la cadena de valor del hidrógeno de bajas emisiones en la Argentina indica considerar las siguientes cuestiones, adicionalmente a las recomendaciones elaboradas en el marco del Proyecto PtX Hub por el CEARE:

- Debiera definirse un régimen legal y regulatorio para desarrollar la cadena de valor del hidrógeno y de sus derivados en la Argentina. Ese régimen debiera dar la mayor certidumbre a los procesos, crear condiciones y reglas de juego que estimulen la inversión (dado que se trata de inversiones de gran escala que requieren dar ciertas seguridades a los inversores) en un mercado mundial muy competitivo, condiciones habilitantes que incluyan un adecuado marco jurídico, un régimen fiscal apropiado, un régimen de incentivos adecuado para el desenvolvimiento de nuevos proyectos y crear condiciones para que el tratamiento nacional y local de las iniciativas no represente una barrera para que estas se materialicen.
- Establecer las condiciones apuntadas más arriba debiera realizarse con el máximo rigor, pero tempranamente, para asegurar la percepción que el país constituye un destino atractivo para este tipo de inversiones, dadas sus extraordinarias ventajas comparativas.
- También es preciso tener en cuenta que hay una brecha considerable entre las iniciativas en desarrollo y los flujos de inversión con este propósito, con lo cual la pronta creación de un marco habilitante contribuiría a facilitar un flujo de inversiones orientadas al país.
- Es preciso evitar crear nuevos organismos, o instancias que puedan implicar una superposición de funciones que demoren la concreción de las inversiones, o erosionen la competitividad de la producción argentina en los mercados internacionales, vía costos internos considerablemente diferenciales con los costos internacionales (FTDT).

Finalmente, el Régimen de Incentivos para Grandes Inversiones (RIGI), introducido por el gobierno en 2024, otorga estabilidad cambiaria, financiera y aduanera por 30 años, lo que podría generar incentivos para el desarrollo de proyectos de H2V.

4.3 Normas técnicas y de seguridad

Las normativas de referencia se generan a partir del Comité Técnico 197 de la Organización Internacional de Normalización (ISO, por sus siglas en inglés), conformado en 1990. Luego, cada país adopta y adapta las normativas a través de sus organismos de normalización miembros de la ISO. En la Argentina este trabajo lo realiza el Instituto Argentino de Normalización y Certificación (IRAM), convocando a expertos de organizaciones tanto públicas como privadas. (ENH, 2023)

A nivel nacional se destacan las normas IRAM 14687:2003 (Hidrógeno combustible. Especificaciones de producto) e IRAM-ISO/TR 15916:2007 (Consideraciones básicas de seguridad para sistemas de hidrógeno) (CEARE, 2023).

Del relevamiento y análisis realizado, se anotan entre otras las siguientes recomendaciones para las normas técnicas y de seguridad referidas al hidrógeno verde y sus derivados:

- Adoptar un reglamento que establezca los requisitos mínimos de seguridad que deberán cumplir las instalaciones de hidrógeno, en las etapas de diseño, construcción, operación, mantenimiento, inspección y término definitivo de operaciones (CEARE, 2023)
- Acelerar la adopción de normativa de seguridad en la producción, manipulación, transporte y uso del hidrógeno a lo largo de la cadena de valor (ENH, 2023)
- Crear y/o adaptar normativa específica para el almacenamiento geológico y el transporte de hidrógeno y de CO₂ (ENH, 2023)
- Crear normas técnicas para blending de H₂V en la distribución de gas basadas en la norma NAG 602 aprobada por ENARGAS, que establece la calidad y las especificaciones técnicas que deben tener el gas natural y otros gases para su inserción en la red (CEARE, 2023)
- Constituir un grupo de trabajo para la elaboración de este reglamento y normas, con la asistencia técnica necesaria de instituciones como IRAM, INTI, ENARGAS y plataformas internacionales (CEARE, 2023)

4.4 Algunas definiciones sobre garantías de origen y sistemas de certificación

Desde el año 2021, el Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI) trabaja en la elaboración de una hoja de ruta para la certificación de origen del hidrógeno verde y de bajas emisiones. La certificación sería a nivel nacional, basada en un esquema internacional, el CertifHy¹¹ elaborado para la Unión Europea, facilitando el desarrollo de un mercado de exportación de H₂ y la futura ampliación de la certificación a otros niveles.

En noviembre de 2023, Argentina y otros 14 países de América Latina y el Caribe (LAC), con el acompañamiento del Banco Interamericano de Desarrollo (BID) y la Organización Latinoamericana de Energía (OLADE), suscribieron una declaración para la implementación de un sistema regional de certificación de hidrógeno y sus derivados (denominado entonces "CertHiLAC") que cumpliera con estándares internacionales y considerara las características propias que respondan a las distintas circunstancias que se verifican en la región LAC.

Una de las acciones clave para desarrollar mercados de exportación es "desarrollar la certificación del hidrógeno de bajas emisiones y crear capacidades para la certificación ágil y transparente de aceptación internacional" (ENH). Asimismo, se define la meta de implementar este sistema de certificación de origen antes del año 2030 que debiera contar con las siguientes características:

- (i) alineado a criterios internacionales;
- (ii) con gobernanza pública, unívoca y centralizada;
- (iii) adaptable a nuevas tecnologías; y,
- (iv) basado en criterios de emisiones.

En lo que concierne a las garantías de origen y a los sistemas de certificación, que puedan establecerse, se realizan las siguientes recomendaciones:

- El sistema será de carácter voluntario, excepto cuando el proyecto aplique a incentivos o beneficios fiscales
- El sistema a "adoptar e implementar en Argentina debería ser compatible con los sistemas reglamentados en el mercado europeo y global, a fin de asegurar la comerciabilidad de los productos promovidos y certificados" (CEARE, 2023).
- "Sumar esfuerzos con países vecinos para participar en las plataformas internacionales y hacer valer los criterios que resulten más convenientes para el desarrollo de los mercados sudamericanos" (CEARE, 2023).
- Considerar el impacto positivo de los proyectos de hidrógeno limpio en las comunidades locales y los pueblos originarios aledaños (BID, 2023).
- Asegurar un uso sustentable del agua y considerar sus fuentes debido a la escasez hídrica que afecta determinadas zonas del país (BID, 2023).
- Incorporar "herramientas que permitan estimar la contribución del hidrógeno de bajas emisiones a la mitigación al cambio climático y a los desafíos del desarrollo sostenible" (ENH, 2023).
- El sistema de certificación debe ser flexible para incluir tanto al hidrógeno verde como a sus derivados (ej amoníaco verde)
- Crear un registro de certificaciones procesadas y emitidas (sea nacional o regional).

¹¹ Esquema desarrollado por el Consorcio CertifHy para la UE, que abarca: Definición de hidrógeno verde y bajo en carbono; Propuesta detallada para un sistema de Garantía de Origen y Hoja de ruta para su implementación.

5 POLÍTICAS ASOCIADAS

5 Políticas Asociadas de Incentivos y Soporte

Este capítulo consiste en una aproximación a las definiciones sobre ciertos aspectos claves de las herramientas de política disponibles, a la vez que, incluye algunas recomendaciones, precisamente para los planificadores y hacedores de política.

Se trata aquí de proveer insumos a aquellos que tienen entre sus responsabilidades la concepción de líneas de acción relativamente novedosas, a la vez que efectivas, para dar estímulo a los sectores comprendidos en la cadena de valor del H2V y de sus derivados, en sus respectivas jurisdicciones. Esto creará una nueva estructura de incentivos de distinta naturaleza, que estimule el desarrollo de esa cadena, en un contexto internacional en cambio acelerado, que se caracteriza por el fuerte impulso que recibe globalmente la producción de hidrógeno verde, en particular en algunos países.

Es que el hidrógeno renovable goza actualmente de un momento, político y de negocios, expansivo. Pero, para poder beneficiarse plenamente de esa dinámica, es preciso escalar las tecnologías, reducir costos, desplegar un consistente ambiente habilitador, definir políticas apropiadas, invertir en infraestructuras de soporte y establecer adecuadas estructuras de mercados para estimular la demanda en distintos sectores de la producción que pueden eventualmente expandirse, como consecuencia de los cambios inherentes al proceso de la transición sociotécnica en curso.

Para que la industria del H2V y derivados se desarrolle vigorosamente en la Argentina y sea posible concretar proyectos incluso de muy distinta envergadura, es preciso que el Estado genere condiciones habilitantes de: estabilidad, transparencia y certidumbre en el marco económico, legal y regulatorio, facilitar la competitividad de los emprendimientos que estén en curso de desenvolvimiento y, muy particularmente, contribuir a apalancar inversiones privadas.

Para hacer posible esos procesos es preciso poner en vigor políticas y medidas que establezcan mecanismos de soporte financiero que hagan posible reducir costos y atenuar los riesgos financieros que pueden resultar de emprender proyectos innovadores en una etapa temprana, lo que requiere que el proyecto recorra lo más rápidamente posible la curva de aprendizaje.

Se delinearán aquí algunos instrumentos para impulsar y crear condiciones para hacer viable el desenvolvimiento eficaz de uno o varios *hub* de hidrógeno en el país, si así se decidiera, a la luz de la singular dotación nacional de recursos para avanzar en esa dirección y según las diversas oportunidades que existen en el país para impulsar las energías renovables y aprovechar plenamente todas las posibilidades a ellas asociadas.

Asimismo, el análisis que se practica en esta sección debiera también ser útil para aquellos emprendedores que consideren la posibilidad de llevar a cabo inversiones en un sector de vasto potencial económico y en una cadena de valor que conlleva implicaciones respecto a la posibilidad de

una expansión considerable de su tamaño y la magnitud de las transacciones involucradas en las próximas décadas.

Este sector puede desempeñar un papel significativo al motorizar, a la vez que facilitar, el conjunto de las transformaciones que se avecinan, dirigidas a concretar la necesaria transición sociotécnica, que es imprescindible para hacer frente al calentamiento global a la escala requerida. Pero, además, permite contribuir al logro de otros beneficios socioeconómicos considerables.

En este sentido, hay un conjunto de políticas y de marcos conceptuales de referencia para la acción que es posible introducir para habilitar e impulsar el despliegue y la concreción de nuevas iniciativas y proyectos en este campo. Estos permiten reforzar y contribuir a hacer factibles financieramente los proyectos para la producción de H2V y de sus derivados. Luego, hay, asimismo, un nutrido plexo de políticas y medidas que es posible considerar complementariamente con similar propósito.

Entonces, en primer lugar, es posible enunciar sintéticamente algunos de los mecanismos de soporte compuestos por políticas y medidas probadas, que ya se utilizan satisfactoriamente en diversos países, y, de modo amplio, en la economía global. Estas políticas y medidas potencian la posibilidad de hacer bancables aquellos proyectos de hidrógeno verde y de sus derivados que puedan estar aún en consideración o incluso dar impulso a nuevas iniciativas ya en desarrollo si bien no han conseguido aún cumplir con todas las condiciones necesarias para su despegue.

La tabla siguiente presenta esos mecanismos a los que se hace referencia, de manera sintética, e incluye algunos ejemplos de institutos o instrumentos que han sido creados con ese exclusivo propósito, y han sido puestos en operación en distintos países, según se desprende de la revisión realizada, con lo que constituyen un benchmark introductorio al diseño de políticas y medidas ajustadas a la circunstancias nacionales en el contexto actual.

Tabla 3: Mecanismos e Instrumentos de propósito específico

Soporte para la inversión	Apoyo de financiamiento	Apoyo operacional
Financiar una parte de los gastos de capital Ej. Innovation Fund (EU)	Reducción del costo del financiamiento	Prima de precios proporcional a la producción de hidrógeno lograda Ej. IRA (US)
Asegurar mayor soporte para la investigación y el desarrollo En H2V y en proyectos demostrativos	Apertura del mercado internacional Soporte para la creación del mercado nacional	Facilitar el otorgamiento de permisos Minimizar plazos de entrada en producción
Reducir incertidumbres para los inversores Señales claras vía acción regulatoria y estandarización (garantías de origen, pureza del H2, especificaciones de equipos, inyección en la red de gas)	Establecer trayectorias definidas de precios para proveer incentivos adecuados a los inversores	
Desarrollar una cadena de valor del hidrógeno sostenible Ej. Clean Hydrogen Joint Undertaking (EU)	Asegurar que haya demanda para el hidrógeno que se produzca Posicionar la cadena del hidrógeno verde de Argentina en el exterior Políticas de posicionamiento comercial Ej. European Hydrogen Bank	Facilitar la concreción de proyectos, permitiendo una rápida puesta en marcha Ej. Net-Zero Industry Act (EU)

Fuente: Elaboración propia

La Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE), por ejemplo, ha sostenido recientemente que en virtud de la incertidumbre tecnológica inherente a los procesos de transición hacia una economía carbono neutral, los países deberían apoyar la formulación de un portafolio de

tecnologías bajas en carbono o neutrales, entre las cuales el hidrógeno verde tiene el potencial de ocupar un lugar preponderante.

En consecuencia, aquellos países que se proponen apoyar las iniciativas para la producción de hidrógeno limpio actualmente, deberían seguir al menos algunas de estas recomendaciones (OCDE, 2022):

- Garantizar un mayor apoyo al hidrógeno verde mediante distintos medios, en particular, impulsando el desenvolvimiento de proyectos demostrativos;
- Consolidar la asistencia y el respaldo a la I+D. El costo del hidrógeno verde está cayendo rápidamente, alrededor de un 60% en la última década, en línea con la reducción de los precios de las energías renovables y la disminución de los CAPEX de la electrólisis, si bien el hidrógeno verde es aún unas 2 a 3 veces más caro que el hidrógeno azul (producido con combustibles fósiles con captura y almacenamiento de carbono).
- No obstante, se demuestra que la innovación proveniente de las actividades de I+D, las economías de escala, y los procesos de aprender haciendo ya en marcha, puede esperarse que entreguen reducciones de costos en torno del 40%, mediante una electrólisis más costo-efectiva y debido al uso de materiales más económicos en los electrolizadores (Hydrogen Council, 2022).
- Asegurar una oferta suficiente de energía renovable donde sea posible, y aportar a fortalecer un mercado internacional del hidrógeno; todavía en desenvolvimiento;
- Utilizar los mecanismos de fijación de precios al carbono y entregar señales de trayectorias de precios de carbono para proveer a los inversores con incentivos adecuados para propulsar el desarrollo de la industria;
- Reducir la incertidumbre para los inversores en el proceso de desarrollo estableciendo una robusta y consistente acción regulatoria y apropiados procesos de estandarización.

5.1 Acerca de la importancia de las políticas industriales

En este punto, debe hacerse notar que, pese a que se venían diseminando un cierto número de opiniones enfáticas en sentido contrario al de su aplicación, actualmente existe un sólido impulso global y más notable aun en los países desarrollados para la adopción de políticas industriales.

Ese impulso está dirigido a la introducción y al fortalecimiento de las políticas de soporte al desarrollo de sectores industriales claves en las distintas economías nacionales,¹² que incluyen un conjunto de políticas y medidas para promover el desarrollo acelerado de la producción de hidrógeno verde.

Es esa una tendencia muy marcada en la evolución acelerada de la introducción de políticas que se aplican crecientemente y que se manifiesta más intensamente en el último tiempo, en las políticas que van adoptando los países desarrollados utilizando para ello un espectro amplio de recursos para el logro de sus objetivos.

Para el análisis comparativo, puede destacarse por ejemplo el significativo caso de los Estados Unidos, entre otros, que se manifestara con más fuerza mediante la aprobación de su trascendente *Inflation Reduction Act* de 2022 (Nichols, 2024), y, más recientemente, con el *Qualifying Advanced Energy Project Credit*, del 2024, por el cual el Departamento de Energía ha concedido 335 millones de dólares en créditos fiscales a la inversión otorgados a ocho empresas para la construcción de plantas de producción de equipamiento destinado a la producción de hidrógeno en los Estados Unidos, incluyendo

¹² Pueden identificarse como políticas de promoción industrial o simplemente políticas industriales, probablemente su denominación tradicional.

electrolizadores, celdas de combustible, así como conversores de hidrógeno y CO₂ en *e-fuels* (Accelerate Hydrogen, 2024).

Con un enfoque de política relativamente similar, procede la misma Unión Europea, donde se adoptan -entre otras medidas- algunas como la aprobación parlamentaria de la *European Net-Zero Industry Act* (NZIA), un pilar del Green Deal Industrial Plan.

La política industrial tiene el objetivo de fomentar para construir a la vez que mantener, según aplique, la capacidad de producir líneas específicas (frecuentemente consideradas estratégicas, desde una perspectiva de largo plazo) de productos manufacturados.

Esta política permite desarrollar y facilitar las técnicas de producción asociadas involucradas, así como aplicar las tecnologías, y, entre los trabajadores, conservar la pericia requerida para cada tecnología y el conjunto de las técnicas asociadas, es decir, conservar núcleos industriales duros de alta eficiencia y adecuada competitividad en mercados internacionales cada vez más complejos.

Es conveniente precisar, que más allá de una interpretación estricta, este plexo de políticas se dirigen a un espectro amplio de actividades, que exceden las consideradas tradicionalmente como componentes estándar de la industria. Este espectro incluye numerosas otras actividades productivas y de servicios tales como la construcción y el desarrollo de la infraestructura, los servicios de almacenamiento y sus consiguientes instalaciones, el transporte, en todas sus vertientes, la infraestructura de comunicaciones, y, dada su importancia actual, comprende incluso al comercio, en una estructura económica cada vez más sofisticada y compleja, con interrelaciones múltiples y sofisticadas estructuras, a medida que se desarrolla la inteligencia artificial.

