

Evaluación Ambiental Estratégica de la Economía del Hidrógeno

Síntesis de resultados preliminares



Subsecretaría de
**Estrategia para
el Desarrollo**



Argentina
Presidencia

Secretaría de
Asuntos Estratégicos



28 DE NOVIEMBRE DE 2023

Evaluación Ambiental Estratégica de la Economía del Hidrógeno

Síntesis de resultados preliminares

Evaluación Ambiental Estratégica para el desarrollo de la economía el hidrógeno

1. Introducción

En marzo de 2023 la Secretaría de Asuntos Estratégicos (SAE) de la Nación inició, por primera vez en el país y de forma voluntaria, un proceso de Evaluación Ambiental Estratégica (EAE) sobre la Estrategia Nacional para el Desarrollo de la Economía del Hidrógeno (ENH) solicitada al Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (autoridad evaluadora).

La EAE es uno de los tres pilares de la política nacional de Hidrógeno de Bajas Emisiones: (i) el proyecto de Ley de hidrógeno de bajas emisiones, remitido al Congreso en mayo de 2023, (ii) la Estrategia Nacional para el desarrollo de la economía del Hidrógeno (ENH), presentada en septiembre de 2023, y (iii) la Evaluación Ambiental Estratégica para el desarrollo de la economía del Hidrógeno, cuyos resultados preliminares se difunden a los interesados a través de este documento.

La EAE aplicada al desarrollo de la economía del hidrógeno permite identificar oportunidades y riesgos socioambientales vinculados al desarrollo territorial de la actividad y aportar información a potenciales inversores, gobiernos locales y a la sociedad civil, entre otros actores interesados, generando un horizonte de mayor certidumbre. Las actividades de comunicación y participación llevadas a cabo a lo largo del proceso de la EAE permiten recabar información y percepciones de los actores territoriales que resultan relevantes para definir, en un diálogo intersectorial, las formas más apropiadas de planificar el desarrollo de la economía hidrógeno en cada contexto territorial específico.

La EAE es una herramienta altamente costo efectiva, porque aún con recursos reducidos aportados por el sector público nacional es capaz de anticipar escenarios, brindando información que permite evitar grandes pérdidas al sector privado, a los gobiernos locales y reducir riesgos ambientales. La consideración temprana de estos riesgos facilita el proceso de planificación, así como el involucramiento de los actores territoriales permite valorar los conocimientos locales y su potencial aporte al desarrollo del sector.

El proceso de la EAE presupone instancias de comunicación de los resultados preliminares hacia los actores involucrados con el objetivo de mantener informada a la comunidad sobre los alcances, avances y metodologías aplicadas. En este informe se

vuelcan los resultados preliminares obtenidos hasta la fecha para ponerlos a disposición de los potenciales interesados¹.

Cabe mencionar algunas características de la labor realizada hasta la fecha para contextualizar el alcance de estos resultados preliminares. En primer lugar, la mayor parte de las actividades de participación y comunicación, así como de elaboración de informes técnicos se realizaron entre los meses de agosto y noviembre de 2023². En segundo lugar, la EAE involucró una gran extensión territorial incluyendo a todas las provincias de la región patagónica y el sur de la provincia de Buenos Aires. Esto implica una gran diversidad de ecorregiones, con temáticas ambientales específicas, así como áreas geográficas con diferente perfil productivo y socioeconómico. En tercer lugar, la evaluación alcanza a dos tecnologías de producción de hidrógeno (verde y azul³), lo que agregó una capa de complejidad por conllevar aspectos técnicos, económicos y ambientales muy diferenciados entre sí. En cuarto lugar, al ser la primera vez que se implementa un proceso de estas características, fue necesario destinar grandes esfuerzos al diseño metodológico y sus ajustes iterativos, a la par de la implementación de las actividades de participación y diagnóstico. Dadas estas características, el trabajo se organizó de modo de garantizar la cobertura territorial y las diferentes tecnologías, reconociendo que será necesario en un futuro realizar análisis de mayor profundidad en cada región específica.

Los hallazgos más significativos son los siguientes:

1. Existe entre los actores locales una percepción positiva acerca del desarrollo de la economía del hidrógeno. Especialmente encuentran un valor intrínseco en la contribución del hidrógeno a la mitigación del cambio climático y la descarbonización de actividades productivas. Encuentran un atractivo en la posibilidad de generar exportaciones, contribuir a la diversificación productiva de las provincias y en el potencial desarrollo de infraestructura. Al mismo tiempo, manifiestan preocupaciones en torno a la posibilidad de que esta actividad siga

¹ En forma concomitante se elevan los informes completos a la Dirección Nacional de Evaluación Ambiental (DNEA) del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, organismo evaluador, vía expediente EX-2023-25956781--APN-DGAYF#MAD, para su evaluación.

