

Prospectiva del hidrógeno: escenarios sustentables y agenda de I & D de largo plazo

Por **A. Roque Pedace** y **Darío Gabriel Codner**

Universidad de Buenos Aires, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales

En el siguiente trabajo técnico, presentado en el Primer Congreso Nacional: Hidrógeno y Fuentes Sustentables de Energía, se hace una revisión de los escenarios mundiales integrados que han incluido la penetración de H₂ en la matriz energética. Se definen criterios de sustentabilidad y se seleccionan los escenarios que los satisfacen. En particular, se estudia la relación de la dinámica del H₂ con la penetración del gas natural en la matriz energética y la integración regional de las redes eléctrica y de gas natural. También se analizan los horizontes temporales para la realización de nichos de demanda de H₂ como combustible en generación y transporte y como insumo industrial, así como la evolución tecnológica de distintos procesos de producción de H₂. Se discute la viabilidad de distintas opciones en función de las características de los escenarios y las condiciones particulares de la matriz de producción centralizada/descentralizada, fuentes fósiles y no fósiles. En base a las hipótesis generadas se discuten estrategias óptimas de I & D para los distintos escenarios y para el manejo en el largo plazo de las incertidumbres asociadas.



Introducción

En las últimas décadas, los escenarios han sido utilizados con frecuencia creciente en los estudios prospectivos de tecnologías energéticas. Los métodos para su construcción pueden diferir pero una definición generalmente aceptada es que se trata de visiones del futuro coherentes internamente y reproducibles. El mérito principal del enfoque es el de presentar un mejor manejo de las incertidumbres al compararse diversos escenarios generados con este propósito. Los mismos no tienen la pretensión de ser más o menos probables uno que el otro, a modo de pronóstico, sino de dar transparencia al proceso de toma de decisión.

En procesos de largo plazo, como el de las sustituciones en la matriz energética, la imposibilidad de asignar probabilidades de ocurrencia a fenómenos relevantes inviabiliza el uso de la optimización estocástica para proyectar el futuro. Es posible, en cambio si se determinan algunas características del futuro en cada escenario, hacer análisis de sensibilidad sobre distribuciones más plausibles y manejar un número finito de interrelaciones.

Estos escenarios pueden apartarse radicalmente de las tendencias prevalecientes e incorporar novedades y discontinuidades a la secuencia de sucesos, de acuerdo con una línea argumental (*storyline*). Una de las transformaciones de los sistemas cuya trayectoria puede describirse es precisamente el cambio tecnológico radical, como es el caso de la introducción de H₂ como vector energético.

Entre los escenarios normativos –esto es, con criterios deseables– se encuentran los de desarrollo sustentable. En particular se han desarrollado diversas líneas argumentales para el Panel Intergubernamental de Cambio Climático (PICC) que incluyen explícitamente en mayor o menor medida criterios de sustentabilidad. Los escenarios de la Agencia Internacional de la Energía (AIE), por el contrario, son mucho más limitados en cuanto a las restricciones. Sin embargo, tanto IIASA (Instituto Internacional para el Análisis de Sistemas Aplicados) como AIE han presentado escenarios con restricciones a las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI). En este trabajo se intenta analizar lo provisto por escenarios internacionales como condiciones de contorno para la elaboración de escenarios energéticos y propuestas de políticas de investigación, desarrollo y difusión coherentes con ellos. El análisis se restringe a las áreas relevantes para la prospectiva del H₂.

Escenarios internacionales

Escenarios IIASA

IIASA ha generado unos cuatrocientos escenarios energético-económico-ambientales (E3) por el trabajo realizado para el PICC, la base conocida como SRES.¹ Las variables clave son: emisiones de CO₂, emisiones específicas por unidad de energía producida, energía primaria total, energía consumida por unidad de producto, producto bruto mundial, población mundial y tasa de crecimiento del producto bruto mundial. Los escenarios E3 pueden clasificarse en:

- a) de desarrollo sustentable: son escenarios normativos que procuran la equidad. Las emisiones de CO₂ que a fines del siglo XXI son similares o menores a las actuales, evitan la acidificación y la desertificación y mantienen una relación reservas/producción de vectores energéticos agotables similar a lo largo del tiempo. Aunque no incluyen políticas específicamente destinadas a mitigar emisiones de CO₂, la desmaterialización de la economía y la entrada de tecnologías limpias llevan finalmente a una economía basada en H₂. Entre los escenarios sustentables se hallan el Post fósil (PF), caracterizado por la entrada de tecnologías descentralizadas y libres de carbono (como generación fotovoltaica). Otros escenarios plantean la transición a H₂ basada en la infraestructura de gas natural y los más optimistas en cuanto a tecnologías ilustran el salto directo a la economía del H₂.
- b) de mitigación: escenarios normativos que procuran que la concentración de CO₂ atmosférico no exceda un determinado valor (el más frecuente es de 550ppm, esto es aproximadamente el doble de la concentración preindustrial). La restricción conduce a un aumento de costos en la oferta energética y, a su vez, reduce la demanda de la misma. Se supone que las reducciones se implementan donde sea más barato, independientemente del lugar geográfico, lo cual implica un régimen mundial a tal efecto (por ejemplo, comercio de emisiones).
- c) escenarios de alto impacto: son todos aquellos que no son a o b. Incluye los escenarios de base (tendencial), los cuales se utilizan para compararlos con los normativos y los exploratorios. Estos escenarios de no intervención resultan ser no sustentables. En este grupo se