5.2 Hidrógeno verde, opciones y barreras

En lo que concierne al hidrógeno, el H₂V está en una etapa inicial en la mayoría de sus aplicaciones (con ciertas excepciones en determinados países que han avanzado más aceleradamente en su desarrollo) y, por ende, requiere el apoyo de políticas y medidas para avanzar desde una actividad en la que representa sólo un nicho de mercado incipiente, mientras apunta a transformarse en un componente relevante de la estructura económica en el futuro.

Debe notarse que algunas de las barreras al despliegue del H₂V en diversos sectores productivos son relativamente consistentes entre sí, en los distintos usos finales posibles: en general la barrera de costos suele ser el principal obstáculo para su expansión. Otras barreras, en cambio, pueden ser más específicas, según los sectores de que se trate y sus condiciones, y requieren un abordaje más específico según el caso y el sector correspondiente.

Una vez que han sido establecidas las prioridades nacionales de alto nivel, asociadas a las estrategias de desarrollo a largo plazo, los decisores políticos deben poner en juego los alicientes para poder alcanzar las metas deseadas. Esto implica utilizar instrumentos que permitan hacer frente a las barreras específicas que predominan en cada sector de los que se espera desplegar, precisamente teniendo en cuenta aquellos segmentos seleccionados. Además, es crucial hacerlo, considerando las ventajas competitivas que pueda tener el país, particularmente en el caso específico de la Argentina, en materia de energías renovables a gran escala y a relativamente bajo costo.

En grandes líneas pueden destacarse los mecanismos de soporte de políticas que se pueden utilizar para aumentar la viabilidad de los proyectos de hidrógeno verde y las barreras que esas medidas deberían poder remover o atenuar. La tabla siguiente los presenta de manera sintética.

Tabla 4: Barreras y opciones de política para segmentos de la cadena de valor del hidrógeno

Costo Capital	Limitada infraestructura portuaria existente	Elevado costo	Elevado costo	Elevado costo	Elevado costo	Pruebas piloto pendientes	BARRERAS
Costo de electricidad	Planes de expansión no consideran H2V	Demanda insuficiente para productos verdes	Falta de demanda para productos verdes	Suministro de fuente de CO2 sostenible	Barreras técnicas	Barreras técnicas	
Insuficiencia de mercado de hidrógeno	Limitaciones técnicas de los usuarios	Competencia y comercio global	Competencia y comercio global	Foco de políticas en biocombustibles	Instalaciones de almacenamiento y blending	Máximo de mezcla permitido por artefactos a gas	
Barreras del mercado eléctrico	Carencia de inversión	Fuga de carbono		Instalaciones de almacenamiento y blending		Falta de regulación	
ELECTRÓLISIS	INFRAESTRUCTURA	INDUSTRIA	QUÍMICA Y FERTILIZANTES	AVIACION	TRANSPORTE MARITIMO	GEN. ELÉCTRICA GAS-BLENDING	SEGMENTOS DE LA CADENA VALOR
Hoja de ruta de tecnologías de electrólisis	Polos productivos y exportación	Hoja de ruta por subsectores	Hoja ruta sector química	Mandatos de corte mínimo SAF	Mandatos de corte mínimo HVO /amoníaco verde	Autorizaciones	POLÍTICAS HABILITADORAS
Establecer metas de capacidad	Proyectos de infraestructura de interés común	Ofrecer prestamos dedicados	Ofrecer prestamos dedicados	Ofrecer prestamos dedicados	Ofrecer prestamos dedicados	Metas co-comb. de H2V y amoníaco en turbinas gas	
Convocatorias I&D y pilotos	Sinergias con planes transmisión eléctrica	Compras sector público y procedimientos de adquisición publica de productos verdes	Compras sector público y procedimientos de adquisición publica de productos verdes	Especificaciones técnicas SAF	Especificaciones técnicas	Estudios y pruebas gas-blending	

Fondo Nacional ad hoc	Alineación de metas	Establecer ETS en sector industrial	Establecer ETS en sector químico	Establecer mecanismo de comercio de emisiones	Metas reducción emisiones	Establecer ETS a plantas gen. eléctrica	
Rol activo de empresa energética nacional	Cooperación entre puertos internacionales	Mecanismos ajuste símil CBAM	Mecanismos ajuste símil CBAM	Metas reducción emisiones	Adherir a regulación IMO	Cuotas mín. y máx. gas-blending	
Disponibilidad de préstamos	Modernizar puertos aguas profundas	Modificación de normativa técnica	Normas manipuleo amoníaco verde	Promover fuentes biogénicas CO2	Apoyar el desarrollo de infraestructura portuaria	Tarifas Feed-in para gen. base H2V / amoníaco verde	
Permitir primas por suministro	Sinergias con planes transmisión eléctrica	Phase out de las tecnologías de elevadas emisiones	Certificación amoníaco y mandatos min. amoníaco verde	Eliminar subsidios fósiles	Eliminar subsidios fósiles		
		Contrato por diferencia (CfD)	Certificación amoníaco y mandatos min. amoníaco verde	Etiquetado rendimiento ambiental	Cargos diferenciales en puertos		
		Contratos de suministro de Largo Plazo		Revisar el enfoque político	Establecer metas para buques de cero emisiones		

Fuente: Adaptación a partir de IRENA (2020)

5.3 La política de soporte para el impulso de la electrólisis para la producción de hidrógeno verde y derivados

El hidrógeno verde se produce a partir de energía renovable mediante el proceso de electrólisis. La electrólisis es un proceso que cuenta con variadas alternativas tecnológicas, cada una con sus respectivos beneficios y grados de madurez, que a su vez, implican un número de diferentes barreras para su adopción. Las tecnologías de “electrólisis alcalina (ALK)” y “membrana de intercambio de protones (PEM)” han alcanzado ya el estado de comercialización.

Sin embargo, aún presentan desafíos de escala para hacer frente a la cartera de proyectos anunciados a nivel global, y de innovación para reducir los costos de inversión y de operación. Los electrolizadores de óxido sólido (SOEC), la tecnología de electrólisis que hasta aquí parece más eficiente, ha avanzado con proyectos de demostración en operación durante 2023 (ejemplo Sunfire 2,6 MW y Bloom Energy 4MW), acercándose al estadio de primera comercialización. Por su parte, las tecnologías de “electrólisis directa de agua marina” y de “membrana de intercambio aniónico (AEM)” se encuentran en fases más tempranas de desarrollo. Entre los ejemplos se incluyen los proyectos de Enapter de electrolizador AEM de 1MW y la primera demostración de electrólisis de agua marina en una plataforma offshore en China, ambos experimentados en 2023.

Si bien algunas de las tecnologías de producción vía electrólisis ya se encuentran en estado de comercialización, aproximadamente el 95% del hidrógeno utilizado en la actualidad todavía se produce a partir de combustibles fósiles, a través de SMR o la gasificación de carbón (hidrógeno gris).

En cambio, la electrólisis para la producción del hidrógeno verde está limitada aún a alrededor de unos 200 MW de capacidad de electrólisis en unos pocos cientos de proyectos mayormente demostrativos.

Pero la capacidad de producción de hidrógeno verde tiene, por cierto, un potencial de rápido crecimiento. Es que la capacidad para construir electrolizadores está en rápido aumento y ya se han anunciado múltiples proyectos que se proponen alcanzan una escala superior a un gigawatt.

En consecuencia, en materia de soporte de políticas para el desarrollo de tecnologías y el incremento de la capacidad de electrólisis para la producción de hidrógeno verde y derivados, se consideran preliminarmente las siguientes políticas y medidas para su consideración y análisis detallado:

- Definir una **hoja de ruta de largo plazo** de desarrollo de tecnologías de electrólisis en Argentina. Realizar un screening internacional experto del estado del arte de las tecnologías de electrolisis, análisis de madurez y mejores prácticas de tecnologías, en un análisis comparativo y elaborar un diagnóstico expeditivo de capacidades locales existentes y segmentos de capacidades a fortalecer.
- Lanzar **convocatorias** que contemplen la oferta de aportes no reembolsables (ANR) para impulsar la investigación y el desarrollo y la puesta en acción de pilotos demostrativos de producción de hidrógeno verde y derivados mediante el recurso a procesos de electrólisis.
- Establecer **beneficios fiscales** a las inversiones de capital por hasta un cierto porcentaje de las inversiones definidas como elegibles (por ejemplo, el método empleado en la Inflation Reduction Act (IRA) de los Estados Unidos, o el de los estímulos propuestos por Canadá). Se recomienda que los incentivos a la inversión en hidrógeno limpio se determinen en función de rangos de intensidad de carbono, con una tasa de crédito fiscal decreciente ante proyectos de menores intensidades relativas de carbono.
- Fomentar el **desarrollo de proveedores locales** de bienes y servicios de la cadena de valor del hidrógeno verde y derivados. En los primeros pasos es aconsejable atraer empresas internacionales con experiencia y know-how en desarrollo de proyectos de hidrógeno verde, para luego derramar dicho conocimiento en contrapartes locales mediante programas de transferencia de conocimiento y tecnología y de capacitación de proveedores.

- ▷ Crear un **Fondo Nacional Específico** con destino a estimular la producción de Hidrógeno Verde y sus Derivados, para promover la inversión en el desarrollo de proyectos, comprometiendo con ese objeto el apoyo de Bancos Multilaterales de Desarrollo (BMD) e incluyendo asimismo corrientes de fondos provenientes del financiamiento mixto
- ▷ **Fomentar la intervención crítica y la participación de la empresa energética nacional (YPF)** como promotora y facilitadora del desarrollo del sector de producción de hidrógeno verde, apalancándose a partir de su posicionamiento en otras etapas de la cadena de valor y su significativo papel en la transición energética del país, también aprovechando la base de la infraestructura existente.
- ▷ Promover el **desarrollo de iniciativas** con financiamiento mixto y participación público privada.
- ▷ Estimular las iniciativas de **cooperación internacional** con países líderes en el plano internacional y que sean potencialmente demandantes a largo plazo de hidrógeno verde y por ende estén interesados en consolidar alianzas estables de cooperación y negocios.

5.4 La política de apoyo en la renovación y expansión de la infraestructura

De acuerdo a BCG y EDHEC (2023), la inversión en infraestructura es cada vez más habitual y ha surgido como una de las inversiones alternativas más atractivas dado que pueden resistir mejor las presiones inflacionarias y las fluctuaciones de la demanda respecto a otros tipos de inversiones.

A medida que los gobiernos buscan adaptar su infraestructura al cambio climático a la vez que se avanza hacia una economía baja en carbono, el mercado de las inversiones en infraestructura seguirá expandiéndose. Varios gobiernos han intentado crear entornos más propicios a la inversión privada en el sector de infraestructura, dadas las limitaciones de las finanzas públicas para atender todas las necesidades de inversión.

Las zonas de producción de hidrógeno con menores costos y mayor potencial suelen estar alejadas de los mercados de consumo de hidrógeno. En la actualidad, la falta de una infraestructura integral de la cadena de valor del hidrógeno es un obstáculo, y la construcción de una red de instalaciones de producción, almacenamiento, y distribución de hidrógeno requiere una inversión considerable y la coordinación entre muchas partes interesadas (PwC, 2024).

Se espera que los gobiernos y las empresas inviertan de manera significativa en producir y transportar suficiente hidrógeno bajo en carbono para satisfacer la demanda. Las oportunidades de inversión se extenderán a lo largo de toda la cadena de valor del hidrógeno --desde el desarrollo y la generación de materias primas hasta el transporte y el almacenamiento de hidrógeno. En cada eslabón de la cadena de valor, la necesidad de capital variará según la geografía, y los marcos regulatorios influirán en las decisiones de los inversores en infraestructura.

En este sentido, si bien se espera que la inversión del sector privado impulse la producción de hidrógeno verde, es necesario la orientación y el apoyo del Gobierno para acelerar el desarrollo del sector y abordar las barreras que aún persisten, especialmente en torno a la regulación, la disponibilidad de tierra y agua, y la infraestructura.

La falta de instalaciones de producción, almacenamiento, transporte y distribución supone un reto importante para la adopción generalizada de la energía del hidrógeno como fuente energética principal. Por lo tanto, aunque es importante invertir en I+D para reducir los costos de producción, es igualmente importante desarrollar la infraestructura a lo largo de toda la cadena de valor. La infraestructura es fundamental para desarrollar una cadena de suministro de hidrógeno sólida y fiable que pueda satisfacer la creciente demanda de energía limpia en el futuro.

En materia de apoyo al desarrollo de infraestructura para el hidrógeno verde y derivados se proponen las siguientes políticas:

- ▷ Promover el **desarrollo de polos de producción y exportación** de hidrógeno verde y derivados en diferentes zonas del país, priorizando aquellas de mayores ventajas competitivas, generar facilidades e infraestructura que aceleren dicho desarrollo (ENH, 2023). Entre las variables de priorización podrían considerarse la calidad de los recursos/insumos, la cercanía a los mercados internos y la cercanía a los puertos de exportación. Un ejemplo de polo de producción y exportación es el Puerto de Pecém, en el estado de Ceará, Brasil.
- ▷ Construir **sitios para el almacenamiento y el despacho** de hidrógeno y sus derivados (ENH, 2023). Se puede considerar el antecedente de proyecto piloto Hychico con estudios de factibilidad de almacenamiento subterráneo de hidrógeno en reservorios ya prácticamente agotados de petróleo y gas en la provincia de Chubut.
- ▷ **Favorecer tempranamente aquellos desarrollos** en la cadena de valor de producción de hidrógeno y sus derivados **que resulten más flexibles** en cuanto a su potencial contribución a los diversos senderos, como la infraestructura de transporte y transmisión, habilitante para la incorporación de generación renovable, la infraestructura portuaria y aquellas instalaciones para la producción de derivados, que resulte tecnológicamente neutral frente a las posibles fuentes de hidrógeno y de carbono aceptables, minimizando el riesgo de transformarse en activos varados y que presenten opcionalidad (es decir, que puedan generar beneficios tanto en presencia como en ausencia de un mercado de H₂). Ejemplos de infraestructura compartida se observan en la Región de Magallanes en el sur de Chile, entre ENAP y desarrolladores privados de hidrógeno verde y derivados.

Esta flexibilidad en los senderos a escoger para el desarrollo del hidrógeno y de sus derivados puede tomar la forma de opcionalidad, tanto en términos de los tiempos de desarrollo, la escala o modularidad de los proyectos, y de adecuación de sus insumos a diferentes criterios de aceptación.

- ▷ **Fomentar y generar proactivamente proyectos de infraestructura de interés común con países limítrofes y entre provincias** en el territorio argentino. Por ejemplo, un ducto para transporte de hidrógeno podría atravesar el territorio de varios países y jurisdicciones subnacionales, requiriendo múltiples permisos, aprobaciones y logística en cada uno de ellos, que sin un proyecto común podría enfrentar obstáculos y demoras significativas (modelo Proyectos Importantes de Interés Común Europeo (PIICE, en español, ó IPCEI en inglés) de la Unión Europea)
- ▷ Definir la **regulación e identificar locaciones potenciales** para el **almacenamiento geológico de CO₂**. Adicionalmente promover la construcción de infraestructura para el transporte de CO₂ (ENH, 2023)
- ▷ **Incorporar los desarrollos de hidrógeno verde y derivados en la planificación nacional y provincial de redes de transporte de energía eléctrica** (ENH, 2023). En diciembre de 2022, la Secretaría de Energía de Argentina presentó el “Plan Nacional de Expansión del Transporte Eléctrico 2035”, que luego sería la base del plan de expansión aprobado mediante la Resolución 507/2023. Este plan incluye ampliaciones del sistema de transporte en 500kV, de los sistemas de transporte regionales en 132kV y del sistema de transporte por distribución troncal. Entre sus objetivos se encuentra vincular las zonas con potencial renovable con los nodos de demanda. El Plan Nacional no hace referencia explícita al hidrógeno verde, por lo cual se recomienda que el Plan Nacional sea adaptado para contemplar las necesidades de los proyectos de hidrógeno verde que se desarrollen.
- ▷ **Expandir y modernizar puertos de aguas profundas** (con aporte de capital privado) que hagan posible los embarques de hidrógeno verde y derivados en buques de gran porte que generen competitividad de costos de transporte. La ENH afirma que existen necesidades

estratégicas para renovar y mejorar al menos 9 puertos en 5 provincias, incluyendo el despliegue de nuevas capacidades de movimientos de cargas, dragados y ampliaciones y modernizaciones, entre otras obras (ENH, 2023)

- ▷ Generar **acuerdos de cooperación entre puertos de origen y destino** de largo plazo, impulsando el desarrollo de corredores marítimos de transporte de hidrógeno verde (ej. el acuerdo celebrado entre los puertos de Pecém de Brasil y de Rotterdam de los Países Bajos)
- ▷ Fomentar el aprovechamiento del **rol relevante de la empresa energética nacional (YPF)** como promotora y facilitadora del desarrollo de infraestructura para el desarrollo del hidrógeno verde, sobre la base de su infraestructura existente.