² Las actividades vinculadas con la EAE se vienen desplegando desde la recepción del informe de la DNEA que detalla las pautas para la elaboración de la EAE del 27 en abril de 2023, especialmente a través de las actividades de la Mesa Intersectorial del Hidrógeno que permitieron definir el alcance de las dimensiones críticas a ser consideradas.

³ Para esta EAE se ha definido un alcance territorial y tecnológico determinado:

- Componentes tecnológicos/tipos de producción de hidrógeno: se contemplarán la producción de hidrógeno azul, a partir del reformado de gas con aplicación de tecnologías de captura y almacenamiento de CO₂ (CCS, por sus siglas en inglés) y de captura, uso y almacenamiento de CO₂ (CCUS, por sus siglas en inglés), así como la producción de hidrógeno verde a partir electrólisis de agua utilizando energía eléctrica generada por recurso eólico.

- Territorialidad: la EAE se aplicará a las provincias de Buenos Aires, Neuquén, Río Negro, Chubut, Santa Cruz y Tierra del Fuego, Antártida e Islas del Atlántico Sur, en localizaciones específicas.

modelos “extractivistas” o de “enclave”, es decir, de apropiación de condiciones naturales sin un anclaje real y efectivo en las realidades socio productivas locales. Igual preocupación se observa en materia de débiles encadenamientos productivos y baja generación de empleo de calidad. En la medida en que estos objetivos locales no se aseguran, los actores territoriales empiezan a restar apoyo al desarrollo de la actividad. También manifiestan preocupaciones por recursos críticos como el agua y la afectación de ecosistemas y fauna (principalmente aves y murciélagos). Reconociendo estas preocupaciones, la política pública debería enfocarse en mejorar el arraigo territorial de los proyectos, especialmente a partir de los encadenamientos productivos, locales y nacionales.

2. Existe una enorme superficie territorial en el país que tiene una aptitud alta o muy alta para el desarrollo de proyectos de hidrógeno de bajas emisiones. Para el caso de hidrógeno verde se cuenta con 402.879 km² y para hidrógeno azul, 382.509 km². A modo de comparación, la superficie de Alemania es de 357.592 km². Aún después de identificar las zonas de exclusión (es decir aquellas zonas que por normativa nacional o provincial no son aptas para el desarrollo de proyectos, ya sea por consideraciones ambientales o por ser zonas urbanas), la extensión territorial es notoria. Esto permite tener margen de maniobra para alentar la radicación de proyectos en áreas de menores riesgos socio ambientales, asunto que debería ser prioridad de la política pública.
3. La aptitud de los territorios surge de considerar en forma conjunta un conjunto de dimensiones socioambientales clave. Entre las ambientales destacan la identificación de áreas relevantes para la conservación de la biodiversidad, el interés sobre conservación de especies potencialmente afectadas por la actividad como aves migratorias y aves playeras. Del mismo modo se observa que el índice de sequía debe considerarse debido a la fragilidad de estos ecosistemas y la necesidad de adaptarse a los efectos del cambio climático. Entre las dimensiones sociales se identifican como temas de interés la presencia de comunidades originarias y la preservación de sitios arqueológicos y ancestrales, así como los espacios de interés cultural y turístico. Por último se reconocen como activos territoriales de valor la presencia de universidades y centros de formación, de empleo manufacturero.

2. Síntesis de los resultados preliminares

Los resultados preliminares aquí expuestos se ordenan en tres ejes:

- **Participación:** refleja los resultados de las actividades realizadas con el objetivo de recoger las percepciones y prioridades de actores locales clave y de comunicar acerca de la ENH, sus objetivos y alcances.
- **Diagnóstico:** contiene los resultados relativos al relevamiento, sistematización y análisis de información con el objetivo de identificar las variables ambientales, sociales y económicas críticas involucradas por la producción de H² verde y azul en las provincias de la región patagónica y de Buenos Aires.
- **Evaluación de alternativas:** contiene los resultados relativos a la implementación de un modelo de análisis multicriterio, que persiguió el objetivo de evaluar el potencial y nivel de aptitud de diferentes localizaciones alternativas para el desarrollo de proyectos en función de las variables clave identificadas.

A continuación se exponen los principales resultados alcanzados en cada eje.

2.1 Participación

Las actividades de participación fueron de tres tipos: reuniones plenarias de la Mesa Intersectorial del Hidrógeno; talleres participativos provinciales y participación del equipo de la Secretaría de Asuntos Estratégicos (SAE) en instancias organizadas por terceros.