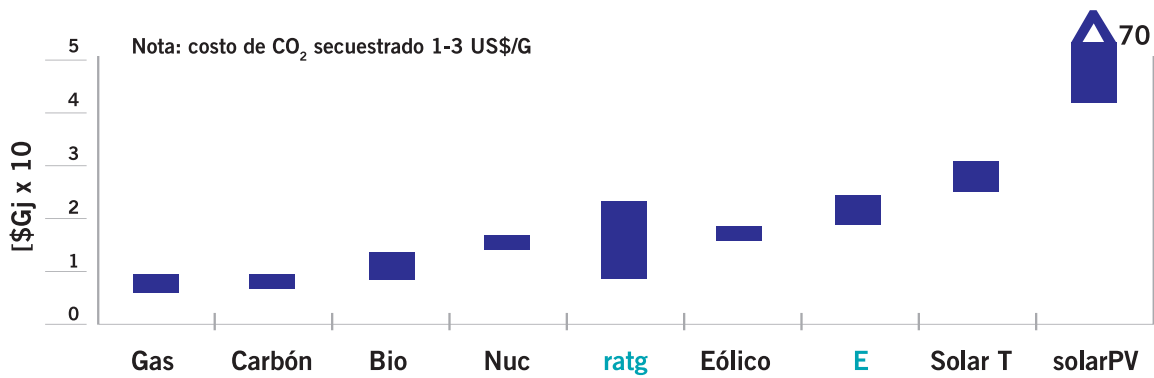


Figura 1. Costos de producción de H₂ en 2020 de distintas fuentes primarias. Gas y carbón incluyen secuestro de CO₂; Bio: biomasa; Nuc: por electrólisis a partir de nuclear; ratg: reactor de alta temperatura refrigerado a gas, cogeneración; eólico: en tierra; E: eólico costa afuera, ambos por electrólisis; SolarT (térmico) y solarPV: ambos por electrólisis.³

hallan los escenarios con mayores emisiones y no lo analizaremos en detalle en este trabajo.

En términos generales, la producción de H₂ por fuentes no fósiles tiende a crecer con el tiempo en todos los escenarios. En la mayoría de ellos, el gas natural reformado aumenta durante la transición y en los sustentables, fuentes no fósiles, en especial la energía solar, son las más importantes después de 2050, aunque en algunos como PF comienzan desde 2020.

Hacia el año 2030 y hasta 2050, las celdas de combustible alimentadas con fósiles son más importantes en los escenarios de mitigación y las de H₂ en los escenarios de desarrollo sustentable. La explicación está dada por el secuestro de las emisiones de CO₂ en los primeros.

Aparece un patrón de sustitución común en todos los escenarios en los que H₂ predomina: el grupo de tecnologías *cluster* de gas natural comienza a ser reemplazado por el de H₂ cuando llega aproximadamente el 25% de la energía primaria total. Esto ocurre después de 2030 e incluye sinergias estructurales como el reformado de gas y la mezcla de H₂ y gas natural en gasoductos. El uso del carbón es muy limitado en estos escenarios, inclusive al contar con el secuestro de CO₂.

Los escenarios de mitigación considerados son los de 550ppm. Algunos pueden incluir el secuestro como la forma más importante de mitigación, en particular cuando hay síntesis de combustibles sintéticos que incluyen H₂. Sin embargo, esto ocurre de manera significativa sólo después del año 2030 en todos los casos. Es importante señalar que el modelo está regionalizado y que las respuestas divergen progresivamente en el tiempo según el lugar. Esto vale tanto para la adopción de H₂ como para la de otros vectores alternativos, como biocombustibles, y responde entre otras razones a la dotación de recursos de cada región.

El escenario PF (ver introducción), uno de los de más alto crecimiento, muestra la entrada relevante de H₂ sólo a partir de la segunda mitad del siglo.

Escenario AIE

La AIE ha desarrollado una familia de escenarios utili-

zando el modelo MESSAGE, que también es el que adoptan los escenarios SRES del PICC. El horizonte temporal es 2050 a diferencia de los de IIASA, que llegan hasta 2100. Tres son exploratorios y un cuarto normativo, el de la visión de desarrollo sustentable.²

En el exploratorio más dinámico, H₂ aparece con vigor después del año 2030 aunque celdas de combustible utilizando fósiles se desarrollan rápidamente desde 2015. La generación descentralizada por reformado de gas natural puede ser la opción más apropiada en muchos casos. En otros se requerirán plantas centralizadas de gran escala y, a partir de 2040, el secuestro de carbono, sobre todo en el caso de usar carbón o coque, que serían más económicos que el gas natural. En aquellos casos en que la energía nuclear predomine, el uso de electricidad en los valles también sería una opción.