5.5 La política de soporte en una estrategia de desarrollo en sectores industriales

La industria y, en particular la denominada industria pesada, elabora productos que son claves para la materialización del estilo de vida y el nivel de desarrollo contemporáneo en un número considerable de países. No obstante, también es responsable de cerca del 40% de las emisiones globales de dióxido de carbono (CO₂). El hidrógeno verde podría desempeñar un papel sustantivo en la descarbonización de sectores industriales cuyas emisiones son difíciles de abatir, tales como el acero y el cemento (Griffiths, 2021).

Se espera que la demanda global de hidrógeno crezca alrededor de un 700% para el 2050 (Devine-Wright, P., 2022), desde los 70 millones de toneladas anuales actuales (T. van de Graf, 2020). La utilización de hidrógeno a esta escala tendrá un impacto significativo en las cadenas de valor hoy existentes y habilitará la posibilidad de crear oportunidades económicas para aquellos países que sean capaces de posicionarse estratégicamente en futuros mercados, especialmente de hidrógeno verde.

Para obtener un liderazgo robusto algunos países, incluyendo a Estados Unidos, Noruega y Chile, ya han comenzado a poner en vigor políticas industriales que apoyan la adopción de hidrógeno a escala y estimulan la innovación y la transformación en industrias clave (Vakulchuk, R. et al., 2020; Overland, I., 2019).

Como se ha mencionado anteriormente, el acero, el cemento y la industria química son los tres mayores emisores industriales y se encuentran entre los sectores industriales más complejos de descarbonizar, debido a diversos factores, como la necesidad de utilizar elevadas temperaturas y las emisiones considerables de proceso correspondientes al dióxido de carbono.

Además en esos sectores señalados hay factores económicos, que incluyen, entre otros, en general márgenes relativamente bajos de utilidad, que requieren elevada intensidad de capital, se caracterizan por una larga vida de los activos de capital involucrados, y presentan una elevada exposición a la competencia comercial, en particular en el mercado internacional.

La producción de acero emplea carbón tanto como fuente de calor como para el proceso químico por el cual se convierte mineral de hierro en hierro elemental. Ambos usos generan dióxido de carbono. El sector global de acero es responsable del 7% de las emisiones globales de GEI (IEA, 2020), da cuenta de aproximadamente el 15% de la demanda global de carbón (IPCC, 2022) y como tal es uno de los mayores emisores de la industria.

A medida que se reduce la ventana para alcanzar las metas explícitas en el Acuerdo de París, los hacedores de política, los actores interesados y la sociedad concentran su mirada en como alcanzar las metas de carbono neutralidad en las industrias en las que las emisiones son difíciles de abatir.

Eliminar las emisiones de dióxido de carbono de la producción de acero requiere un cambio de procesos y de prácticas en la producción, así como la adopción de tecnologías bajas en carbono líderes para alcanzar las emisiones netas cero. Utilizar el hidrógeno como fuente de calor y como agente de reducción química puede eliminar las emisiones de CO₂ o la captura de carbono puede removerlas. El

acero también puede ser reciclado sin generar emisiones de CO₂ si bien la demanda de acero es demasiado vasta como para ser satisfecha solo con acero reciclado.

En cuanto a la producción de cemento, desde 1950 esta se ha multiplicado por un factor de 25. La producción de cemento también libera emisiones de GEI, como parte del proceso químico que se desenvuelve en la producción, en este caso cuando la piedra caliza es calentada a altas temperaturas para producir dióxido de calcio o “clinker”, el componente primario del cemento. Otras sustancias pueden ser mezcladas con el *Clinker*, manteniendo la calidad del cemento, pero el método primario de descarbonización del sector es capturar el CO₂ y almacenar o encontrar un uso para ese CO₂.

La preparación del material, la cocción del Clinker, y la molienda del cemento son los tres principales procesos que entran en su manufactura. Las emisiones en estas fases se dividen en dos categorías mayores: emisiones directas (90%), mayormente de la quema de combustibles fósiles y la separación de la piedra caliza (CaCO₃) durante la calcinación de los materiales básicos; y las emisiones indirectas (en torno del 2 al 10%), principalmente derivadas del uso de electricidad. La combustión de fósiles es la mayor fuente de energía en los procesos correspondientes a la manufactura de cemento y da cuenta de alrededor de un 35% de las emisiones de CO₂ del cemento.

La producción de cemento da cuenta de alrededor del 5 al 8% de las emisiones globales de CO₂. De modo que el crecimiento de las emisiones antropogénicas de GEI y el incremento de la demanda global de cemento son impulsores de esas emisiones incrementales que hacen necesario encontrar soluciones para gestionar estas emisiones en la industria del cemento y también comparar el costo de abatimiento de diversas tecnologías.

En materia de desarrollo industrial relacionado al hidrógeno verde y derivados se proponen, pues, entre otras las siguientes políticas y medidas de soporte para darle impulso:

- Elaborar **hojas de ruta de los sectores industriales** (acero, cemento, otros) de largo plazo que incluyan al hidrógeno verde, cuantificando metas de producción, que provean visibilidad al mercado para las próximas décadas (WBCSD, 2023).
- Impulsar la **suscripción de contratos de aprovisionamiento** de largo plazo (ENH, 2023). Ante una demanda de hidrógeno verde y derivados aún en desarrollo y lejos de su potencial máximo, mecanismos que aporten certidumbre de demanda e ingresos a los proyectos facilitan la decisión final de inversión. Uno de estos mecanismos es el constituido por los acuerdos de compra de largo plazo, donde se comprometen volúmenes de compra por un período determinado relativamente extendido.
- Desarrollo de **procedimientos de adquisición pública** de productos verdes mediante el impulso a la participación de los productos industriales verdes certificados en los procesos de adquisición de bienes del sector público (nacional, provincial, municipal y entidades controladas y mixtas)
- Modificar progresivamente la **normativa técnica en las diferentes aplicaciones del acero y cemento** (ejemplo códigos de construcción, industria automotriz y electrodomésticos), para incorporar requisitos que impulsen el uso de productos de acero bajo en carbono, facilitando su integración en proyectos de construcción e infraestructura como el uso de cuotas en sectores capaces de absorber o transferir la potencial prima de costos a los consumidores (WBCSD, 2023)
- Impulsar los **créditos financieros a tasas preferenciales** para la inversión en capacidad productiva de productos industriales verdes con tecnologías limpias
- Establecer un **Sistema de Comercio de Emisiones (ETS, por sus siglas en inglés)** aplicable a plantas de producción de productos industriales como acero y cemento, con límites máximos (caps) fijados sobre la cantidad total de determinados gases de efecto invernadero que pueden emitir las instalaciones del sistema (similar al Sistema de Comercio de Emisiones (EU-ETS) de la Unión Europea)

- ▷ En el mediano plazo, sujeto a la situación de equilibrio fiscal de las cuentas nacionales, introducir **mecanismos** (como contratos por diferencia CfD) **que permitan temporalmente cubrir (total o parcialmente) los costos adicionales de la producción de productos industriales verdes** en comparación con los precios de mercado de las alternativas de origen fósil (WBCSD, 2023). La alta inversión inicial requerida en nuevas tecnologías (ejemplo H2 DRI) y los altos costos operativos (OpEx) por el costo de los insumos y la energía renovable, implican que los costos de los productos industriales verdes como el acero verde pueden ser hasta 40% mayores a las alternativas basadas en combustibles fósiles (WBCSD, 2023).
- ▷ Alternativamente, introducir **créditos fiscales** a la producción de productos industriales verdes y/o a las empresas consumidoras de productos industriales verdes
- ▷ En el largo plazo, implementar la **eliminación gradual de tecnologías de emisiones de carbono** elevadas en industrias carbono intensivas. Puede efectivizarse como regulaciones que prohíban ciertas tecnologías o bien introduzcan implementando tasas más rigurosas sobre sus operaciones que penalicen la producción mediante dichas tecnologías intensivas en carbono. (WBCSD, 2023)
- ▷ En el mediano o largo plazo, introducir **mecanismos de ajuste o impuestos adicionales** para reducir o eliminar las ventajas competitivas de las importaciones de productos industriales de instalaciones carbono-intensivas en el extranjero que presenten menores costos de producción y mayores niveles de emisiones que las instalaciones verdes locales (similar a mecanismo CBAM de la Unión Europea).

5.6 La política de soporte para la industria química y fertilizantes

La industria química es relativamente diferente de las otras dos industrias a las que nos refiriéramos en la sección anterior, pues comprende un conjunto de varios miles de procesos y productos.

No obstante, más del 90% de los químicos orgánicos, esto es, aquellos que contienen carbono, se derivan de unos pocos bloques que se producen en grandes cantidades y se comercian con frecuencia internacionalmente como commodities. La industria química es, asimismo, singular, en que utiliza carbón, petróleo y gas natural como combustibles que son transformados en productos finales, y no solo como fuentes de energía. Los combustibles fósiles procuran continuar siendo combustibles en un mundo carbono neto cero, con procesos de electrificación, e hidrógeno carbono cero como métodos de remoción de emisiones de dióxido de carbono.

El amoníaco es crucial como fertilizante y aunque no contiene carbono, el hidrógeno necesario para su producción es actualmente logrado con gas natural, con el dióxido de carbono como emisión resultante.

Por otra parte, los fertilizantes nitrogenados (incluida la urea, UAN, Nitrato de Amonio Calcáreo, entre otros) representan el 56% del mercado total argentino de fertilizantes, con un consumo estimado en 3,2 millones de toneladas anuales.

El amoníaco es el principal insumo para la producción de fertilizantes nitrogenados, siendo actualmente 100% de origen fósil a través del proceso de reformado SRM de gas metano. Mediante la implementación de políticas habilitadoras podría generarse las condiciones para el aprovechamiento de la oportunidad de utilizar amoníaco verde en base a hidrógeno verde para la producción de fertilizantes nitrogenados en el país.

En materia de fortalecimiento de la demanda de químicos y fertilizantes se proponen, entre otras, las siguientes políticas y medidas:

- ▷ Elaborar **hojas de ruta de sectores químico y petroquímico** de largo plazo que incluyan al hidrógeno verde y derivados, cuantificando metas de producción

- ▷ Implementar un **sistema de certificación de amoníaco** que distinga fuente de producción e intensidad de carbono y habilitar la creación de un mercado específico de amoníaco (WBCSD, 2023)
- ▷ Impulsar la **participación de los productos químicos y petroquímicos verdes en los procesos de adquisición de bienes del sector público** (nacional, provincial, municipal y entidades controladas y mixtas)
- ▷ Impulsar los **créditos financieros a tasas preferenciales** para la inversión en capacidad productiva de amoníaco verde con tecnologías limpias
- ▷ Establecer un **Sistema de Comercio de Emisiones** (ETS, por sus siglas en inglés) aplicable a plantas de producción de amoníaco, con límites máximos (caps) fijados sobre la cantidad total de determinados gases de efecto invernadero que pueden emitir las instalaciones del sistema (similar al similar al Sistema de Comercio de Emisiones (EU-ETS) de la Unión Europea)
- ▷ Definir e implementar **normas y protocolos para la manipulación segura del amoníaco verde**, considerando aspectos de salud, de seguridad y ambientales (WBCSD, 2023)
- ▷ Establecer **mandatos progresivos** crecientes de contenido mínimo de amoníaco verde en la producción de fertilizantes, con escalas graduales crecientes en el tiempo (ejemplo, el proyecto de estrategia de hidrógeno de la India establece un requisito mínimo del 15% de producción de amoníaco verde para el sector nacional de fertilizantes para 2025, y 20% para 2027) (WBCSD, 2023).
- ▷ En el mediano o largo plazo, la **introducción de políticas que incentivan la incorporación de amoníaco** para dos aplicaciones principales -pero muy diferentes- que son cruciales: la producción de fertilizantes (claramente ligada a la industria de alimentos) y el transporte marítimo (con la utilización de amoníaco para impulsar los buques. Las disposiciones legislativas para promover el amoníaco de bajo carbono, deberían primariamente abarcar mecanismos para elevar los precios del carbono (en los mercados de carbono, y en los sistemas de comercio de emisiones) haciendo que el amoníaco de baja intensidad de carbono y sus productos derivados sean más competitivos (mediante mecanismos de transparencia), a la par que implementar políticas que apunten a acelerar la adopción del hidrógeno limpio (mediante mandatos y cuotas) (WBCSD, 2023)
- ▷ En particular, introducir **mecanismos de ajuste o impuestos adicionales** para reducir o eliminar las ventajas competitivas de las importaciones de fertilizantes de instalaciones industriales carbono-intensivas en el extranjero, que presenten menores costos de producción y mayores niveles de emisiones que las instalaciones verdes locales (similar al mecanismo CBAM de la Unión Europea). Actualmente en Argentina más de la mitad de los fertilizantes consumidos son importados.

5.7 La política de soporte en el transporte terrestre

El transporte es un componente esencial de las actividades económicas y de la vida de las sociedad, que facilita la inclusión, aporta mejor calidad de vida, y contribuye al desarrollo sostenible. El transporte hace posible el movimiento de personas, mercaderías, y la distribución de servicios y es el medio por el cual se accede a los mercados de bienes y servicios a la vez que se puede participar de las oportunidades de trabajo, y también se tiene acceso a la salud y la educación.

En el contexto urbano, el acceso al transporte público de calidad puede contribuir a crear ciudades más inclusivas, al expandir las posibilidades de movilidad y las oportunidades para los residentes, particularmente aquellos grupos de más bajos ingresos y en condiciones relativamente desventajosas;

en esos grupos se suele incluir a las mujeres, los adultos mayores, las personas con discapacidades y, asimismo, las minorías étnicas.

En las áreas rurales, la mayor conectividad y la calidad de la red de caminería rural, puede ayudar a mejorar la integración local y regional, y a elevar los estándares de vida de la población, reduciendo los tiempos, así como los costos involucrados en acceder a y distribuir bienes y servicios públicos, y en poder atender las actividades que típicamente generan ingresos. El transporte también puede fortalecer el desarrollo productivo general y la integración de las cadenas de valor domésticas o hacer más eficientes aquellas integradas a las redes globales.

El hidrógeno es hoy considerado como un combustible promisorio, debido a que los vehículos impulsados con hidrógeno producen típicamente cero emisiones de CO₂ en el escape. El uso de hidrógeno como combustible en vehículos puede jugar un papel importante en la descarbonización del sector del transporte y en el logro de metas de emisiones netas cero apuntando hacia mediados de siglo.

No obstante, hay todavía cuestiones vinculadas con las tecnologías y los procedimientos para la producción de hidrógeno, la instalación de eficientes sistemas de almacenamiento y de transporte, así como otras cuestiones relativas a la infraestructura de carga, que necesitan ser aun perfeccionadas, extendidas y diseminadas.

En materia de apoyo a la demanda de hidrógeno verde y de combustibles sintéticos para el transporte terrestre se enuncian las siguientes opciones de políticas:

- ▷ **Hoja de ruta** de desarrollo tecnológico asociado al hidrógeno verde y los combustibles sintéticos como combustible para el transporte terrestre, considerando sus diferentes etapas como parte de la cadena desde producción hasta comercialización
- ▷ Fomentar y financiar la **investigación y desarrollo local de tecnologías** de celdas combustible de hidrógeno, y de materiales y catalizadores asociados
- ▷ En el corto a mediano plazo focalizar las **políticas de soporte** en el transporte comercial de carga pesada de larga distancia y en el transporte público
- ▷ Impulsar el desarrollo de una **red de infraestructura** de carga de hidrógeno verde y combustibles sintéticos en los principales corredores de transporte de carga terrestre
- ▷ Aplicar **exenciones arancelarias y/o impositivas** a vehículos de carga y equipamiento para infraestructura de carga de origen importados para hidrógeno verde y combustibles sintéticos
- ▷ Implementar **beneficios mediante precios diferenciales en peajes** para el transporte de carga motorizados con celdas de combustibles
- ▷ Otorgar **créditos a tasas preferenciales** para la inversión en infraestructura de almacenamiento y en estaciones de carga de hidrógeno verde y combustibles sintéticos
- ▷ Impulsar la **conversión de transporte público terrestre** desde motores de combustión fósil hacia celdas de combustible a hidrógeno verde y/o compatibles con combustibles sintéticos
- ▷ Elaborar e implementar **normativas, estándares, protocolos** para la manipulación y el transporte seguro del hidrógeno verde
- ▷ En el mediano a largo plazo, acrecentar los **impuestos al carbono de combustibles fósiles** como diésel y evaluar penalidades en las patentes de los vehículos con motores de combustión fósil

5.8 La política de soporte en combustibles sintéticos para aviación

La aviación tiene un papel relevante en la lucha contra el cambio climático; como otros sectores del transporte, que han exhibido, tradicionalmente, ciertas dificultades para reducir sus emisiones de GEI. Datos históricos, correspondientes al 2018, indicaban que el sector era responsable entonces de alrededor de 2.5% de las emisiones globales de dióxido de carbono y de un 3.5% si también se consideran en esa proporción las emisiones que no corresponden al dióxido de carbono (Our World in Data, 2022). En el 2019, otras estimaciones puntuales ubicaban las emisiones globales de dióxido de carbono de la aviación entre el 2% y el 3%, coincidiendo con las estimaciones anteriores mencionadas (Graver et al. 2020).

En el mismo 2019, por otra parte, las emisiones de la combustión de keroseno jet alcanzaron un máximo histórico de 1027 MtCO₂ (IEA, 2021), y si bien ese volumen representa solo el 12% de las emisiones de CO₂ del conjunto de la industria del transporte (Air Transport Action Group, 2022), está claro que la aviación es percibida posiblemente como el sector más difícil de descarbonizar en el conjunto de las industrias del transporte, sea desde la perspectiva tecnológica, como desde un punto de vista puramente económico (Searle et. al., 2019).