Durante la implementación de la EAE se llevaron a cabo cinco reuniones plenarias de la Mesa Intersectorial del Hidrógeno, a las que asistieron, en promedio, 70 referentes provenientes de diversos sectores, por cada encuentro. Estas reuniones, junto con otros mecanismos de consulta y participación, permitieron construir una ENH consistente con las visiones y aportes de los actores públicos, privados y del sector científico-tecnológico. En este proceso, se informó y consultó sobre la EAE, su alcance, objetivos y avances.

En segundo lugar, se realizaron cuatro talleres participativos de la EAE en diferentes provincias: Tierra del Fuego, AelAS (Ushuaia), Buenos Aires (Bahía Blanca), Chubut (Comodoro Rivadavia) y Río Negro (Bariloche). La convocatoria se basó en un mapeo de actores realizado previamente y nutrido en forma colaborativa con los gobiernos provinciales, con el objetivo de contar con una representatividad equilibrada en términos de sectores convocados: sociedad civil, sector privado, academia y sector público. Mediante una dinámica diseñada para la EAE se relevaron percepciones y prioridades de actores locales en torno a oportunidades y desafíos vinculados a la economía del hidrógeno.

En tercer lugar, el equipo de la SAE participó de otras actividades organizadas por la propia Secretaría o por terceros actores. En estas instancias -entre las que se cuentan foros, seminarios, conferencias y talleres- se puso en conocimiento del público la política

del hidrógeno de bajas emisiones. En este sentido, se destacan los encuentros en la Cámara de Industria y Comercio Argentino-Alemana (AHK), en el CEARE, la Misión de H2 de la Unión Europea en Argentina, y las presentaciones de la ENH en el INTI, el Puerto de Bahía Blanca, el Gabinete Nacional de Cambio Climático, Y-TEC y Adimra.

Resultados de los talleres participativos

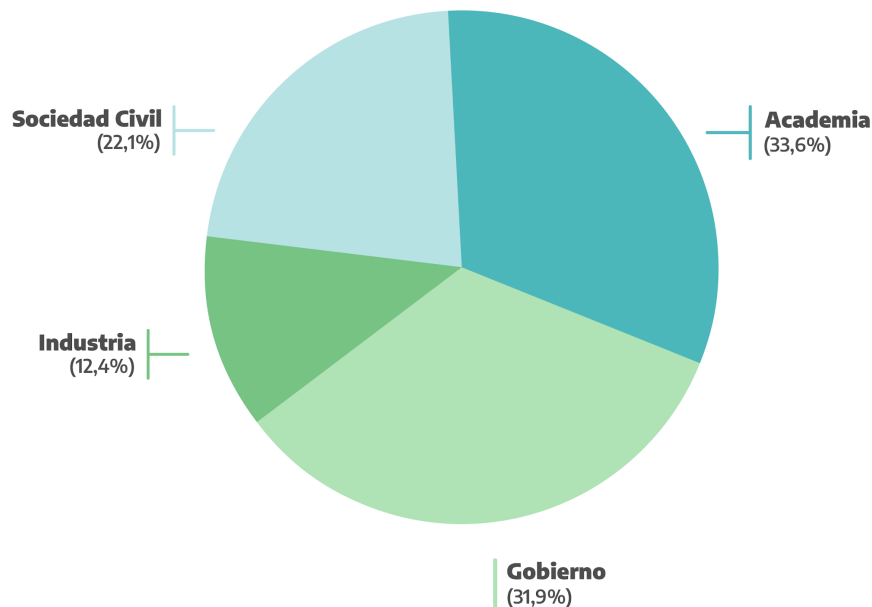
En primer lugar se destaca el elevado nivel de compromiso y participación de todos los sectores involucrados: sociedad civil, sindicatos, sector privado, gubernamental y académico, lo cual demuestra el interés que despierta esta actividad.

De los talleres participaron 113 personas: 38 representantes del sector académico y científico-tecnológico, 36 del gubernamental, 25 de la sociedad civil⁴ y 14 de la industria (ver figura 3). Esta composición permite que voces con diferentes intereses hayan sido elevadas en las instancias de los talleres. En particular, se observa que la sociedad civil, por ejemplo, trae preocupaciones diferentes a las de la industria o el sector científico tecnológico.

Por otra parte, la metodología de talleres que procuró encontrar consensos o compromisos entre los participantes, fomentando el diálogo y la justificación de las opiniones por parte de cada actor. En términos de balance de género se destaca que el 58% de los participantes fueron hombres y el 42% mujeres.