En el normativo se requiere el avance de tecnologías eficientes de almacenamiento y captura y secuestro de CO₂. Los autores sugieren hacer un análisis del ciclo de vida de las opciones, que incluyen renovables y reactores nucleares de alta temperatura, energía solar para el reformado de gas natural, para elucidar cuál sería la apuesta más apropiada en términos energéticos, económicos y ambientales.

Recientemente la AIE también ha producido escenarios con el ETP *Model*, en particular para evaluar la entrada de captura y almacenamiento de CO₂,³ que incluye diversos módulos para energías renovables, nuclear, captura y almacenamiento. Debido al aprendizaje tecnológico, hacia el año 2020 los costos de producción de H₂ de diversas fuentes (figura 1) serían competitivos en varios nichos de los escenarios considerados. Los más atractivos sin duda son los que tienen penalizaciones para las emisiones de CO₂. En la figura 2 se considera el impacto de la variación del costo de tonelada de CO₂ en la difusión del secuestro del mismo, tanto en las proyecciones AIE como en los escenarios tecnológicos ETP (*Exclusion-Tolerance-Progression*) (GLO25 y GLO50). El crecimiento es rápido a partir de 2020.

En todos los escenarios AIE considerados H₂ tiene un rol importante, lo cual indica que es una opción robusta.

Evolución de las tecnologías en los escenarios

El modelo MESSAGE utilizado por IIASA no endogeniza el aprendizaje tecnológico, esto es, los costos no decaen exponencialmente según la producción acumulada de cada tecnología. La evolución de los mismos se hace con una base de datos de más de cuatrocientas tecnologías según la línea argumental de cada escenario, por lo cual responde en alguna medida a la dinámica de la tecnología como lo hacen las curvas de aprendizaje.

De modo similar, la base de datos del modelo MARKAL usado por la AIE en los escenarios ETP contiene 1500 tecnologías presentes y en emergencia, cuya reducción progresiva de costos se describe exógenamente. Esto es comprensible, ya que en muchos casos sólo existen pocos ejemplos de la tecnología o bien sólo aparecieron recientemente. Esto es, no hay base empírica para poder trazar las curvas y obtener la tasa de aprendizaje. Ocurre así con la mayoría de las tecnologías del grupo del H₂, con excepciones como el reformado de gas y la electrólisis, ya maduras.

Una de las tecnologías que más depende de la producción conjunta de combustibles sintéticos y electricidad es la de secuestro de carbono. Según los escenarios del AIE caerían no menos de un tercio en la primera mitad de este siglo, inclusive en condiciones favorables como alta restricción de emisiones, si plantas del tipo FuturGEN no se realizasen. Como se muestra en la figura 3,³ a partir de 2025 ésta sería la opción fósil de mayor crecimiento.

La base de datos de IIASA, por su parte, presenta una evolución favorable de los costos de celdas de combustible a hidrógeno y aun mejor en cuanto a los costos de producción de H₂. Hacia el año 2050, los mismos son muy similares para fósiles, biomasa y electricidad no fósil (sin contar el costo de la materia prima), 1,3 a 3,2us\$1990/GJ, mientras que para las fuentes nuclear avanzada y solar se ubican entre 3,4 y 10,3us\$1990/GJ. Compiten favorablemente con los costos de generación de electricidad de las fuentes respectivas. En un horizonte más cercano –2020–, AIE ubica los costos de producción con secuestro en valores ya competitivos con combustibles fósiles y biomasa como segundo mejor (figura 2), incluyendo en este caso los costos de la materia prima. Los modelos no describen la distribución del H₂, aunque se hacen estimaciones de los costos para los escenarios. En términos generales, se considera que es más probable la entrada de celdas de H₂ como fuentes estacionarias que para usos de transporte. Entre otras razones, por la incertidumbre sobre la competitividad respecto de otras opciones tecnológicas, como se ve en la figura 4. La diferencia en costos operativos con los híbridos y con combustibles alternativos es muy pequeña como para justificar las inversiones en infraestructura necesarias.

Escenarios nacionales

En 1997 el gobierno argentino publicó el estudio de Mitigación de GEI⁵ como parte de la primera comunicación nacional sobre cambio climático. El escenario de mitigación incluía la entrada de H₂ en el año 2010 en el sector transporte (0,8%) y llegaba hasta el 2,5% en 2020. La mayor penetración (3,1%) se daba en el subsector transporte urba-