Además del nivel actual de las emisiones de GEI, se anticipa que el crecimiento del tráfico aéreo de cara al 2050 también habrá de impulsar el crecimiento de las emisiones propias del sector, a menos que se apliquen medidas severas de reducción de esas emisiones, mediante una transformación tecnológica sustantiva.

Adicionalmente a los efectos de las emisiones de dióxido de carbono, el impacto climático de la aviación está también provocado por otros impactos no generados exclusivamente por las emisiones de CO₂ (Arrowsmith et al., 2020). Dependiendo de la altitud del vuelo y de las condiciones atmosféricas en su entorno, otros gases de escape tales como los óxidos nitrosos (Nox) y la combinación de partículas de hollín y vapor de agua puede causar la formación de ozono, que es perjudicial para la atmósfera, y también generar estelas de vapor, respectivamente.

Si se examinan los segmentos de mercado principales de la aviación, los que más contribuyen a las emisiones totales son los aviones que se utilizan para atender los tramos de corto y mediano rango, que generan alrededor de dos tercios del total de las emisiones de CO₂ de la aviación (Graver et al. 2020).

Desde un enfoque general, los análisis demuestran que una futura industria de la aviación basada en el uso de hidrógeno verde, para enfrentar el desafío de descarbonizar este medio de transporte, depende sustantivamente de la disponibilidad de una adecuada infraestructura de aprovisionamiento de hidrógeno líquido verde de bajo costo (LH2).

A medida que crece el empuje para alcanzar un transporte carbono-neutral, el sector de la aviación enfrenta una presión considerable para reducir su huella de carbono. Se espera, inclusive, que el sector de la aviación comercial a medida que recupera los niveles de actividad previos a la pandemia y los efectos de las medidas de control adoptadas para resolverla, acreciente sus emisiones si no hay cambios en las tecnologías utilizadas en el presente.

La utilización de combustibles alternativos juega un papel determinante en el logro de futuras metas de emisiones, al tiempo que se reduce la dependencia de los combustibles fósiles. Los así denominados combustibles de aviación sostenibles (SAF, por sus siglas en ingles), que abarcan combustibles bio y sintéticos, parecen ser, corrientemente la opción más viable, pero el hidrógeno verde también es parte de las alternativas que están siendo consideradas cuidadosamente como una solución de más largo plazo.

En materia de apoyo a la demanda de SAF se considera el posible despliegue de algunas de las siguientes políticas y medidas para avanzar rápidamente en el proceso de descarbonización a largo plazo:

- ▷ Establecer **mandatos de corte mínimo de SAF renovable** en combustibles de aviación, con escalas graduales de participación crecientes en el tiempo (ej. Estrategia Nacional H2V Panamá; regulación “ReFuel EU Aviation” de la Unión Europea que establece un mínimo de 2% de combustibles SAF en 2025, un 6 % en 2030 y un 70 % en 2050)
- ▷ En el ámbito nacional, se propone establecer **metas de reducción de emisiones** en el uso de combustibles para el transporte aéreo en el territorio argentino (ejemplo REDII de la Unión Europea)
- ▷ Definir **especificaciones técnicas** a cumplir por los combustibles sintéticos SAF para transporte aéreo, a través de la determinación y el ulterior establecimiento de las correspondientes normas IRAM
- ▷ Creación de un **sistema de etiquetado** sobre el rendimiento ambiental destinado a los operadores de aeronaves que utilicen combustibles SAF (similar a regulación “ReFuel EU Aviation” de la Unión Europea)
- ▷ Promover las **fuentes biogénicas** como insumo CO2 para la producción de combustibles de aviación SAF
- ▷ Impulsar los **créditos a tasas preferenciales** para la inversión en capacidad productiva, instalaciones de mezcla y almacenamiento y equipamiento para el manipuleo de combustibles SAF
- ▷ Introducir **créditos fiscales** a las aerolíneas que utilicen combustibles SAF en el territorio argentino y/o en vuelos desde y hacia Argentina
- ▷ **Minimizar o eliminar los subsidios a combustibles de aviación base fósil**

5.9 La política de soporte en el transporte marítimo

La navegación recorre una década crítica de cara a la adopción por la industria marítima de un curso bien definido hacia la consolidación de una actividad cuyo rumbo se oriente hacia el logro de emisiones netas iguales a cero hacia el 2050.

La presión para avanzar en la descarbonización crece en cuanto tanto los ciudadanos como los agentes económicos y los gobiernos reconocen los desafíos que plantea el cambio climático global al conjunto de la sociedad y, particularmente, los riesgos que implica. En el 2023, por ejemplo, la Organización Marítima Internacional (IMO, por sus siglas en inglés), que es el organismo especializado de las Naciones Unidas responsable de la seguridad y protección de la navegación, así como de prevenir la contaminación de los océanos por los buques, ha incrementado la ambición en sus objetivos de reducción de emisiones de GEI de la industria naviera. En el 2024, por su parte, la Unión Europea está planeando implementar un precio del carbono para las emisiones de la navegación.

La IMO revisó su estrategia en 2023, y tomando el 2008 como línea de base, se propone reducir las emisiones de gases de efecto invernadero denominadas del “pozo a la estela” (*well to wake*) en un 20% hacia el 2030, e intentar alcanzar el 30%; luego apuntar al 70% para el 2040, y más tarde a emisiones netas cero para el 2050 o que se ubiquen en torno de la carbono neutralidad.

Los propietarios de buques, los operadores, y los administradores tienden a razonar en términos del costo total de los activos que se poseen. El combustible bunker representa un costo clave de la operación naviera, lo que implica que cada viaje comienza con la producción de combustible onshore u offshore. Este enfoque agrega un grado de complejidad a la descarbonización en la industria marítima.

A medida que se expande la perspectiva de sostenibilidad y se la hace más abarcadora, más allá del consumo de combustible a bordo, se hace necesario dar cuenta de los procesos de producción *upstream* y de las emisiones que de ellos resultan. Este abordaje “*well-to-wake*” es crítico para evaluar las emisiones de GEI de todo el ciclo de vida de las actividades de producción de combustibles marinos.

Por otro lado, nuevas tecnologías y la producción de combustibles de bajo carbono deben ser desarrollados de modo que la industria pueda alcanzar sus objetivos de descarbonización en los plazos ya previstos. Asimismo, los estándares de producción de combustibles deben estar concebidos para evitar la fuga de emisiones a otros sectores.

Debe hacerse notar que, en el sector de transporte, la aviación, la industria naviera, el transporte vial, y otros, competirán por combustibles carbono neutrales y con otras industrias. Por ende, la producción de alternativas de combustibles carbono neutrales, incluido el hidrógeno, debe acelerarse significativamente para que las metas de reducción de emisiones puedan cumplirse en el conjunto de las actividades de transporte.

Esa circunstancia implica que el periodo de incremento de la producción de combustibles carbono-neutrales puede estar acompañado de incertidumbre en el aprovisionamiento, y alguna fluctuación de precios, de modo que cierta flexibilidad en lo que concierne a los combustibles a utilizar será clave para que los armadores puedan navegar en circunstancias hoy mayormente desconocidas y sobre las que por ende hay escasa experiencia que sirva de guía.

En materia de apoyo a la demanda de combustibles sintéticos para el transporte marítimo, se identifican las siguientes políticas y medidas de potencial aplicación en este sector:

- Establecer **mandatos de corte mínimo de aceite vegetal hidrogenado (HVO) renovable** en combustibles de bunkering y/o amoníaco verde, con escalas graduales crecientes en el tiempo (ej. Estrategia Nacional H2V Panamá)
- Establecer **metas de reducción de emisiones** en combustibles para el transporte marítimo y fluvial (ejemplo regulación “ReFuel EU Maritime” de la Unión Europea que establece una reducción mínima de 2% al 2025, 6% al 2030, 31% al 2040 y 80% al 2050 relativo a niveles del 2020 de 91.16 gCO₂e / MJ)
- Definir **especificaciones técnicas** a cumplir por los combustibles sintéticos y/o amoníaco verde para transporte marítimo y fluvial, a través de normas IRAM
- Implementar y fortalecer **mecanismos de aplicación de normas técnicas** de eficiencia para reducir la contaminación en la industria naviera, incluido el denominado Índice de Diseño de Eficiencia Energética (EEDI) para buques nuevos y el Índice de Eficiencia Energética de Buques Existentes/Indicador de Intensidad de Carbono (EEXI/CII) para buques existentes. El amoníaco verde es uno de los combustibles alternativos considerados por esos estándares para hacer que la industria naviera cumpla más estrictamente con las metas climáticas acordadas (WBCSD, 2023).
- Impulsar los **créditos a tasas preferenciales** para la inversión en capacidad productiva, instalaciones de infraestructura para la mezcla y el almacenamiento y equipamiento para el manipuleo de combustibles sintéticos y/o amoníaco verde para transporte marítimo
- Introducir **créditos fiscales** a las navieras y amarradores que utilicen combustibles sintéticos y/o amoníaco verde para el transporte marítimo en las vías navegables del territorio argentino y/o en rutas desde y hacia la Argentina
- **Minimizar o eliminar los subsidios a combustibles marítimos base fósil**
- Impulsar la implementación de **cargos diferenciales** (fijos y/o variables por tonelada) en puerto para aquellos buques que carguen combustibles de base fósil
- Elaborar e implementar **normas sólidas de seguridad** y manipulación amoníaco verde como combustible para el transporte marítimo. Es necesario abordar las preocupaciones relativas a la toxicidad y corrosividad del amoníaco para garantizar el uso seguro de los buques (WBCSD, 2023).
- Adherir a y fomentar **regulaciones internacionales** que limiten las emisiones en el transporte marítimo internacional, como las regulaciones de la Organización Marítima Internacional

- ▷ Restricciones a ser resueltas: almacenamiento en el sitio, producción de amoníaco, recarga de combustible, despliegue de buques con celda de combustible, inversiones en puertos, entre otras.

5.10 La política de soporte para los usos de generación eléctrica y *gas-blending*

En materia de apoyo a la demanda de usos de hidrógeno verde y derivados para generación eléctrica y gas-blending se proponen las siguientes políticas:

- ▷ **Autorizar el uso** de hidrógeno verde y amoníaco verde para generación eléctrica e hidrógeno verde para mezcla en distribución de gas natural
- ▷ Definir **metas de co-combustión** de hidrógeno y/o amoníaco verde en la generación eléctrica en turbinas de gas (antecedentes disponibles de experiencias en México, Estados Unidos, Japón y Corea del Sur, usualmente esas metas se ubican en torno a un mínimo de 30% hacia el 2030-2035)
- ▷ “Realizar **estudios y pruebas operativas** para la implementación de gas-blending en redes aisladas de gas natural” (ENH, 2023). Sujeto a los resultados de las pruebas, en el mediano a largo plazo, evaluar luego escalar las mezclas de hidrógeno verde en las redes de distribución de gas natural implementando cuotas mínimas y máximas de mezcla.
- ▷ Establecer un **Sistema de Comercio de Emisiones** (ETS, por sus siglas en inglés) que sea aplicable a plantas de generación eléctrica, con límites máximos de emisión (caps) fijados sobre la cantidad total de emisiones de determinados gases de efecto invernadero que pueden emitir las instalaciones de un sistema en un país dado (similar al similar al Sistema de Comercio de Emisiones (EU-ETS) que aplica la Unión Europea)
- ▷ Incorporar al **etiquetado** de artefactos domésticos a gas su aptitud y límite máximo de hidrógeno verde en mezcla permitido para su correcto funcionamiento
- ▷ En el mediano o largo plazo, establecer **mecanismos de feed-in tariffs (FITs)** para dar estímulo al crecimiento de la producción de amoníaco verde a partir de la electricidad generada en base a hidrógeno y/o amoníaco (WBCSD, 2023)

5.11 Síntesis de propuestas

A continuación, se sintetizan las propuestas de acciones de mitigación específicas para ser incluidas en los Planes Nacionales de Adaptación y Mitigación, o Planes Nacionales sectoriales de CC así como algunas acciones relacionadas para habilitar la mitigación a partir del hidrógeno verde y poder así colaborar con el avance en la meta definida por las NDC:

POLÍTICAS/ INDUSTRIA	ELECTRÓ- LISIS	INFRAESTRUCTURA	INDUSTRIA	QUÍMICA Y FERTILIZANTES	TRANSPORTE TERRESTRE	AVIACION	TRANSPORTE MARITIMO	GEN. ELÉCTRICA GAS-BLENDING
Hojas de ruta	Hoja de ruta de tecnologías de electrólisis		Hoja de ruta por subsectores	Hoja ruta sector química	Hoja de ruta para el transporte terrestre			
Desarrollo de infraestructura		<p>Polos productivos y exportación</p> <p>Construir sitios para el almacenamiento y el despacho de hidrógeno y sus derivados</p> <p>Generar proyectos de infraestructura de interés común con países limítrofes y entre provincias en el territorio argentino</p>			<p>Desarrollos en la cadena de valor del H2V que resulten más flexibles, como la infraestructura de transporte.</p> <p>Impulsar el desarrollo de una red de infraestructura de carga de H2V y combustibles sintéticos en los principales corredores de carga terrestre</p>		Expandir y modernizar puertos de aguas profundas	Desarrollos en la cadena de valor del H2V que resulten más flexibles, como la infraestructura de transmisión de energía eléctrica.

<p>Marco regulatorio, norma técnica y etiquetado</p>	<p>Establecer metas de capacidad</p>	<p>Elaborar e implementar normativas, estándares, y protocolos para la manipulación y el transporte seguro del hidrógeno verde</p> <p>Definir la regulación e identificar localizaciones potenciales para el almacenamiento geológico de CO2</p>	<p>Modificar la normativa técnica en las diferentes aplicaciones del acero y el cemento, para incorporar requisitos que impulsen el uso de insumos y productos bajos en carbono,</p>	<p>Establecer mandatos progresivos crecientes de contenido mínimo de amoníaco verde para la producción de fertilizantes nitrogenados.</p> <p>Definir normas y protocolos para la manipulación segura del amoníaco verde.</p> <p>Implementar un sistema de certificación de amoníaco que distinga fuentes de producción e intensidad de carbono y habilitar la creación de un mercado específico del amoníaco</p>		<p>Mandatos de corte mínimo SAF</p> <p>Especificaciones técnicas SAF</p> <p>Promover las fuentes biogénicas como insumo CO2 para la producción de SAF</p> <p>Creación de un sistema de etiquetado sobre el rendimiento ambiental destinado a los operadores de aeronaves que utilicen combustibles SAF</p>	<p>Incorporar amoníaco como combustible</p> <p>Mandatos de corte mínimo HVO /amoníaco verde</p> <p>Adherir a regulaciones internacionales que limiten las emisiones en el transporte marítimo internacional</p> <p>Definir especificaciones técnicas a cumplir por los combustibles sintéticos y/o amoníaco verde</p> <p>Elaborar e implementar normas sólidas de seguridad y para la manipulación del amoníaco verde como combustible</p> <p>Implementar y fortalecer mecanismos de aplicación de normas técnicas de eficiencia para reducir la contaminación en la industria naviera</p>	<p>Metas co-comb. de H2V y amoníaco en turbinas gas</p> <p>Autorizar el uso de H2V y del amoníaco verde para la generación eléctrica e hidrógeno verde para mezcla en la distribución de gas natural</p> <p>Incorporar al etiquetado de artefactos domésticos a gas, su aptitud y límite máximo de H2V</p>
--	--------------------------------------	--	--	--	--	--	--	--