⁴ A los fines estadísticos, los representantes de sindicatos fueron incluidos dentro de la categoría sociedad civil.

Figura 1: distribución sectorial de participantes

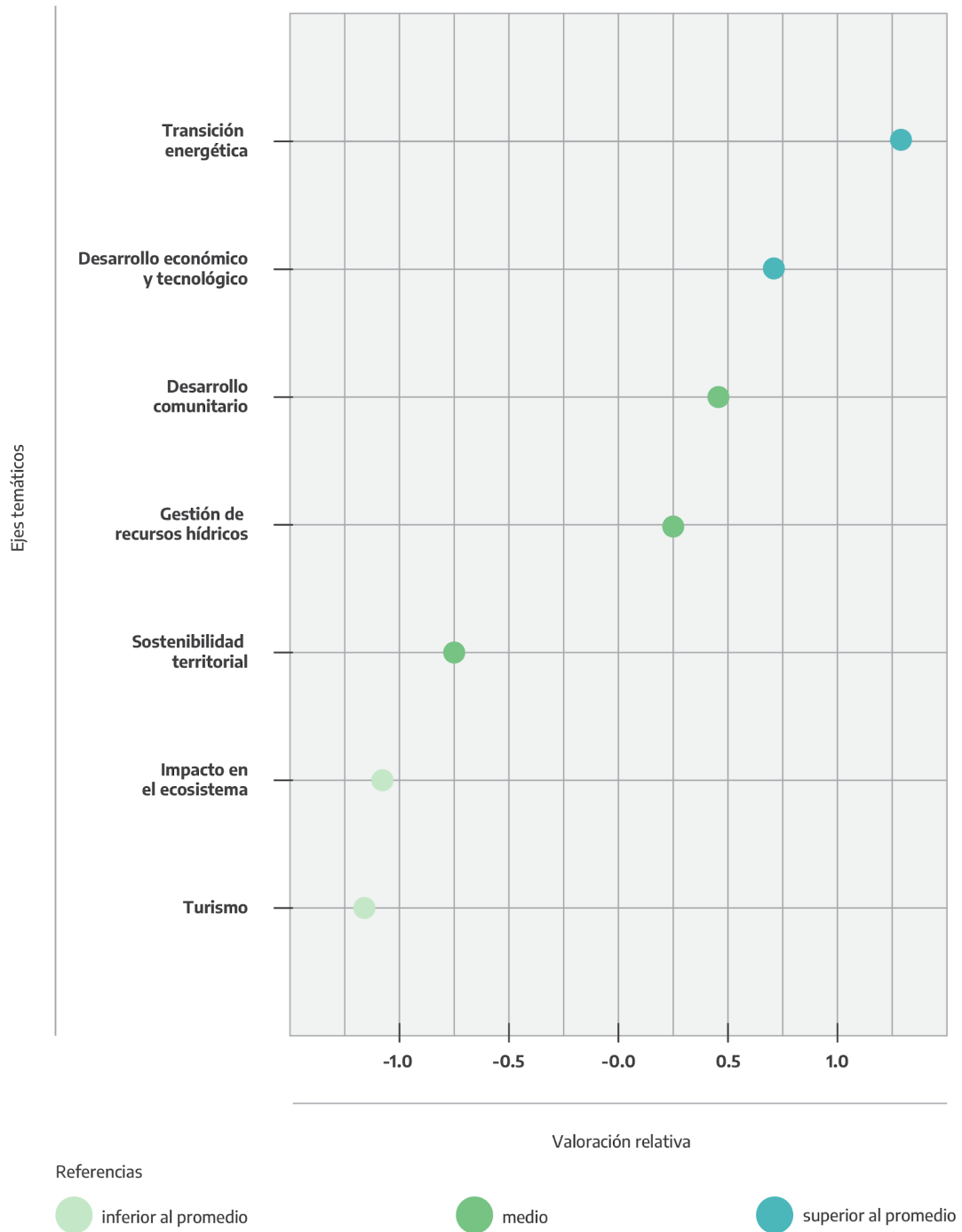


Fuente: elaboración propia

En segundo lugar, de los talleres participativos se obtuvieron resultados novedosos sobre las percepciones de los actores en torno a la producción de hidrógeno de bajas emisiones en sus provincias. Para empezar, se evidenció con mucha claridad el interés transversal de los actores en el desarrollo de la economía del hidrógeno por su potencial para la descarbonización de cara a los desafíos climáticos que enfrentan Argentina y el mundo. Esta dimensión resultó prioritaria dentro de las preocupaciones de quienes atendieron a los talleres en las diferentes localizaciones. El desarrollo económico y tecnológico es lo siguiente en materia de interés, con foco sobre inversiones y exportaciones. Las cuestiones relativas a la creación de empleo y desarrollo comunitario vienen en tercer término en orden de prioridades y, en cuarto lugar, la gestión del recurso hídrico, aunque con diferencias de apreciaciones según el sector de procedencia y su localización geográfica (se vuelve especialmente importante para la sociedad civil). Dimensiones como la sostenibilidad territorial, el impacto sobre ecosistemas y afectaciones al paisaje han resultado de menor relevancia relativa frente a los criterios anteriores⁵.