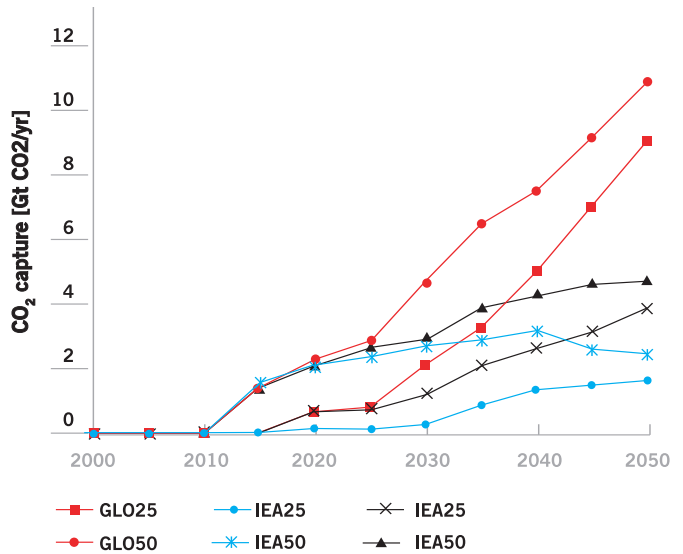


Figura 2. Captura de CO₂ en función de la penalización de emisiones (ver texto).

no de pasajeros. No se discutía en detalle sobre la producción y distribución del H₂ tanto como sobre su uso final en el sector. Presenta una visión optimista de la difusión tanto si se compara con los escenarios internacionales como con las tecnologías que podrían competir con H₂ en la Argentina, como las de biocombustibles.

Un trabajo específico de G. Nadal sobre opciones técnicas alternativas de uso improbable hasta 2010 en el transporte puede considerarse complementario de este proyecto del IDEE/FB (Instituto de Desarrollo Energético Fundación Bariloche). Fue utilizado en un estudio energético del conurbano bonaerense donde se discuten las posibles aplicaciones de H₂ al transporte urbano, aunque las descarten hasta 2010, año horizonte del trabajo.⁷

Más recientemente, otro investigador del IDEE ha ampliado la proyección hasta 2025.⁸ Aunque no aparece el H₂ en la matriz de ese año, el autor destaca que connota un área de investigación promisoría. Otra proyección hasta igual fecha es la del grupo de Prospectiva de la Comisión Nacional de Energía Atómica (CNEA) que si bien incluye el estudio de la matriz de energía primaria se centra solamente en la generación eléctrica. No menciona el uso de H₂, por cuanto tanto este estudio como el anterior no presentan escenarios de mitigación. Esta ausencia es esperable. La prospectiva de los organismos oficiales de corto plazo tampoco incorpora H₂. En términos generales se puede decir que los estudios citados no construyen una línea argumental explícita que corresponda a un escenario de sustentabilidad, aunque presenten opciones de mitigación en el escenario alternativo.⁷ Los horizontes son relativamente cortos para analizar la introducción de H₂ si se los compara con los internacionales y no se incluye la dinámica de la tecnologías en el modelo.

Elementos para una discusión sobre escenarios para la inclusión de H₂

- Como muestra la experiencia internacional en escenarios, la introducción de H₂ está relacionada con un

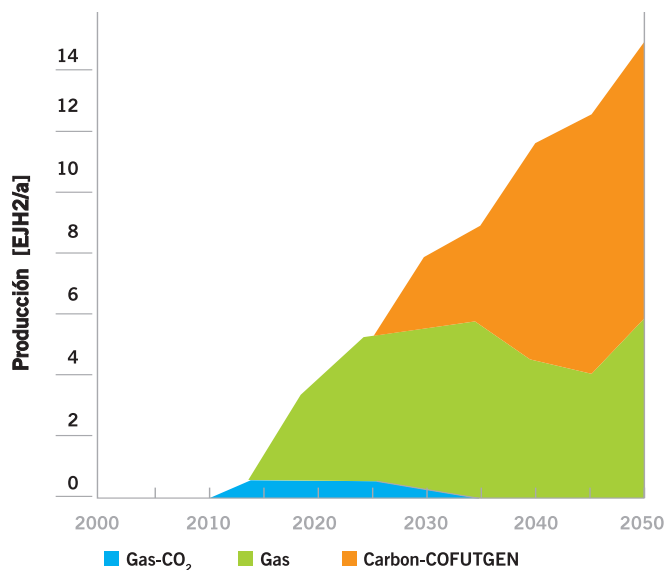


Figura 3. Evolución de la producción de H2 por fuente fósil bajo alta penalización de CO₂, de izquierda a derecha: gas natural, gas natural con secuestro de CO₂, planta de cogeneración y síntesis de H2 a partir de carbón del tipo "Futur GEN".⁴

cambio de matriz energética radical.