<p>Mecanismos financieros y fiscales</p>		<p>Establecer beneficios fiscales a las inversiones elegibles, determinado en función de rangos de intensidad de carbono</p> <p>Crear un Fondo Nacional Especifico para estimular la producción y promover la inversión en el desarrollo de proyectos, mediante el apoyo de Bancos Multilaterales de Desarrollo (BMD)</p>	<p>Establecer beneficios fiscales a las inversiones elegibles, determinado en función de rangos de intensidad de carbono</p> <p>Ofrecer prestamos dedicados para capacidad productiva</p> <p>Aplicar exenciones arancelarias y/o impositivas a la producción verde y/o a las empresas consumidoras de productos verdes</p> <p>Mecanismos (como contratos por diferencia CfD) que permitan temporalmente cubrir (total o parcialmente) los costos adicionales respecto de productos tradicionales</p>	<p>Establecer beneficios fiscales a las inversiones elegibles, determinado en función de rangos de intensidad de carbono</p> <p>Ofrecer prestamos dedicados para capacidad productiva</p> <p>Aplicar exenciones arancelarias y/o impositivas a la producción verde y/o a las empresas consumidoras de productos verdes</p> <p>Establecer un mecanismo de ajuste en la frontera</p>	<p>Establecer beneficios fiscales a las inversiones elegibles, determinado en función de rangos de intensidad de carbono</p> <p>Ofrecer prestamos dedicados para capacidad productiva</p> <p>Aplicar exenciones arancelarias y/o impositivas a la producción verde y/o a las empresas consumidoras de productos verdes</p> <p>Minimizar o eliminar los subsidios a los combustibles de base fósil</p> <p>Profundizar los impuestos al carbono de combustibles fósiles</p> <p>Implementar beneficios mediante precios diferenciales en peajes para el</p>	<p>Establecer beneficios fiscales a las inversiones elegibles, determinado en función de rangos de intensidad de carbono</p> <p>Ofrecer prestamos dedicados para capacidad productiva</p> <p>Aplicar exenciones arancelarias y/o impositivas a la producción verde y/o a las empresas consumidoras de productos verdes</p> <p>Minimizar o eliminar los subsidios a los combustibles de base fósil</p> <p>Profundizar los impuestos al carbono de combustibles fósiles</p> <p>Introducir créditos fiscales a las aerolíneas que utilicen combustibles SAF en el territorio argentino</p>	<p>Establecer beneficios fiscales a las inversiones elegibles, determinado en función de rangos de intensidad de carbono</p> <p>Ofrecer prestamos dedicados para capacidad productiva</p> <p>Aplicar exenciones arancelarias y/o impositivas a la producción verde y/o a las empresas consumidoras de productos verdes</p> <p>Minimizar o eliminar los subsidios a los combustibles de base fósil</p> <p>Profundizar los impuestos al carbono de combustibles fósiles</p>	<p>Aplicar exenciones arancelarias y/o impositivas a la producción verde y/o a las empresas consumidoras de productos verdes</p> <p>Establecer mecanismos de feed-in tariffs (FITs) para estímulo a la electricidad generada en base a hidrógeno y/o amoníaco</p>
--	--	---	--	--	--	---	---	---

					transporte de carga				
Desarrollo de mercado			<p>Establecer un ETS</p> <p>Compras sector público y procedimientos de adquisición pública de productos verdes</p> <p>Impulsar la suscripción de contratos de aprovisionamiento de largo plazo</p>	<p>Establecer un ETS</p> <p>Compras sector público y procedimientos de adquisición pública de productos verdes</p> <p>Implementar un sistema de certificación de amoníaco que distinga fuente de producción e intensidad de carbono y habilitar la creación de un mercado específico de amoníaco</p> <p>Impulsar la suscripción de contratos de aprovisionamiento de largo plazo</p>	Establecer metas de reducción de emisiones en combustibles	Establecer metas de reducción de emisiones en combustibles	Establecer metas de reducción de emisiones en combustibles	Establecer un ETS	
Cooperación internacional y alianzas de largo plazo	Estimular las iniciativas de cooperación internacional	Estimular las iniciativas de cooperación internacional	Estimular las iniciativas de cooperación internacional	Estimular las iniciativas de cooperación internacional	Estimular las iniciativas de cooperación internacional	Estimular las iniciativas de cooperación internacional	Estimular las iniciativas de cooperación internacional	Estimular las iniciativas de cooperación internacional	Estimular las iniciativas de cooperación internacional
							Generar acuerdos de cooperación de largo plazo entre puertos de origen y destino		

Cambios tecnológicos			Cambio de procesos y de prácticas en la producción	Cambio de procesos y de prácticas en la producción	Fomentar I+D de tecnologías de celdas combustible de hidrógeno, y de materiales y catalizadores asociados	Fomentar I+D de tecnologías de celdas combustible de hidrógeno, y de materiales y catalizadores asociados	Fomentar I+D de tecnologías de celdas combustible de hidrógeno, y de materiales y catalizadores asociados	Estudios y pruebas gas-blending
----------------------	--	--	--	--	---	---	---	---------------------------------

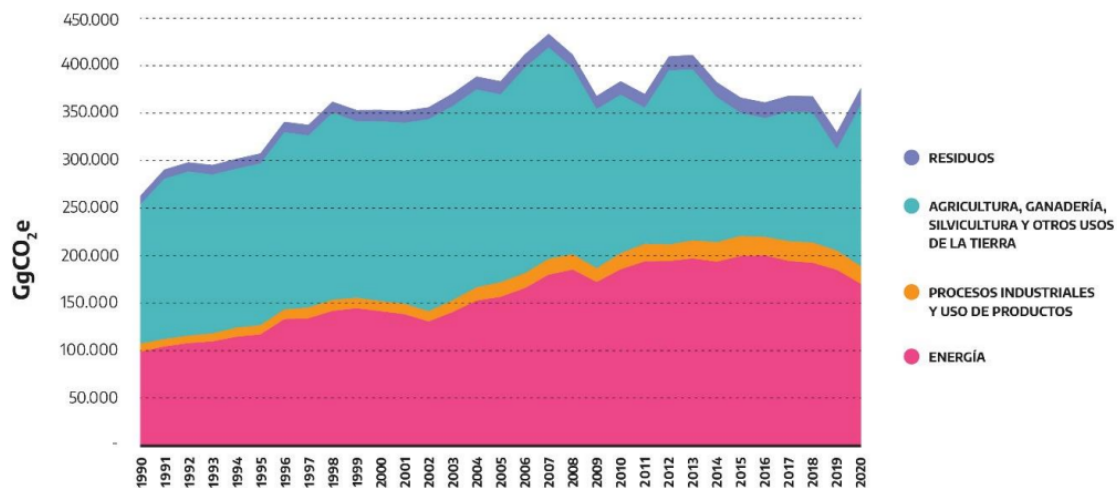
6

LAS NDC, ELP Y EL HIDRÓGENO VERDE EN ARGENTINA

6 El potencial del hidrógeno verde y su cadena de valor a las NDC y ELP

El Quinto Informe Bienal de Actualización de Argentina a la CMNUCC, publicado en el año 2023, estima que las emisiones netas totales del año 2020 alcanzaron los 376,4 MtCO₂e (MAyDS, 2023). Los sectores de Energía (45%) y de Agricultura, ganadería, silvicultura y otros usos de la tierra (AGSOUT) (45%) son aquellos de mayor peso en el total de las emisiones netas. El máximo de emisiones netas de Argentina se estima fue registrado en el año 2007 con 424,6 MtCO₂e (MAyDS, 2023).

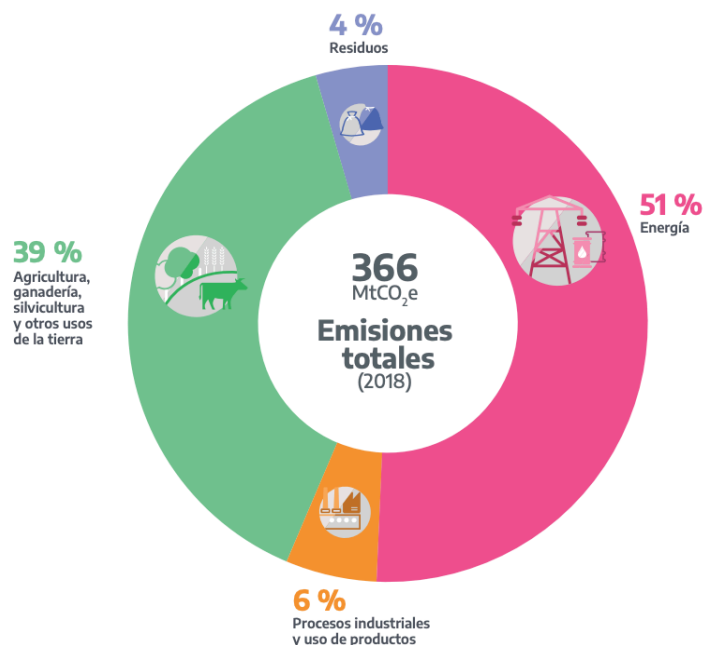
Figura 4: Evolución histórica de emisiones netas de Argentina, con apertura por sectores



Fuente: Quinto Informe Bienal de Actualización de Argentina a la CMNUCC (MAyDS, 2023)

En particular, en Argentina de acuerdo al INGEI 2022, las emisiones de GEI del año 2021 alcanzaron las 366 MtCO₂e, de las cuales un 5,7% (20,77 MtCO₂e) corresponde a los procesos industriales y el uso de productos, que incluye las emisiones generadas como resultado de la reacción entre materias primas empleadas en diferentes procesos químicos.

Figura 5: Emisiones de GEI totales y distribución por sector

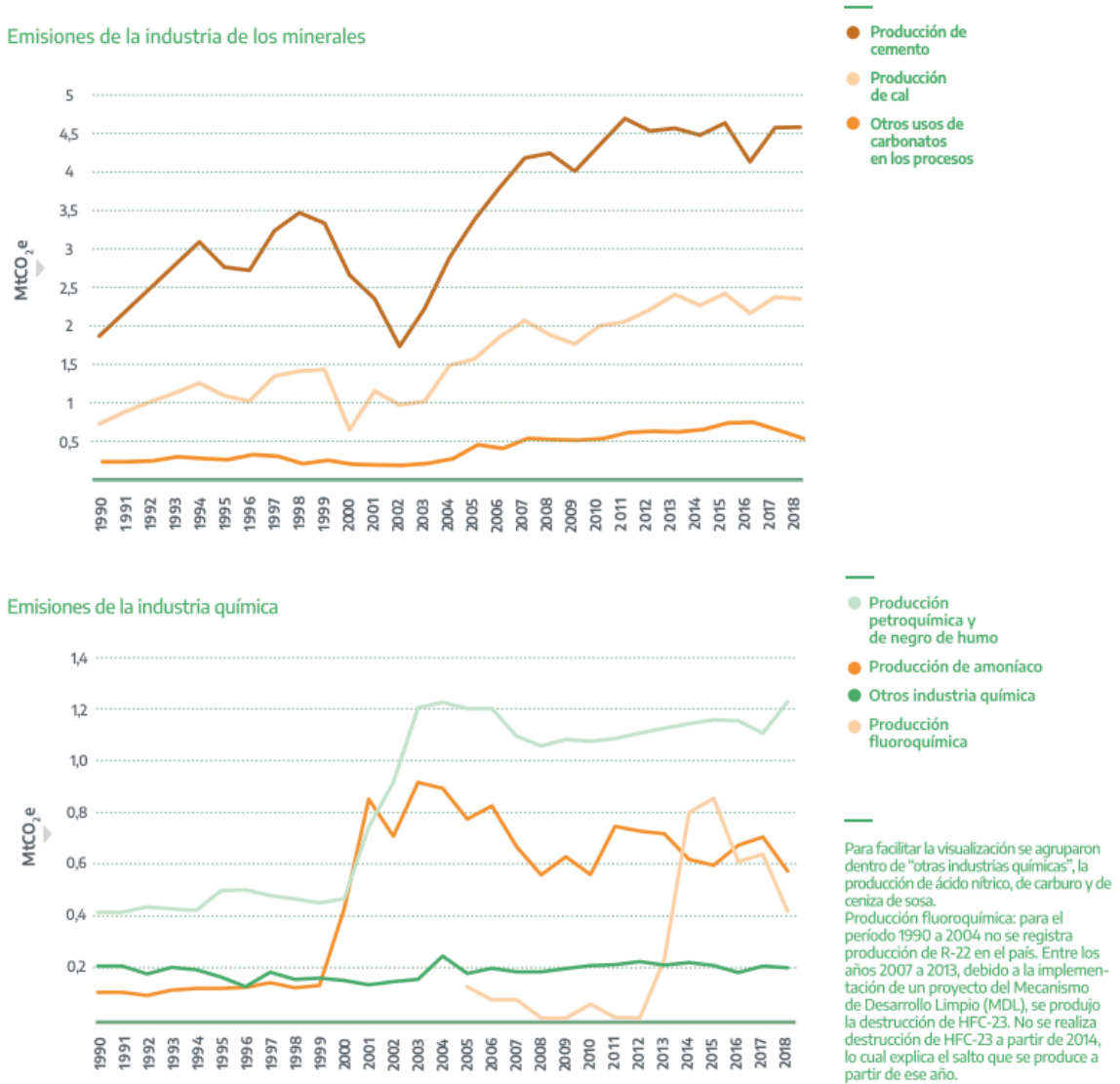


Fuente: INGEI 2022

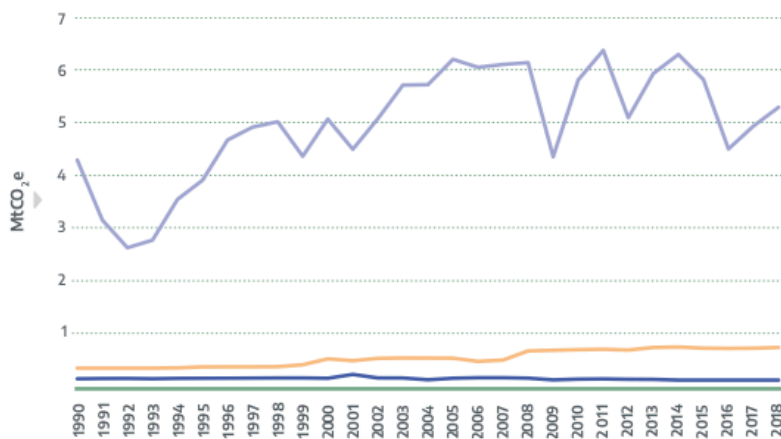
En particular, las emisiones de GEI del sector de procesos industriales y uso de productos se desglosa en las emisiones de las siguientes cuatro industrias y usos:

- **Industria de minerales**, que incluye la producción de cemento, de cal y otros usos de carbonatos en los procesos;
- **Industria química**, compuesta por la producción petroquímica y de negro de humo, de amoníaco, fluoroquímica y otros en la industria química;
- **Industria de los metales**, incluyendo producción de hierro y acero, de aluminio y otras industrias de los metales (producción de ferrosaleaciones y producción de zinc);
- **Usos de productos**, que se componen de usos no energéticos y sustitutos de Sustancias que Agotan el Ozono (SAO)

Figura 6: Evolución de emisiones de GEI del sector de procesos industriales y uso de productos



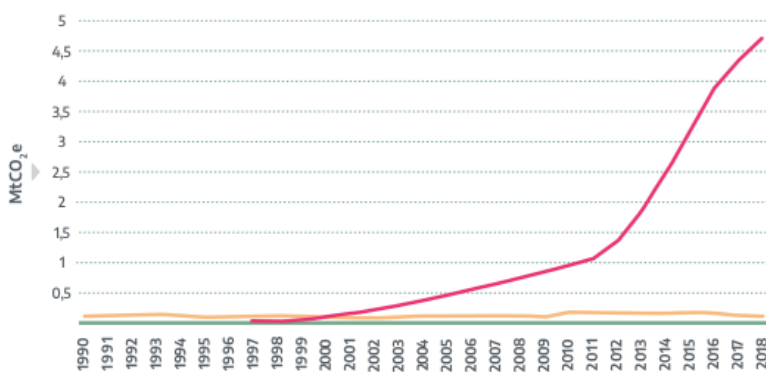
Emisiones de la industria de los metales



- Producción de hierro y acero
- Producción de aluminio
- Otros industria de los metales

Para facilitar la visualización se agruparon dentro de "otras industrias de los metales" las subcategorías "producción de ferroatomios" y "producción de zinc."

Emisiones de uso de productos



- Uso no energético
- Usos de sustitutos de SAO

El dato de actividad de Uso de sustitutos de SAO se obtiene a partir de 2007. Por la metodología utilizada, los datos se extrapolan hasta 1997.

Fuente: INGEI 2022

Como ya fuera mencionado, la actualización de la segunda NDC de la Argentina (2021), se compromete a la meta de no exceder la emisión neta de 349 MtCO₂e en el año 2030, lo que implica una reducción del 27,7% respecto a la meta establecida en la primera NDC del año 2016 (meta de 483 MtCO₂e al 2030). Si se compara con el máximo de emisiones netas del año 2007, la meta de reducción propuesta al 2030 en la segunda NDC actualizada equivale a un 17,8%.

Mas aún, en la ELP, presentada en 2022 y aprobada en 2023, Argentina se compromete a hacer esfuerzos en pos de alcanzar la neutralidad en emisiones de GEI para el año 2050. La ELP se estructura en torno a cuatro enfoques transversales, cinco líneas instrumentales y seis líneas estratégicas, según lo ya descrito en el capítulo 3.8.

El desarrollo futuro de la cadena de valor del hidrógeno verde en Argentina tiene el potencial de contribuir a la reducción de emisiones y aportar a cumplir así con la NDC y ELP de Argentina. En este contexto, se realizó un análisis preliminar del potencial de reducción de emisiones que podría lograrse

en base a la demanda de H2V por sectores en los horizontes temporales al año 2030 y 2050. Estas estimaciones a gran escala fueron elaboradas por la FTDT como parte de un estudio realizado junto con un equipo de investigación del Oxford Institute for Energy Studies (OIES)¹³. Las mismas fueron luego revisadas en el marco de este proyecto de PtX Hub Argentina. Estas estimaciones podrán ser contrastadas con los resultados de un estudio, que se encuentra en desarrollo y será publicado en el marco del Proyecto de PtX Hub Argentina, que estima el potencial volumen de hidrógeno verde y derivados que será demandado, y evalúa y prioriza su rol en la transición energética en sectores industriales y de transporte de Argentina, en un escenario alineado con la carbono neutralidad a largo plazo.

Las emisiones evitadas al 2030 y 2050 por el desarrollo del H2V y derivados en Argentina podrían alcanzar 2,1 Mt CO2e/año (0,6% del total de la meta de 349 Mt CO2e/año de emisiones netas de la NDC vigente) y 16,3 Mt CO2e/año (4,7%) respectivamente. Si bien al 2030 el desarrollo del H2V se estima será aún incipiente, por ende su contribución a la reducción de emisiones netas, en el largo plazo, podría representar un aporte significativo en emisiones evitadas.