- En efecto, la continuidad de las tendencias actuales pospondría la difusión de H2 más allá de los horizontes de la planificación corriente. Por tal razón, debería entenderse al vector como parte integrante de una transición hacia una matriz sustentable y no de manera aislada. En particular, debiera considerarse como condición de contorno una restricción creciente en las emisiones de CO₂. Los escenarios considerados como sustentables suponen una estabilización en 550ppm, lo cual se ubica por encima del nivel que asegura no exceder un calentamiento global de 2°C, criterio adoptado por la Unión Europea y de gran consenso político y científico.⁹ Por otro lado, el hecho probable de que se exceda la fecha del pico de emisiones implica la necesidad de unas medidas de mitigación urgentes y severas, con tasas de reducción globales mayores al 10% por quinquenio. Como se muestra en la figura 5, esto podría ocurrir antes de 2020. No hay escenarios que describan esta posibilidad, pero sí los hay con restricciones mucho más severas (emisiones acumuladas menores al 50%) que las presentadas en los escenarios de la sección 2.¹⁰ Aun en los escenarios nacionales debiera tenerse en cuenta la dinámica tecnológica y, en particular, las curvas de aprendizaje, lo cual requiere horizontes temporales de más de treinta años y políticas de intervención para evitar el encierro (*lock in*) en tecnologías probadas pero de menor rendimiento intertemporal y permitir la economización progresiva de las más aptas pero aún inmaduras.
- La difusión de H2 depende de la entrada del grupo de tecnologías y este fenómeno está relacionado, a su vez, con las sinergias con otros grupos de tecnologías.¹ En la primera mitad de este siglo el caso más citado es el del gas natural. En la Argentina esta es la fuente dominante de la matriz energética y, como se muestra

en la figura 6, los distintos sectores de usuarios siguen una dinámica descrita por una función logística,¹⁰ habiendo sustituido en cada nicho a otras fuentes. La entrada de H2 es simulada con la misma dinámica que la del GNC sólo a los efectos de indicar que competiría con nichos del GN y que también podría hacerlo por el espacio en los ductos de distribución, como lo hacen los usos de GN descritos en el gráfico. Esta relación particular plantea preguntas para la definición de la línea argumental de los escenarios. ¿Se tratará solamente del GN de la Argentina o de la región (Sudamérica, Mercosur)? Si se opta por reformar el GN, ¿cuál sería la lógica de largo plazo respecto de sus usos competitivos en los escenarios propuestos (tanto finales como para generación de electricidad)? ¿Cómo competiría con el biogás como fuente? ¿Qué relación tendría el reformado con la posibilidad de secuestrar CO₂ y qué impacto tendría el uso de esta opción en la introducción de energías renovables? ¿Qué función podría cumplir H2 en un sistema con fuentes intermitentes para la generación eléctrica? ¿Qué aporte a la descentralización podrían hacer las celdas de combustibles estacionarias? ¿Cuál sería la relación entre la producción de H2 para usos industriales y para nichos energéticos?

- En vista de los puntos anteriores, sería necesario hacer un estudio de ciclo de vida para los distintos nichos potenciales de H2 y una comparación con las alternativas tecnológicas en función de su aporte a la sustentabilidad en el largo plazo y también en cuanto a su factibilidad. Como se observó en la figura 4 en el caso de celdas combustibles para propulsión vehicular, la incertidumbre sobre su entrada comercial no puede resolverse privilegiando un solo criterio, en este caso la eficiencia energética, lo cual implica optar por análisis multicriteriales en vez de optimización económica, energética o ambiental. De este modo podrían integrarse a la validación de escenarios normativos por el proceso de retrodicción (*backcasting*), esto es, informando y complementando tanto la línea argu-

Tecnología	Combustible	Consumo [GJ/1000 km]	Índice
MCI	Gasolina	2,6	100
MCI avanzado	Gasolina	2,0-2,2	81
MCI avanzado	Diesel	1,7-1,9	69
MCI Híbrido	Gasolina	1,6-1,8	65
MCI Híbrido	Diesel	1,5-1,7	62
MCI Híbrido	Hidrógeno	1,5-1,7	62
MCI Híbrido	Metanol/DME	1,5-1,7	62
Celda de combustible	Hidrógeno	1,2-1,4	50
Celda de combustible	Gas natural	1,3-1,6	56
Vehículo eléctrico	Electricidad	1,2-1,3	48

Figura 4. Comparación de tecnologías de propulsión. MCI: motor de combustión interna; DME: dimetil eter.

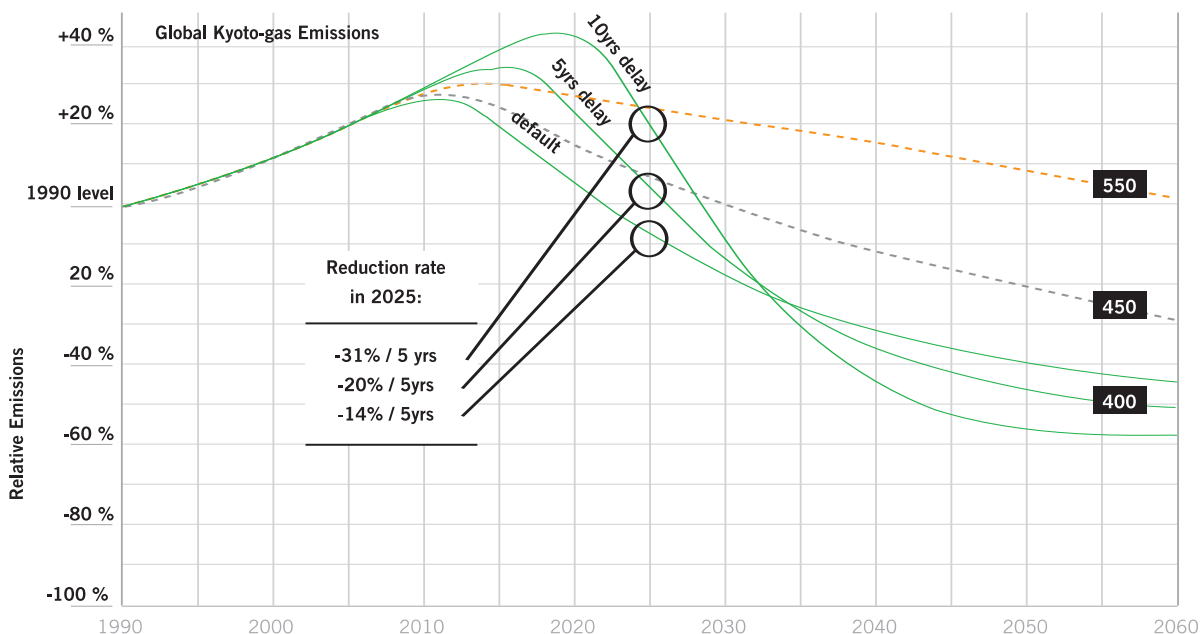


Figura 5. Emisiones relativas al nivel de 1990 en porcentajes. Se consideran tres niveles de estabilización, en 550, 450 y 400ppm de CO₂. Se observa que la trayectoria de las reducciones debe ser más abrupta cuanto más se tarde en comenzar la reducción: cuando el pico se retrasa cinco años, la tasa de reducción quinquenal para alcanzar la estabilización sube 14, 20 y 31% sucesivamente. A modo de comparación, el Protocolo de Kyoto indicó una reducción de 5,2% en quince años.⁹

mental como los modelos utilizados para describir la trayectoria del sistema desde el presente hasta el futuro deseable (en este caso, sustentable).¹¹

Aportes a una estrategia de I + D en H2

El mayor desafío de la planificación de largo plazo en tecnologías como la del grupo del H₂ radica en el tratamiento del conjunto de incertidumbres. Las mismas responden a variables exógenas al menos por tiempos que exceden los ejercicios corrientes de planificación. En el esquema de la figura 7 la base de tiempo propuesta y, en particular, el punto de inflexión de la curva de H₂ en usos energéticos (hacia el 2045) es distinta a la de los escenarios más optimistas ya presentados. Sin embargo, el punto de cruce entre los usos industriales y los energéticos (hacia el 2060) nos indica que, por un período significativo, la mayor demanda de H₂ provendrá de los primeros para aplicaciones ya maduras, cuya demanda caerá con el tiempo (por ejemplo, en hidrogenación en refinerías). Esta sustitución por los nuevos nichos tendría un impacto en la demanda (punto de inflexión de la demanda total) sólo dentro de varias décadas (2045 en el gráfico). La situación del mercado de H₂ en la Argentina no parece tener diferencias relevantes, por ejemplo, contar con una dotación privilegiada de nichos atractivos que justifiquen un crecimiento más rápido de la demanda agregada local. Por lo tanto, un eje por largo tiempo será la optimización de la articulación de la investigación local con la mundial que permita el seguimiento de las condiciones externas, tanto en tecnología como en marcos políticos y regulatorios. La revisión continua de los escenarios deseados y de las con-

diciones de contorno con los que fueron construidos permiten absorber los adelantos y las demoras, por ejemplo, en la frontera tecnológica o en las restricciones climáticas.

Otra consideración podría hacerse en el largo plazo por la abundancia de algunos recursos naturales. Se ha citado frecuentemente la posibilidad de utilizar el exuberante potencial eólico para incorporar H₂ a los gasoductos y aun para exportarlo; sin embargo, el sistema eléctrico está muy lejos de la saturación de fuentes intermitentes que justificaría un uso tanto más caro de la potencia generada. Distinta es la situación de la biomasa (ver figura 1), incluso en aplicaciones de pequeña escala como podría ser a partir de biogás. Además de basarse en la abundancia de materias primas, la opción está asociada con producciones agrícolas en amplias zonas del país y facilitaría la generación descentralizada y una producción más diversificada (en la Argentina ya hay dos proyectos de investigación relacionados: por un lado, la producción de biogás en Misiones y, por el otro, la evaluación del potencial de la generación descentralizada en potencias medias). La generación de biogás puede ser la forma más eficiente de producir bioenergía por unidad de superficie.¹² Por otro lado, sin llegar a esperar que las biorefinerías compitan en eficiencia con la industria petrolera, se pueden esperar usos flexibles de diversa escala de tecnologías precomerciales como la pirólisis. La ventaja es que los líquidos pirolíticos pueden transportarse y concentrarse para combustión (por ejemplo, en cogeneración) o para posterior refinación y síntesis de H₂ u otros biocombustibles, sorteando problemas de escala.