Tabla 5: Estimación de emisiones evitadas al 2030 y 2050 por el desarrollo del H2V y derivados en Argentina

Sector Uso Final	2030		2050	
	Demanda H2 kt/año	Emisiones evitadas Mt CO2eq/año	Demanda H2 kt/año	Emisiones evitadas Mt CO2eq/año
Refinación	30	0,3	10	0,1
Amoniaco & Fertilizantes	20	0,2	125	1,3
Ind. Siderúrgica	25	0,8	65	2,3
Ind. Cemento	10	0,1	90	0,9
Tte. Marítimo	45	0,5	270	3,0
Tte. Aviación	15	0,1	510	4,7
Tte. Terrestre	15	0,2	410	4,1
Total	160	2,1	1480	16,3
% de NDC 2030	na.	0,6%	na.	4,7%

Fuente: Elaboración propia (2023-2024); coeficientes de conversión a CO2e evitadas según RMI (2021)

Por ello, se recomienda incluir explícitamente acciones de mitigación con metas físicas concretas relacionadas al desarrollo del H2V, y también de PtX, en próximas versiones y/o actualizaciones de la NDC de Argentina, de manera que en los planes de acción correspondientes a ser desarrollados se incluyan medidas concretas en este sentido.

Al incluir al H2V y PtX en las próximas versiones de la NDC permitiría destacar el papel estratégico que este vector energético puede cumplir en el logro de los objetivos de la NDC y contribuir a hacerlos viables no sólo en aquellos sectores de difícil abatimiento (por ej. acero, cemento, aviación) sino

¹³ FTDT junto al Oxford Institute for Energy Studies realizó un estudio sobre el potencial rol del H2V en Sudamérica, una región asociada con un potencial significativo para la producción costo competitiva de hidrógeno verde. En este paper además de las condiciones geográficas y geológicas favorables que permitirían a los países de la región desarrollar la cadena de valor para su exportación, estos países además enfrentan el desafío de los sectores hard-to-abate y, por lo tanto, podría beneficiarse del H2V como un vector para la descarbonización. El paper se enfoca en Argentina, además de Brasil, Colombia y Chile, grandes economías del continente que han avanzado en el desarrollo de una estrategia de H2V. <https://www.oxfordenergy.org/wpcms/wp-content/uploads/2024/05/ET33-Hydrogen-for-the-%E2%80%98low-hanging-fruits-of-South-America.pdf>

también en cadenas de valor clave para el país, como la agricultura y transporte terrestre y marítimo, favoreciendo al desarrollo de productos de mayor valor agregado con mayor eficiencia.

7 EL FINANCIAMIENTO DE LAS NDC Y ELP DE ARGENTINA

7 El Financiamiento de las NDC y de la ELP de Argentina, considerando el avance en la cadena de valor del H2V en el país

En Argentina, el financiamiento climático internacional se solía canalizar principalmente a través de organismos multilaterales y bilaterales, tanto dentro como fuera de los mecanismos de financiamiento establecidos por la CMNUCC, así como en el AP, sumado a las iniciativas financiadas a través de otros canales y fondos regionales y nacionales, concebidos para facilitar los esfuerzos para enfrentar el cambio climático (ENFCI, 2023).

Según datos del año 2022, el Banco Interamericano de Desarrollo (BID), el Banco Internacional de Reconstrucción y Fomento (BIRF, del grupo del Banco Mundial), el Banco de Desarrollo de China (CDB) y el Banco de Desarrollo de América Latina (CAF) concentran la mayor parte de la cartera activa de proyectos financiados por organismos internacionales de crédito. El 60% de esta cartera de crédito corresponde a proyectos con impacto directo o indirecto en la mitigación y/o adaptación al cambio climático (ENFCI, 2023).

La Estrategia Nacional de Financiamiento Climático Internacional (ENFCI) presentada en junio de 2023 por la Secretaría de Asuntos Económicos y Financieros Internacionales del Ministerio de Economía de la Nación, desarrollaba los objetivos y la visión a nivel país respecto de la movilización de recursos de fuentes internacionales y su aplicación a proyectos de mitigación y adaptación al cambio climático a nivel nacional y subnacional.

El objetivo de esa estrategia era acceder a recursos suficientes para que se puedan lograr las metas del PNAyMCC, de la ELP, y poder cumplir con los compromisos asumidos en las subsecuentes NDC remitidas por la República Argentina ante la CMNUCC.

La ENFCI presentada por Argentina plantea una hoja de ruta articulada en torno de cuatro ejes estratégicos y con un plan de acción que incluye medidas a corto, mediano y largo plazo (ENFCI, 2023):

- Eje Estratégico 1: Generación de información, datos y análisis para movilizar flujos de capital
- Eje Estratégico 2: Gestión y acceso a fuentes de financiamiento
- Eje Estratégico 3: Desarrollo de instrumentos económicos y financieros
- Eje estratégico 4: Generación y fortalecimiento de capacidades

Asimismo, la ENFCI identifica cinco principales fuentes de financiamiento climático internacional:

Tabla 6: Fuentes de financiamiento climático internacional según ENFCI

Tipo de Fuente de Financiamiento Climático	Ejemplos
Fondos Climáticos Multilaterales	<ul style="list-style-type: none"> Fondo para el Medio Ambiente Mundial (GEF); Fondo Verde para el Clima (GCF); Fondos de inversión en el Clima (CIF); Iniciativa Internacional del Clima (IKI); NAMA Facility; Euroclima+; otros
Banca Multilateral de Desarrollo	<ul style="list-style-type: none"> Banco Interamericano de Desarrollo (BID); Grupo del Banco Mundial (BM); Corporación Andina de Fomento (CAF); FONPLATA; otros
Cooperación Multilateral	<ul style="list-style-type: none"> Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD); Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA); otros
Banca Bilateral de Desarrollo	<ul style="list-style-type: none"> Banco Alemán de Desarrollo (KfW); Agencia Francesa de Desarrollo (AFD); European Investment Bank - The Latin America Investment Facility (LAIF); otros
Fuentes de Financiamiento para el Sector Privado	<ul style="list-style-type: none"> The German Development Finance Institution (DEG KfW); U.S. International Development Finance Corporation (US DCF); BID Invest; otros

Fuente: ENFCI, 2023

En la misma dirección, y, en particular, para el desarrollo de la cadena del H2V y derivados, se propone focalizar la estrategia de financiamiento climático en los siguientes tipos de financiamiento que se consideran adecuados:

- **Financiamiento climático específico** mediante el uso de los mecanismos de la CMNUCC y los diversos fondos creados precisamente como parte de las negociaciones climáticas internacionales a lo largo del tiempo para lograr el cumplimiento de los compromisos asumidos por los países desarrollados. Por ejemplo, aplicar a proyectos ante el Fondo Verde del Clima (GCF por sus siglas en inglés) o el Fondo para el Medio Ambiente Mundial (GEF por sus siglas en inglés), que buscan acelerar la acción transformadora por el clima en los países en desarrollo, mediante el uso de diversas soluciones e instrumentos de financiamiento.
- **Bancos Multilaterales de Desarrollo, bancos regionales de desarrollo y otros:** Esta categoría incluye un conjunto de instituciones financieras internacionales cuyo mandato es promover el desarrollo económico y social, que abarcan los bancos multilaterales, como el Banco Mundial (que hace parte del sistema financiero internacional correspondiente al legado de Bretton Woods), los bancos de desarrollo regionales, como el Banco Interamericano de Desarrollo (BID), o el African Development Bank (ADB), pero también el New Development Bank, un banco multilateral de desarrollo, que responde a la iniciativa política del bloque de los BRICS, cuyo propósito es financiar el desarrollo global del Sur.
- **Fondos Climáticos Multilaterales**
 - *Fondo de Inversión en el Clima (CIF):* Activamente involucrado en el financiamiento del desarrollo del H2V y derivados en América Latina, por ejemplo, con programas aprobados durante 2023 en Brasil y en Colombia.
 - *Fondo Verde para el Clima (GCF):* GCF aprobó en 2023 financiamiento concesional combinado por 41 millones de dólares para respaldar la inversión propuesta por IFC

en RenewStable Barbados, una instalación de generación solar de 50 MW con almacenamiento de baterías de iones de litio e hidrógeno verde que proporcionará energía limpia y estable a la red de Barbados.

▷ **Agencias y Banca Bilateral de Desarrollo**

- *Programa Global Gateway de la Unión Europea:* Durante 2023, ha anunciado financiamiento para el desarrollo de proyectos de producción y uso de H2V en Chile - mediante aportes de la Facilidad de Inversión de la Unión Europea en América Latina y el Caribe (EU LACIF) y el banco de desarrollo alemán KfW-, así como en Brasil.
- *Agencia Alemana para la Cooperación Internacional (GIZ):* A fines de 2022 presentó su Programa Internacional de Fomento al Hidrógeno Verde (H2-Uppp), una iniciativa para apoyar la ejecución de proyectos de producción y aprovechamiento de hidrógeno verde en la región de Latinoamérica.

▷ **Fondos y Programas Internacionales específicos para impulsar el H2V**

- *H2 Global de Alemania:* A fines del 2021, el Ministerio Federal de Asuntos Económicos y Protección del Clima de Alemania (BMWK), aprobó un presupuesto de 900 millones de euros para un innovador mecanismo de financiación denominado H2Global (lanzado en 2020), que consiste en un modelo competitivo de doble subasta en el que el hidrógeno verde o sus derivados se compran en países no pertenecientes a la UE al precio más bajo posible con contratos a 10 años. Los productos son vendidos a empresas alemanas y europeas a través de HINT.CO, un intermediario privado externo, al mayor precio posible en subastas a corto plazo, contribuyendo a la descarbonización. Los acuerdos de compra a largo plazo brindan a los exportadores de hidrógeno verde y derivados (amoníaco, e-metanol y e-SAF) seguridad para sus decisiones de inversión y acceso a clientes. Las primeras subastas fueron anunciadas en diciembre de 2022.
- *Fondo de Desarrollo PtX (PtX Development Fund)* del Gobierno de Alemania creado en 2022 y destinado a ayudar a las economías en desarrollo y emergentes a construir cadenas de valor locales en torno al hidrógeno verde. El Fondo de Desarrollo, bajo la responsabilidad del Ministerio Federal de Cooperación Económica y Desarrollo (BMZ), dispone de un presupuesto de 250 millones de euros.
- *Programa de Apoyo Financiero “Joint Crediting Mechanism (JCM)”* de Japón, con foco en proyectos piloto en la cadena de valor del hidrógeno en el extranjero. El programa busca subvencionar proyectos de demostración para producir hidrógeno utilizando energía renovable en un tercer país con abundante potencial de energía renovable, como la energía solar y eólica (antecedente de proyecto de H2V en Nueva Zelanda).

▷ **Bancos nacionales de Desarrollo (BND)**

Un número de bancos nacionales de desarrollo están trabajando muy activamente en materia de financiamiento verde, climático o sostenible, haciéndose cargo de un número diverso de operaciones para su concreción.

En su esfuerzo para proveer financiamiento climático y para contribuir a alcanzar los objetivos establecidos en la NDC, los BND podría recurrir con más intensidad a medios no tradicionales para recaudar capital, tales como la emisión de bonos temáticos (verdes, azules, de sostenibilidad o vinculados a la sostenibilidad). También, en la medida en que consigan fortalecer su capitalización, en el plano nacional e internacional, podrían reforzar su papel como intermediarios financieros y apoyar la diversificación de sus carteras de préstamo. Asimismo, los BND pueden cumplir un papel clave, en conjunto con reguladores y supervisores, en la consolidación de la infraestructura del mercado de capitales y financiero para impulsar el crecimiento de la economía verde.

En la Argentina, este papel como banco nacional de desarrollo es desempeñado por el Banco de Inversión y Comercio Exterior (BICE), que ha venido trabajando en el desenvolvimiento de los procedimientos y metodologías para dar soporte al financiamiento climático y facilitar el acceso de las empresas argentinas al financiamiento climático internacional entre otros.

▷ **Bancos comerciales**

Incluyen las entidades financieras comerciales que, como consecuencia de la presión de los accionistas, la preocupación por el riesgo que la transición sociotécnica entraña para las instituciones financieras en general, y la creciente astringencia regulatoria en lo que concierne a develar el riesgo climático, han iniciado una recomposición de su cartera de préstamos y una reevaluación de su riesgo crediticio

▷ **Fondos de pensión internacionales**

Los fondos de pensión son instituciones financieras que administran los ahorros de retiro de millones de personas y por ende manejan vastas sumas. La gobernanza de estas instituciones es crucial pues priorizan el propósito de salvaguardar los fondos que administran, de modo que permitan cumplir con las futuras obligaciones con los beneficiarios. Su gobernanza incluye el respeto por valores éticos de manera cada vez más rigurosa, el fortalecimiento de la cuestión de las salvaguardas ambientales, la consecución del desarrollo sostenible y de otros criterios en la misma línea, que juegan un papel clave en las decisiones de inversión de sus recursos, en particular cuando crece la tendencia a litigar en los tribunales nacionales e internacionales, que exhiben cada vez más organizaciones de la sociedad civil, actores interesados y otros grupos, en defensa de sus derechos ambientales.

▷ **Fondos de riqueza soberanos**

Aunque administran billones de dólares, su participación en el financiamiento climático ha sido aun relativamente reducida.

Un fondo de riqueza soberano (SWF, por sus siglas en inglés) es típicamente un fondo de inversión de propiedad del Estado, que invierte en activos reales y financieros, como acciones, títulos, bonos, propiedades, o metales preciosos, o en colocaciones alternativas, como fondos de capital privado, o en hedge funds. Típicamente, invierten globalmente. Una parte considerable de estos fondos son financiados a partir de ingresos provenientes de la exportación de commodities o mediante la tenencia de reservas de divisas, que son tenencias del banco central.

▷ **Mecanismos e instrumentos de fijación de Precios de Carbono**

Se persigue la participación activa del sector privado, liderando y comprometiéndose activamente en la transformación de las actividades económicas hacia la carbono neutralidad. La fijación de precios al carbono estimula los esfuerzos de mitigación y representa un medio para financiar inversiones en proyectos, en cuanto genera flujos adicionales de ingresos, que pueden ser considerables a medida que evolucione el precio de la tonelada de carbono.

Los mecanismos e instrumentos de fijación de precios al carbono, como son los Sistemas de Comercio de Emisiones (ETS, por sus siglas en inglés) o la aplicación de los impuestos al carbono, podrían facilitar asimismo, el desarrollo del H2V y su demanda (global y doméstica en los respectivos países).

Desde el año 2023, Argentina cuenta con su Estrategia Nacional para el Uso de los Mercados de Carbono (ENUMeC), aprobada mediante la Resolución MAyDS N° 385/2023, con el objetivo de crear un marco común para el uso de esos mercados a nivel nacional. Los mercados de carbono son identificados por la Argentina como uno de los posibles mecanismos para contribuir al cumplimiento de las sucesivas NDC, la Estrategia a Largo Plazo a 2050 y para alcanzar los objetivos que se proponían en su momento en las Comunicaciones de Adaptación ya presentadas oportunamente por el país (MAyDS, 2023).

En efecto, para cumplir los compromisos de cambio climático adquiridos a nivel internacional, es esencial implicar activamente al sector privado. Todos los sectores económicos deberían acelerar la adopción de tecnologías más limpias, mejorar la eficiencia energética, desarrollar prácticas empresariales más sostenibles y modelos de negocio que promuevan la reducción de emisiones de GEI. Para cumplir con los compromisos adquiridos por el país, es necesario involucrar a los sectores responsables de las emisiones de GEI que impactan en el sistema climático. Para ello, es fundamental establecer una estructura de incentivos económicos claros que indique con precisión la dirección en la que se debe avanzar.

En este contexto, la creación de un sistema nacional *de cap and trade* surge como una herramienta idónea, donde el gobierno establece un límite, o cap, a la cantidad de emisiones de GEI que las empresas en los sectores cubiertos por el sistema pueden emitir en un periodo

determinado. Quienes hayan emitido menos que el tope asignado pueden vender los derechos de emisión no utilizados a quienes los necesiten para evitar exceder su tope y no exponerse así a la sanción por incumplimiento. La posibilidad de comercializar los derechos de emisión contribuirá a hacer más rentable la transición a una economía con menos emisiones de carbono. Cada entidad emisora será libre de elegir la medida de mitigación y/o captura que desee aplicar, siempre que no supere el tope de derechos de emisión asignado. El objetivo del *Cap and Trade* es reducir progresivamente las emisiones a lo largo del tiempo y permitir a los sectores responsables una mayor flexibilidad en la forma de cumplir con los límites de emisión establecidos, fomentando la libertad económica y la innovación, ya que permite a las firmas acogidas a este sistema decidir cómo cumplir con los límites establecidos. Aquellos que superen la cantidad asignada deberán comprar derechos de emisión a aquellos que no hayan agotado su asignación.

Este enfoque -basado en el mercado- proporciona un incentivo que permitiría a la República Argentina cumplir los compromisos adquiridos internacionalmente para reducir las emisiones netas totales del país, ya que los sectores cubiertos podrían vender sus derechos de emisión a quienes los necesiten para cumplir su asignación.

Participar en un esquema de este tipo aporta múltiples beneficios al sector privado, como el alineamiento con la normativa ambiental nacional e internacional, que facilita el acceso a los mercados globales, el aumento de su atractivo y competitividad dentro de la propia cadena de valor al reducir el riesgo reputacional y la apertura de oportunidades de negocio, como la comercialización de créditos de carbono. Este enfoque fomenta la innovación y la optimización de procesos en los distintos sectores responsables de la generación de emisiones de GEI en el país, mejorando la eficiencia operativa y facilitando el acceso a financiación preferente.

Se asume que es necesario que Argentina crezca y se convierta en un país robustamente exportador, y para ello es necesario cumplir con los compromisos asumidos a través del desarrollo de tecnologías más limpias y la implementación de procesos más eficientes y sostenibles, según el sector y la región donde se implementen.

En algunas partes del mundo existen propuestas para incluir la producción de hidrógeno con electrolizadores en el régimen de comercio de emisiones, con lo que las instalaciones renovables y de bajas emisiones de carbono podrían acceder a derechos de emisión de manera gratuita.

La ampliación del comercio de derechos de emisión al transporte marítimo y otros sectores difíciles de descarbonizar también generan incentivos para la producción de hidrógeno verde, como una manera de cumplir con las nuevas exigencias en ese ámbito.

- **Financiamiento climático de fuentes privadas y financiamiento mixto (*blended finance*):**
 - *Financiamiento privado* de proyectos de H2V organizado por compañías del sector energético, con sinergias en el desarrollo del sector del hidrógeno, por ejemplo, firmas de petróleo y gas (de cara a la transición energética), de energías renovables, de transporte y de distribución de energía, entre otras.
 - *Creación de fondos de capital mixto* público-privado para el financiamiento de proyectos de H2V (ej. Green H2 Fund en Chile entre CORFO y la firma de capital de riesgo Genesis Venture)
 - *Financiamiento privado y participación accionaria* en distinta proporción de firmas internacionales / globales con experiencia en el desarrollo de proyectos de H2V y derivados, por ejemplo, vía equity; entre otros casos se cuentan iniciativas como las de la minera australiana Fortescue, la industrial francesa Air Liquide, o la alemana Hy2gen, entre otras
- **Emisiones de bonos temáticos o de etiqueta** por desarrolladores de proyectos de H2V y derivados, que recurran a esta vía de financiamiento en expansión progresiva.

En la Argentina esas emisiones podrían hacerse conforme a los lineamientos establecidos en la guía y reglamento para la Emisión y el listado de Bonos Sociales, Verdes y Sustentables en Bolsas y Mercados Argentinos S.A. (BYMA), o siguiendo los criterios que se utilizan en los marcos aceptados internacionalmente con ese mismo propósito, según se decida oportunamente, como los principios y guías de *International Capital Market Association* (ICMA).

El conjunto de los instrumentos y de las herramientas de financiamiento disponible es amplio y crecientemente más sofisticado, al tiempo que permite empezar a atender las distintas necesidades de los países; unas necesidades que están centralmente vinculadas a sus iniciativas actuales de mitigación y adaptación.

No obstante, es claro que, de acuerdo con la información estadística disponible, los flujos actuales de fondos son aún marcadamente insuficientes para satisfacer la creciente demanda de recursos financieros existente. Entre los distintos mecanismos e instrumentos de financiamiento corrientemente utilizados se cuentan, por ejemplo, los siguientes:

- *Préstamos bajo distintas líneas de financiamiento*, para apoyar el desarrollo de la industria del hidrógeno verde y sus derivados y la demanda de estos bienes para su uso en la producción de bienes finales, así como la inversión en nuevos proyectos (ej. Crédito Condicional para Proyectos de Inversión (CCLIP) del BID a Chile; préstamo de Banco Mundial a Chile; financiamiento de NAMA Facility a Costa Rica).
- *Asistencia técnica, capacitación y ejecución de estudios complementarios*: Financiamiento y apoyo técnico en consultorías para estudios y elaboración de estrategias, planes, programas, sistemas relacionados al desarrollo del H2V y derivados.
- *Garantías de respaldo*: En los casos de proyectos que sustentan su modelo de ingresos en contratos de largo plazo de abastecimiento con precio comprometido en moneda dura por el Estado Nacional, éstos pueden beneficiarse al contar con garantías (respaldadas por un tercero, como por ejemplo un Banco Multilateral de Desarrollo) de las obligaciones del Estado nacional estipuladas en esos contratos ya establecidos. Estas garantías podrían permitir a los inversores y desarrolladores de proyectos, el acceso a mejores condiciones de financiamiento para sus emprendimientos.
- *Seguros de riesgo*: Para cubrir especialmente eventualidades de la puesta en marcha de los proyectos, demoras en la curva de aprendizaje, incertidumbre de costos, retrasos en la tramitación de los permisos, fluctuaciones del tipo de cambio o de los costos, entre otras opciones posibles.

8

CONCLUSIONES

8 Conclusiones

Las NDC constituyen los compromisos climáticos de los países que se formulan en el marco del AP, con el objetivo de alcanzar la meta global de no exceder 1.5°C de aumento de la temperatura global, adaptarse a los impactos climáticos, y asegurar que haya suficiente financiamiento para apoyar los esfuerzos concomitantes con esos logros y garantizar su consecución.

La actualización de la segunda NDC de la Argentina, presentada en el año 2021, se compromete a una meta de no exceder la emisión neta de 349 MtCO₂e en el año 2030. **La NDC de Argentina afirma de modo general que existe "un significativo potencial en materia de producción de hidrógeno" en el país y que hacia el año 2030 se podría desarrollar la cadena productiva del hidrógeno, "cuya utilización trazará el camino hacia una industria y transporte sostenible y baja en carbono".**

Asimismo, Argentina se encuentra avanzando en sus primeros pasos para el desarrollo de hidrógeno de bajas emisiones, mediante la definición de su Estrategia Nacional para el Desarrollo de la Economía del Hidrógeno (ENH, 2023), la elaboración de planes estratégicos provinciales para el H2V como los de la Provincia de Río Negro, proyectos piloto como Hychico en la provincia de Chubut, y otros demostrativos como el desarrollo de un electrolizador de alta potencia para la industria siderúrgica por Y-TEC y CONICET, el lanzamiento de espacios colaborativos como el Consorcio para el Desarrollo de la Economía del Hidrógeno (H2ar) y algunos acuerdos de entendimiento con compañías internacionales para investigación e inversiones en H2V como el firmado entre YPF y la coreana Posco en 2023.

El hidrógeno verde requiere el apoyo de políticas públicas y de medidas para avanzar desde una actividad en la que representa en principio hoy solo un nicho de mercado, si bien en expansión, y apunta a transformarse en lo que puede ser uno de los componentes principales de la estructura económica nacional en el futuro. Estas políticas de soporte habilitadoras del desarrollo deberán impulsar tanto la oferta (en materia de capacidad de electrólisis e infraestructura) como la demanda de hidrógeno verde y derivados, siendo los principales sectores de uso final la industria siderúrgica, cementera, química y petroquímica, el sector de fertilizantes, el transporte (terrestre, aviación y marítimo/fluvial), la generación eléctrica y la mezcla en redes de distribución de gas natural.

En materia **de soporte de políticas para el desarrollo de tecnologías y el incremento de la capacidad de electrólisis para la producción de hidrógeno verde y derivados**, se propone definir una hoja de ruta de largo plazo de desarrollo de tecnologías de electrólisis en Argentina; el lanzamiento de convocatorias que contemplen la oferta de aportes no reembolsables para impulsar la investigación y el desarrollo y la puesta en acción de pilotos demostrativos de producción; establecer beneficios fiscales a las inversiones de capital en función de rangos de intensidad de carbono; promover la inversión en proyectos de producción a escala comercial con el apoyo de Bancos Multilaterales de Desarrollo y financiamiento mixto, fomentar la intervención crítica y la participación de la empresa energética nacional y estimular la cooperación internacional con socios líderes y estratégicos en la materia. Estas políticas deberán ir acompañadas del fomento del desarrollo de proveedores locales de

bienes y servicios de la cadena de valor del hidrógeno verde y derivados, apalancándose en la experiencia y know-how de empresas internacionales y eventualmente regionales.

Las políticas de apoyo en la renovación y expansión de la infraestructura integral de la cadena de valor del hidrógeno verde y derivados permitirán superar los obstáculos que plantean las distancias entre las zonas de mayor potencial de producción a escala de hidrógeno verde a costos competitivos y los centros de demanda a nivel doméstico e internacionales. Entre estas políticas se destacan, entre otras, el promover el desarrollo de polos de producción y de exportación en diferentes zonas del país; construir sitios de almacenamiento y distribución de hidrógeno y derivados; favorecer la flexibilidad y las sinergias de la infraestructura compartida; generar proactivamente proyectos de infraestructura de interés común con países limítrofes y entre provincias en el territorio argentino; expandir y modernizar puertos de aguas profundas (con aporte de capital privado); generar acuerdos de cooperación entre puertos de origen y destino de largo plazo, generando corredores marítimos de transporte de hidrógeno verde; y el aprovechamiento de la infraestructura existente relacionada. También, se recomienda la incorporación de los desarrollos de hidrógeno verde y derivados en la planificación de largo plazo -nacional y provincial- de redes de transporte de energía eléctrica.

El acero, el cemento y la industria química son los tres mayores emisores industriales y a su vez se encuentran entre los sectores industriales más complejos de descarbonizar. El hidrógeno verde podría jugar un papel fundamental en dicha descarbonización en el sector industrial. Se propone la elaboración de hojas de ruta de largo plazo de cada uno de estos sectores industriales que incluyan al hidrógeno verde y derivados, cuantificando metas de producción y desarrollos tecnológicos. Otras de las principales políticas de apoyo deberán incluir: impulsar la participación de los productos industriales verdes en los procesos de adquisición de bienes del sector público; fomentar la suscripción de contratos de aprovisionamiento de largo plazo, establecer un Sistema de Comercio de Emisiones aplicable a plantas de producción de acero, cemento y amoníaco, impulsar los créditos financieros a tasas preferenciales para la inversión en capacidad e introducir créditos fiscales a productores. Sujeto a la robustez de la situación fiscal de las cuentas nacionales, introducir mecanismos, como contratos por diferencia, que permitan temporalmente cubrir (total o parcialmente) los costos adicionales de la producción de productos industriales verdes en comparación con los precios de mercado de las alternativas de origen fósil.

En el largo plazo, se debería implementar la eliminación gradual de tecnologías de emisiones de carbono elevadas en industrias carbono intensivas. También, se recomienda introducir mecanismos de ajuste o impuestos adicionales para reducir o eliminar las ventajas competitivas de las importaciones de productos industriales que provengan de instalaciones carbono-intensivas en el extranjero y que puedan presentar menores costos de producción y mayores niveles de emisiones que las instalaciones verdes locales, de manera de enfrentar la asimetría regulatoria y sus efectos en precios.

El uso de hidrógeno como combustible en vehículos puede jugar un papel importante en la descarbonización del sector de transporte terrestre y en el logro de metas de emisiones netas cero hacia mediados de siglo. No obstante, hay todavía cuestiones vinculadas con las tecnologías y procedimientos para producción de hidrógeno, la instalación de eficientes sistemas de almacenamiento y de transporte, así como cuestiones relativas a la infraestructura de carga, que necesitan ser aun perfeccionadas, extendidas y diseminadas.

En el corto a mediano plazo se recomienda focalizar las políticas de soporte en el transporte comercial de carga pesada de larga distancia y en el transporte público.

El transporte marítimo y el transporte aéreo presentan las mayores oportunidades para el desarrollo de demanda de hidrógeno verde y derivados en el sector transporte. Entre las principales políticas de apoyo se recomienda, establecer mandatos de corte mínimo y metas de reducción de emisiones en combustibles, definir especificaciones técnicas a cumplir por los combustibles sintéticos y/o amoníaco verde, validadas por normas IRAM, impulsar la implementación de cargos diferenciales en puertos, para buques que carguen combustibles fósiles, impulsar los créditos

a tasas preferenciales para la inversión en capacidad e introducir créditos fiscales a aerolíneas, navieras y empresas de amarre.

Por otro lado, **se recomienda autorizar el uso de hidrógeno y amoníaco verdes para co-combustión en generación eléctrica e hidrógeno verde para mezcla en distribución de gas natural.** La definición de metas de co-combustión de mediano y largo plazo en generación eléctrica en turbinas de gas, como ya han realizado otros países varios, brindará visibilidad y certidumbre para futuros desarrollos. Otras políticas sugeridas implican establecer un Sistema de Comercio de Emisiones que sea aplicable a plantas de generación eléctrica y la introducción de mecanismos de *feed-in tariffs*, para dar estímulo al crecimiento de la producción de amoníaco verde a partir de la electricidad generada en base a hidrógeno y/o amoníaco. En relación al *gas-blending*, se deberán realizar estudios y pruebas operativas, y evaluar y luego escalar las mezclas de hidrógeno verde en las redes de distribución de gas natural implementando cuotas mínimas y máximas de mezcla.

Si bien al 2030 el desarrollo del H2V se estima será probablemente aún incipiente, y por ende su contribución a la reducción de emisiones netas, en el largo plazo podría representar un aporte significativo en emisiones evitadas.

En la dirección de las tendencias regionales y globales, se recomienda incluir explícitamente acciones de mitigación con metas físicas concretas relacionadas al desarrollo del H2V, y también de PtX, en próximas versiones y/o actualizaciones de la NDC de Argentina.

Del relevamiento de las NDC de una muestra de países de América Latina y el Caribe se ha identificado que 7 países sobre un total de 17 (41%) incluyen ya una mención explícita al hidrógeno verde, o de bajas emisiones en sus NDC. En países de otras regiones del mundo como Emiratos Árabes Unidos, Estados Unidos, Canadá y Australia, también se identificaron ejemplos de menciones al hidrógeno verde en las NDC o sus actualizaciones. Se espera que en próximas actualizaciones de NDC, cada vez más países de la región y del mundo incluyan al desarrollo del hidrógeno verde y PtX entre sus medidas de mitigación, y que, a la vez, el hidrógeno verde gane participación en su contribución a la reducción de emisiones.

Asimismo, se entiende que se deben desarrollar propuestas de acciones de mitigación para el Plan Nacional de Adaptación y Mitigación, ELP o Planes Nacionales sectoriales de CC, así como acciones relacionadas para habilitar la mitigación a partir del hidrógeno verde incluyendo:

- Hojas de ruta
- Desarrollo de infraestructura
- Marco regulatorio, etiquetado y normas técnicas
- Mecanismos financieros y fiscales
- Desarrollo de mercado
- Cooperación internacional y alianzas de largo plazo

En cuanto a la estrategia de financiamiento climático para el desarrollo de la cadena del H2V y derivados, se recomienda que sea focalizada en fuentes de financiamiento como Bancos Multilaterales de Desarrollo (priorizando BID, Banco Mundial, CAF), Fondos Climáticos Multilaterales (CIF, GCF), Agencias y Banca Bilateral de Desarrollo (EU LACIF, KfW, GIZ), Fondos y Programas Internacionales específicos de H2V (*H2 Global* y *PtX Development Fund* de Alemania, Programa de Apoyo Financiero JCM de Japón, otros), mediante la utilización de mecanismos e instrumentos de fijación de Precios de Carbono (ETS, impuestos al carbono) y fuentes de financiamiento privadas y mixtas incluyendo emisiones privadas de bonos verdes en los mercados de capitales. Esta estrategia se encuentra alineada a aquella establecida en la Estrategia Nacional de Financiamiento Climático Internacional (ENFCI, 2023) de Argentina.

Entre los beneficios que resultarán del desarrollo de la cadena de valor del hidrógeno verde y sus derivados, pueden identificarse, a priori:

- ▷ el desarrollo regional y la eventual reducción de los desequilibrios existentes entre los distintos núcleos productivos provinciales,
- ▷ el fortalecimiento de la actividad industrial nacional y la modernización de las estructuras productivas instaladas,
- ▷ la reducción de costos en algunos complejos industriales claves;
- ▷ en ciertos casos, también facilitará la modernización de los activos de capital ya en operaciones, en algunos sectores industriales vinculados al desarrollo de la cadena de valor bajo análisis,
- ▷ la creación de empleo,
- ▷ la diversificación productiva,
- ▷ el aumento de la competitividad internacional de la economía nacional, a través del progreso tecnológico,
- ▷ la generación de nuevos excedentes exportables distintos de los tradicionales, revirtiendo procesos previos de reprimarización de las exportaciones
- ▷ la profundización de las capacidades técnicas nacionales y subnacionales,
- ▷ el fortalecimiento del sistema científico-tecnológico en áreas críticas,
- ▷ el afianzamiento y la consolidación de cadenas modernas de proveedores,
- ▷ la consolidación de asociaciones estratégicas y comerciales con países más desarrollados, y
- ▷ el acceso a tecnologías innovadoras, a la vez que al financiamiento climático.

Está claro, como se desprende de la extensa lista de beneficios y ventajas enunciada más arriba, que el desarrollo de la cadena de valor del hidrógeno podría producir sustanciales beneficios para la economía nacional que, en síntesis, originarían una mejora de la competitividad internacional, una modernización y robustecimiento de la economía, en particular del entero complejo industrial, el incremento y la diversificación de las exportaciones del país, a la vez que la reducción de los flujos de importaciones, y la disminución de los costos internos de producción en complejos económicos claves para el desarrollo nacional, como el de la agricultura dada su contribución en la matriz productiva.