En cualquier caso, la búsqueda de nichos requiere una heurística multicriterial. Un criterio puede ser apoyar la entrada de H₂ en el desarrollo previo o conjunto de las tecnologías de renovables que pueden hacer de puente hasta que se defina

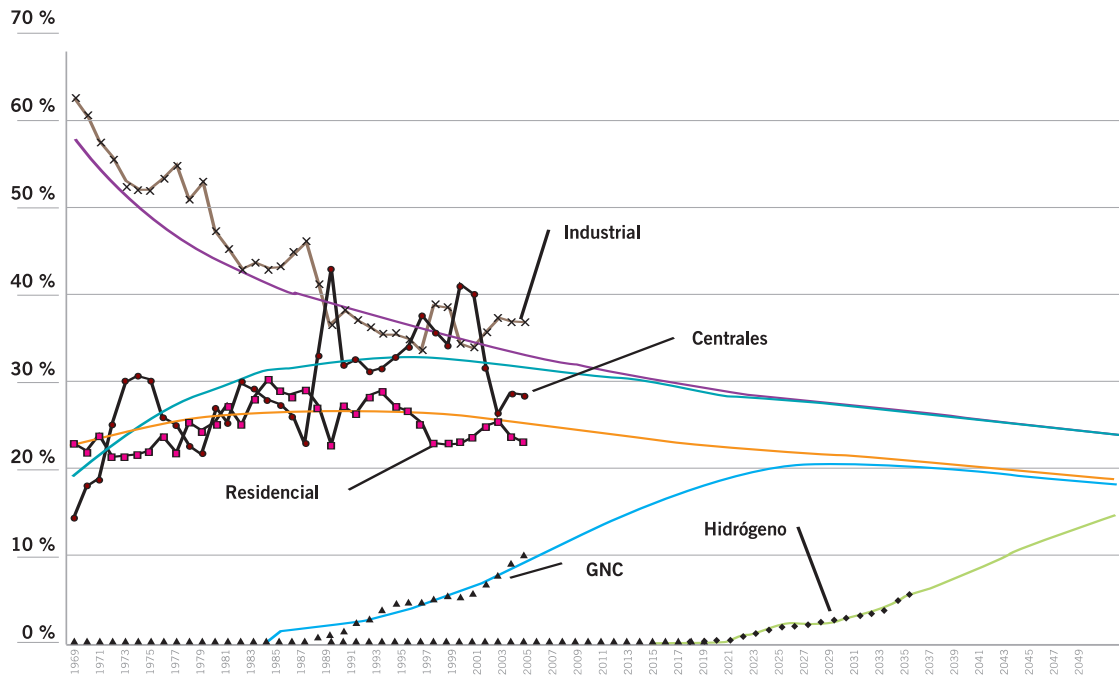


Figura 6. Evolución de la participación en porcentaje de los distintos usos del GN desde 1970. El hidrógeno se incluye por compartir el mismo sistema de distribución (gasoductos). Se le asigna una dinámica de penetración desde 2015 similar la GNC en volumen a los efectos de ilustración, el uso final no es relevante.¹⁰

una demanda genuina del vector H₂. Un ejemplo exitoso ha sido el programa Proalcool en Brasil, que hoy sirve de base para opciones como la cogeneración y, a más largo plazo, la utilización de residuos ignocelulósicos, cuyo potencial es mucho mayor al del etanol por fermentación de caña.

Una ventaja es también el interés de la comunidad de expertos locales, como se evidencia en las recomendaciones sobre H₂ del Plan Estratégico en C y T. Para su mejor utilización sería conveniente evitar la concentración de recursos en pocos proyectos tecnológicos y favorecer el seguimiento de múltiples líneas, aun las de aplicación menos inmediata; una estrategia de diversificación de riesgo. El desarrollo de plantas o vehículos piloto requerirían una contraparte industrial que aún no se ha definido en el medio local (a diferencia de lo que ocurre con, por ejemplo, las automotrices en otros países). La falta de estos actores sugiere que es temprano para un proceso como el diseño de una hoja de ruta para la I + D local

como la existente en Europa, Japón o los Estados Unidos. Generar la participación de varios actores en la construcción y validación de escenarios normativos de largo plazo darían legitimidad social al esfuerzo continuado del sector público.