Asimismo, se producirán co-beneficios sociales y ambientales que no son por cierto desdeñables, asociados a la generación de empleo y la capacitación de la mano de obra, la reducción del desequilibrio regional, la mejora de las condiciones para fortalecer el arraigo local y provincial, y la preservación de los ecosistemas, en conjunto con el cumplimiento de compromisos ambientales de alto valor estratégico.

Bibliografía

- Abeysinghe, A. Seven Key Elements for a Successful Long-term Climate Strategy (LTCS). IISD
- Agora (2021), 12 insights on hydrogen, Agora Energiewende and Agora Industry, www.agora-energiewende.de/en/publications/12-insights-on-hydrogen-publication/.
- Agora Energiewende (2021c), “Making renewable hydrogen cost-competitive: Policy instruments for supporting green H2”, www.agora-energiewende.org.
- Air Transport Action Group (2022). ‘Facts and Figures’. Available online.
- Åhman, M. (2020), “Perspective: Unlocking the ‘hard to abate’ sectors”,
- Armijo, J. and C. Philibert. (2020), “Flexible production of green hydrogen and ammonia from variable solar and wind energy: Case study of Chile and Argentina”, *International Journal of Hydrogen Energy*, Vol. 45, Issue 3, pp. 1541–1558, Elsevier Ltd
- Arrowsmith, S., Lee, D. S., Owen, B., Faber, J., van Wijngaarden, L., Boucher, O., Celikel, A., Deransy, R., Fuglestvedt, J., Laukia, J., Lund, M. T., Sausen, R., Shaefer, M., Skowron, A., Stromatas, S. and A. Watt. (2020). Update on the non-CO₂ climate impacts of aviation and potential policy measures pursuant to the EU Emissions Trading System Directive Article 30(4). EASA, Cologne (2020)
- Banco Interamericano de Desarrollo et al. (2023). Unlocking Green and Just Hydrogen in Latin America and the Caribbean. Tomado de: <https://publications.iadb.org/en/unlocking-green-and-just-hydrogen-latin-america-and-caribbean>
- Bataille, C. et al. (2021), Global Facility Level Net-Zero Steel Pathways: Technical Report on the First Scenarios of the Net-Zero Steel Project, Institute for Sustainable Development and International Relations, Paris,
- Bataille, C. G. F. (2020), “Physical and policy pathways to net-zero emissions industry”, *WIREs Climate Change*, Vol. 11/2,
- Blanck, Thomas K., (2019). “The Disruptive Potential of Green Steel”. Boulder, CO: Rocky Mountain Institute, September 2019
- BMZ (German Federal Ministry for Economic Cooperation and Development). 2016. “Global Partnership for the Implementation of Nationally Determined Contributions (NDCs)—NDC Partnership.” [NDC_Partnerschaft_Infosheet_COP22](https://www.bmz.de/SharedDocs/Infopages/Infopage_NDC_Partnerschaft_Infosheet_COP22.pdf?__blob=publicationFile)
- BNEF (2021), “Decarbonizing steel: Technologies and costs”.
- Bogdanov, D., M. Child and C. Breyer (2019), “Reply to ‘Bias in energy system models with uniform cost of capital assumption’”. *Nature Communication*, Vol. 10, 4587
- Campiglio, E. Beyond carbon pricing: The role of banking and monetary policy in financing the transition to a low-carbon economy. *Ecol. Econ.* 121, 220–230 (2016).
- Carlino (2016). El Acuerdo de París y sus Implicaciones para América Latina y el Caribe. PNUMA y Euroclima. https://www.uncclearn.org/wp-content/uploads/library/acuerdo_de_paris_-_implicaciones_en_alc_-_estudio_1.pdf
- Carney, M. (2021). Clean and Green Finance. *Finance & Development*, September 2021. IMF
- Collins, L. (2021), “Green hydrogen now cheaper to produce than grey H2 across Europe due to high fossil gas prices”,
- CPI (2023). <https://www.climatepolicyinitiative.org/publication/global-landscape-of-climate-finance-2023/>
- CSIS (2021a), Hydrogen Economy Roadmap of Korea, Center for Strategic and International Studies,

- CSIS (2021b), Japan's hydrogen industrial strategy, Center for Strategic and International Studies
- Deloitte, 2023. Steel: Pathways to decarbonization.
- De Sisternes J., J. Fernando and C.P. Jackson (2020), Green Hydrogen in Developing Countries, World Bank Group, Washington, D.C
- Devine-Wright, P. (2022). Decarbonisation of industrial clusters: a place-based research agenda
- Egli, F., B. Steffen, B. and T.S. Schmidt (2019), Bias in energy system models with uniform cost of capital assumption. Nature Communication, Vol. 10, 4588 Energy Res. Soc. Sci.
- Energy Transition Commission (2021), Making the Hydrogen Economy Possible: Accelerating Clean Hydrogen in an Electrified Economy, The Making Mission Possible Series, ETC
- European Commission (2020a), A hydrogen strategy for a climate-neutral Europe, 8 July, Brussels,
- Fan, Z. and S. J. Friedmann (2021), "Low-carbon production of iron and steel: Technology options, economic assessment, and policy", Joule, Vol. 5, Issue 4, pp. 829–862, Elsevier,
- Fasteau, Marc and Ian Fletcher, Industrial Policy for the United States: Winning the International Competition for Good Jobs and High-Value Industries, Cambridge: Cambridge University Press, 2024.
- Field, R. A., and R.G. Derwent (2021). "Global warming consequences of replacing natural gas with hydrogen in the domestic energy sectors of future low-carbon economies in the United Kingdom and the United States of America", International Journal of Hydrogen Energy, Vol. 46, No. 58, pp. 30190-30203.
- Fokeer, Smeeta & Bianco, Emanuele & Strohmaier, Rita & Sievernich, Jan & Melnikov, Yury & Stamm, Andreas & Heredia, Andrea & Nunez, Almudena. (2024). GREEN HYDROGEN FOR SUSTAINABLE INDUSTRIAL DEVELOPMENT: A POLICY TOOLKIT FOR DEVELOPING COUNTRIES. 10.13140/RG.2.2.21621.14568. <https://www.unido.org/sites/default/files/unido-publications/2024-02/Green%20hydrogen%20for%20Sustainable%20Industrial%20Development%20A%20Policy%20Toolkit%20for%20Developing%20Countries.pdf>
- Ghosh, A. and S. Chhabra (2021). Speed and Scale for Disruptive Climate Technologies: Case for a Global Green Hydrogen Alliance, GCF-CEEW Report, Global Challenges Foundation, Stockholm.
- GIZ (German Ministry for International Cooperation). (2017). "Sectoral Implementation of Nationally Determined Contributions (NDCs): Overview."
- Gobierno de Argentina (2020). Actualización NDC 2020. https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/2020/12/actualizacion_meta_de_emisiones_2030.pdf
- Gobierno de Argentina (2020). Segunda NDC 2020. https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/segunda_contribucion_nacional_final_ok.pdf
- Gobierno de Argentina (2021). Estrategia de Largo Plazo 2021. https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/estrategia_de_desarrollo_resiliente_con_bajas_emisiones_a_largo_plazo_2050.pdf
- Gobierno de Argentina (2022). Plan Nacional de Adaptación y Mitigación al Cambio Climático 2022. https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/pnaymcc_2022_-_vf_resol.pdf
- Gobierno de Argentina (2022). Plan Nacional de Adaptación y Mitigación al Cambio Climático 2022. <https://www.argentina.gob.ar/ambiente/cambio-climatico/plan-nacional>
- Gobierno de Chile (2020), "Estrategia Nacional De Hidrógeno Verde [National Green Hydrogen Strategy]", November
- Government of Australia (2021), "Future hydrogen industry to create jobs, lower emissions and boost regional Australia"
- Government of Canada (2020), Canada's Hydrogen Opportunity, p. 86.

Graver, B., Rutherford, D. and S. Zheng (2020). CO2 emissions from commercial aviation 2013, 2018, and 2019. ICCT, Washington (2020)

Griffiths, S. (2021). Industrial decarbonization via hydrogen: a critical and systematic review of developments, socio-technical systems and policy options. Energy Res. Soc. Sci.

Hydrogen Council (2021), Hydrogen for Net Zero: A Critical Cost-Competitive Energy Vector.

Hydrogen Council (2023). Hydrogen Insights May 2023. Hydrogen Council, McKinsey & Company

IEA (2018). "Technology Roadmap — Low-Carbon Transition in the Cement Industry," International Energy Agency. April 2018.

IEA (2020), The Challenge of Reaching Zero Emissions in Heavy Industry, IEA, Paris.

IEA (2020). Energy Technology Perspectives 2020," International Energy Agency.

IEA (2021). International Energy Agency, Paris. 2021. Available online: <https://www.iea.org/reports/aviation>

IEA (2022). Iron and Steel, Report. Paris, France.

IEA (2023), Global Hydrogen Review 2023, IEA, Paris <https://www.iea.org/reports/global-hydrogen-review-2023>, License: CC BY 4.0

IEA (2023), Net Zero Roadmap: A Global Pathway to Keep the 1.5 °C Goal in Reach, IEA, Paris <https://www.iea.org/reports/net-zero-roadmap-a-global-pathway-to-keep-the-15-0c-goal-in-reach>, Licence: CC BY 4.0

IEA, Global hydrogen demand in the Net Zero Scenario, 2022-2050, IEA, Paris <https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/global-hydrogen-demand-in-the-net-zero-scenario-2022-2050> , IEA. Licence: CC BY 4.0

International Air Transport Association (IATA) (2020). IATA 20-year air passenger forecast. Montreal, QC, Canada.

IMO. (2020). Fourth IMO GHG study. IMO.

IPCC (2022). Climate change 2022: Mitigation of Climate Change. Working Group III Contribution to the IPCC Sixth Assessment Report. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA.

IPCC, (2021), Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. <https://www.ipcc.ch/2021/08/09/ar6-wg1-20210809-pr/>

IPCC (2018). Global warming of 1.5°C. V. Masson-Delmotte, H.-O. Pörtner, J. Skea, P. Zhai, D. Roberts, P.R. Shukla, A. Pirani, R. Pidcock, Y. Chen, E. Lonnoy, W. Moufouma-Okia, S. Connors, X. Zhou, T. Maycock, M. Tignor, C. Pean, J.B.R. Matthews, M.I. Gomis, T. Waterfield. IPCC.

IRENA (2020a), Green Hydrogen Cost Reduction: Scaling up Electrolysers to Meet the 1.50C Climate Goal, IRENA, Abu Dhabi.

IRENA (2020), Green Hydrogen: A guide to policy making, International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2020/Nov/IRENA_Green_hydrogen_policy_2020.pdf?rev=c0cf115d8c724e4381343cc93e03e9e0.

IRENA (2021), A pathway to decarbonise the shipping sector by 2050, IRENA, Abu Dhabi.

Japan Ministry of Environment (2020), Summary of Japan's hydrogen strategy,

Joint Economic Committee, U.S. Congress, Monetary Policy, Selective Credit Policy and Industrial Policy in France, Britain, West Germany and Sweden, A Staff Study, Washington: GPO, 1981.

Lenton, T.M., Armstrong McKay, D.I., Loriani, S., Abrams, J.F., Lade, S.J., Donges, J.F., Milkoreit, M., Powell, T., Smith, S.R., Zimm, C., Buxton, J.E., Bailey, E., Laybourn, L., Ghadiali, A., Dyke, J.G., (eds), (2023). The Global Tipping Points Report 2023. Exeter.

Lindstad, E., Lagemann, B., Riialand, A., Gamlem, G., & Valland, A. (2021). Reduction of maritime GHG emissions and the potential role of E-fuels. Pergamon.

Longden, T., et al. (2022), “‘Clean’ hydrogen? – Comparing the emissions and costs of fossil fuel versus renewable electricity based hydrogen”, Applied Energy, Vol. 306, Part B, 118145

Lovins, A. (2021a), “Profitably decarbonizing heavy transport and industrial heat: transforming these ‘harder- to-abate’ sectors is not uniquely hard and can be lucrative”, RMI Innovation Center, Basalt, CO, Mäkitie, T.; Steen, M. The energy sector: An industrial perspective on energy transitions. In Handbook of Industrial Development; Bianchi, P., Labory, S., Tomlinson, P.R., Eds.; Edward Elgar Publishing: Glos, UK, 2023.

Mazzucatto, Mariana, Mission Economy: A Moonshot Guide to Changing Capitalism, London: Allen Books, 2021.

MECON (2023). Estrategia Nacional de Financiamiento Climático Internacional para la República Argentina https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/estrategia_nacional_de_financiamiento_internacional_para_la_republica_argentina.pdf

Meldrum, M., Pinnell, L., Brennan, K., Romani, M., Sharpe, S., Lenton, T., 2023. The Breakthrough Effect: How to trigger a cascade of tipping points to accelerate the net zero transition 1–44.

METI (2017), Basic hydrogen strategy, Ministry of Economy, Trade and Industry, Government of Japan, 26 December

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de Argentina (2022). Estrategia de desarrollo resiliente con bajas emisiones a largo plazo a 2050.

MAYDS. 2023. Quinto Informe Bienal de Actualización de Argentina a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC). <https://unfccc.int/sites/default/files/resource/5to%20Informe%20Bienal%20de%20Actualizaci%C3%B3n%20de%20la%20Rep%C3%ABlica%20Argentina.pdf>

MAYDS. 2022. Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero: Argentina 2021. <https://inventariogei.ambiente.gob.ar/files/Booklet%20INGEI%202022%20digital.pdf>

Ministerio de Energía, Gobierno de Chile (2020). Estrategia Nacional Hidrógeno Verde https://energia.gob.cl/sites/default/files/estrategia_nacional_de_hidrogeno_verde_-_chile.pdf

Ministerio de Minas y Energía de Brasil (2023). Programa Nacional de Hidrógeno (PNH2). <https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/noticias/PlanodeTrabalhoTrienalPNH2.pdf>

Nichols, Hans, “Biden’s 2024 Goody Bags: Laws Pump Billions into Republican and Swing States,” Axios, April 5, 2024.

OECD, 2012. OECD Environmental Outlook to 2050. OECD Publishing, pp. 72e135.

OIES (2024). Hydrogen for the ‘low hanging fruits’ of South America: Decarbonising hard-to-abate sectors in Brazil, Argentina, Colombia, and Chile. Mayo 2024. <https://www.oxfordenergy.org/wpcms/wp-content/uploads/2024/05/ET33-Hydrogen-for-the-%E2%80%98low-hanging-fruits-of-South-America.pdf>

Our World in Data. Climate Change and Flying: What Share of Global CO2 Emissions Come from Aviation?

Overland (2019). The GeGaLo index: geopolitical gains and losses after energy transition. Energy Strateg. Rev.

Piria, R. et al. (2021), "Critical review of the IPHE working paper 'Methodology for determining the GHG emissions associated with the production of hydrogen'", Adelphi and Öko Institut e.V.,

PwC (2024). Fulfilling the potential of green hydrogen, April 2024. <https://www.pwc.com/gx/en/issues/esg/the-energy-transition/sustainable-energy-infrastructure/fulfilling-green-hydrogens-potential.html>

R. Vakulchuk et al. (2020). Renewable energy and geopolitics: a review. *Renew. Sust. Energ. Rev.*

Rodrik, Dani, "A New Paradigm for Economic Policy and the Role of Mainstream Economics," *Post-Neoliberalism*, November 28, 2023.

Searle, S.; Pavlenko, N.; Kharina, A.; Giuntoli, J. (2019). Long-Term Aviation Fuel Decarbonization: Progress, Roadblocks, and Policy. Opportunities; International Council on Clean Transportation: Washington, DC, USA, 2019.

Secretaria de Asuntos Estratégicos de la Presidencia de la Nación de Argentina (2023). Estrategia Nacional para el Desarrollo de la Economía del Hidrógeno https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/2023/07/estrategia_nacional_de_hidrogeno_-_sae.pdf

Seto, K.C, Davis, S.J., Mitchell, R.B., Stokes, E.C., Unruh, S.G. and D. Ürge-Vorsatz, (2016). Carbon lock-in: types, causes, and policy implications. *Annu. Rev. Environ. Resour.*, 41 (2016), pp. 425-452.

Stokes, Bruce (2024). EU-US relations after the Inflation Reduction Act, and the challenges ahead. European Parliament. Study. EPRS | European Parliamentary Research Service.

The Royal Society (2020). "Ammonia: zero-carbon fertiliser, fuel and energy store,". London: The Royal Society, February 19, 2020.

UNDP (2018). *Climate Action with Tomorrow in Mind*.

UNFCCC. <https://unfccc.int/topics/global-stocktake>

Van de Graaf, T. (2020). The new oil? The geopolitics and international governance of hydrogen Energy Res. Soc. Sci.

Van de Graaf, T. and B.K. Sovacool (2020), *Global Energy Politics*, John Wiley & Sons.

WEC (2021), "National hydrogen strategies", World Energy Council, London.

World Business Council for Sustainable Development (WBCSD) (2023), "Policy strategies to grow decarbonized hydrogen demand: Sector-specific recommendations" <https://www.wbcsd.org/Pathways/Energy/Resources/Policy-strategies-to-grow-decarbonized-hydrogen-demand-Sector-specific-recommendations>

World Energy Council (2021), *Hydrogen on the horizon: Hydrogen demand and cost dynamics*, World Energy Council, September 2021.

World Resources Institute. What is a Long-term Strategy? <https://www.wri.org/climate/long-term-strategies/what-is-long-term-strategy#:~:text=In%20the%20context%20of%20the,%2Dterm%20low%2Dmission%20development>.