Primer Congreso Nacional de Hidrógeno y Fuentes Sustentables de Energía

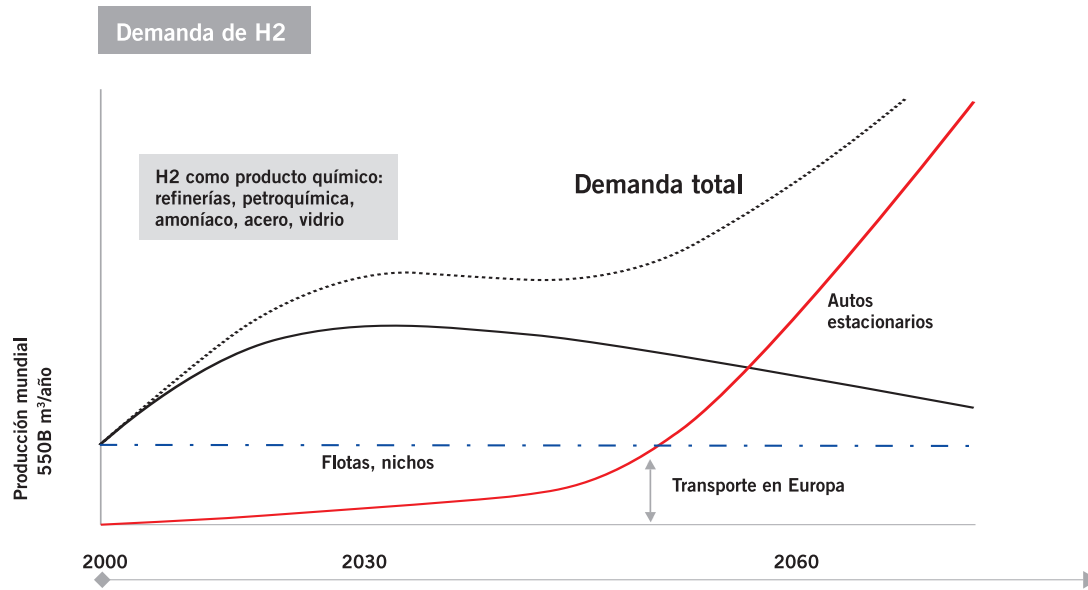
Este trabajo técnico fue presentado en el marco del Primer Congreso Nacional de Hidrógeno y Fuentes Sustentables de Energía llevado a cabo del 8 al 10 de junio de 2005 en la ciudad de San Carlos de Bariloche, provincia de Río Negro. El evento fue organizado por el Instituto de Energía y Desarrollo Sustentable y la Comisión Nacional de Energía Atómica.

Contó con la presencia de invitados internacionales de reconocida trayectoria del ámbito científico, académico, empresario, legislativo y autoridades del área de ciencia y técnica, quienes presentaron conferencias sobre proyectos de investigación y desarrollo en curso en distintos países.

El evento se convirtió en un ámbito propicio para el intercambio de ideas y la estimulación de iniciativas conjuntas de los sectores público y privado, dirigidas a promover la investigación científica, la formación de recursos humanos y el desarrollo tecnológico en la temática.

Además, durante el Congreso se presentaron las investigaciones y los estudios que en el campo de las fuentes renovables de energía pueden aplicarse en pequeña escala a núcleos aislados, a la atención de pequeñas demandas dispersas o a combinaciones con fuentes tradicionales, al uso en generación distribuida y a otras aplicaciones para usos diversos. También se conocieron estudios e investigaciones asociados al uso de combustibles fósiles en el desarrollo de combustibles híbridos hidrógeno-hidrocarburos.

Auspiciaron este evento la Academia Nacional de Ingeniería, la Academia Nacional de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, la Secretaría de Energía de la Nación y la Secretaría de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva.



fuelle: International Partnership for the Hydrogen Economy

Figura 7. Evolución mundial de la demanda de H2. En negro, los usos industriales; en rojo, como vector energético de P. Lucchese, reunión IPHE 23 de septiembre de 2004, Reykjavik.

Referencias

- Schrattenholzer, L.; Miketa, A.; Riahi, K.; Roehrl, R. A., *Achieving a Sustainable Energy System*, Cheltenham, Elgar, 2004, cap. 2 y 3, pp. 22-81.
- AIE, *Energy to 2050. Scenarios to a Sustainable Future*, París, OECD/AIE, 2003, cap. 2 y 3, pp. 51-56.
- AIE, ETP, *Prospects for CO₂ Capture and Storage*, París, OECD/AIE, 2004, cap. 3, pp. 74-77.
- Gielen, D.; Fulton, L., "Current AIE Análisis on Hydrogen. International Energy Workshop", AIE, junio de 2004, p. 12.
- Bouille, D. (dir.), "Informe final del subproyecto Estudio de Mitigación de GEI Proyecto ARG/95/G/31-PNUD-SECYT", diciembre de 1997, cap. 7, pp. 105-113.
- Gielen, D.; Unander, F., *Alternative Fuels An Energy Technology Perspective*, Office of Energy Technology, AIE, marzo de 2005.
- Groisman, F. (coord.), "Energía y escenarios energéticos de la región metropolitana y la ciudad de Buenos Aires", PUA, 2000, anexo III, pp. 154-157.
- Kozulj, R., "Escenarios futuros", Conferencia Reunión: Diversificación para Argentina 15 años, primera jornada, Universidad de Lanús, octubre de 2004.
- Meinshausen, M., "On the Risk of Overshooting 2 C", conferencia Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, UBA, diciembre de 2004, pp. 3 y 4.
- Codner, D., "El futuro de la industria del gas", *La industria del gas natural en la Argentina. Perspectivas, ciencia y tecnología*, 2001, secc. 6, pp. 52-67.
- Dreborg, K., *Futures*, 28, 1996, pp. 813-828.
- Fritsche, U.; Hunecke, K.; Wiegman, K., "Criteria for Assessing EES. Aspects of Biofuels 2005", Oeko Institut, Darmstadt, pp. 6-12.