Figura 2: valoración relativa de ejes temáticos

⁵ En muchos casos esto se justifica en que los participantes de los talleres reconocen que los proyectos deberán pasar por la instancia de Evaluación de Impacto Ambiental.



Fuente: elaboración propia

En tercer lugar, cada una de estas cuestiones han sido problematizadas en el transcurso de los talleres, encontrándose entre las tensiones más llamativas las siguientes:

- **Descarbonización global pero también de la industria local:** los actores encuentran en la descarbonización un argumento de peso, posiblemente el más relevante para apoyar a las actividades de producción de hidrógeno de bajas emisiones. Ésto ha sido una constante en todos los talleres. No obstante, los actores observan y problematizan que la contribución que puede hacer el país al proceso de descarbonización global no debería ir en contra de la reducción de las emisiones de Argentina. Elevan, de este modo, la necesidad no solo de exportar sino también de utilizar el hidrógeno dentro del mercado interno para reducir emisiones locales de gases de efecto invernadero.
- **Modelos productivistas vs. extractivistas:** esta tensión aparece frecuentemente en los ejes de desarrollo tecnológico y económico, como en el de desarrollo comunitario. En general, la palabra extractivismo es la preferida para sintetizar las preocupaciones de los actores locales, en lo que respecta al valor que puedan efectivamente capitalizar las regiones por albergar proyectos de hidrógeno. Si bien en términos generales, se percibe que los actores locales están predispuestos a dar una amplia bienvenida a estos proyectos, este apoyo inicial es retirado cuando los encadenamientos productivos son débiles y cuando los proyectos se comportan como enclaves con bajo nivel de involucramiento local, productivo y comunitario. Existe una alta valoración de las capacidades locales, que pueden contribuir al desarrollo exitoso de estos proyectos. Existe cierta desconfianza en la consideración de objetivos sociales y comunitarios locales que los inversores (especialmente extranjeros) puedan manifestar. En este contexto, el fuerte compromiso y el valor hallado especialmente en la contribución de estos proyectos a la lucha contra el cambio climático se desvanecen y se elevan las voces críticas.
- **Generación de empleo que sea sostenible en el tiempo y de calidad:** En la participación de los talleres se registró una alta expectativa por la potencial generación de empleo y a la vez, alto nivel de preocupación por la calidad y la sostenibilidad del empleo generado. Específicamente, en las localizaciones que cuentan con parques eólicos actualmente y en las experiencias derivadas de la industria petroquímica (especialmente en Bahía Blanca y en la zona del Golfo de San Jorge) se observó que la generación de empleo se concentra en la fase de construcción, sin sostenerse luego en la operación. En esa línea, se cuestionó el bajo nivel de integración productiva en la cadena de valor de la energía eólica alcanzado hasta la fecha. Asimismo, se observó que, para que la creación de empleo sea efectiva, es necesaria la formación de personal y la capacitación, así como la radicación de actividades vinculadas a la gestión de los parques eólicos en las regiones donde la actividad se desarrolla.

Tabla 1. Síntesis de consensos y tensiones por cada eje abordado en los talleres participativos.

Ejes	Consenso	Tensiones
Transición energética	La mitigación del cambio climático es un asunto de alta relevancia. La descarbonización de industrias, el reemplazo de combustibles fósiles, y la generación de empleo de calidad, así como la integración a cadenas de valor locales y formación profesional son variables determinantes para el posicionamiento y apoyo de los actores en todas las provincias alcanzadas.	Debate sobre la responsabilidad local y global frente al cambio climático. Divergencias sobre la necesidad de descarbonización y reemplazo de combustibles fósiles en algunas provincias.
Desarrollo económico y tecnológico	Importancia de exportaciones y desarrollo de infraestructura. Valoración media-alta en todas las provincias. Contribución a la diversificación productiva de la provincia (especialmente en Comodoro Rivadavia y en Ushuaia).	Prioridad de exportaciones frente a oportunidades locales. Preocupaciones sobre la rapidez de las inversiones y su impacto en el empleo. Incertidumbre sobre mejoras significativas con el desarrollo de la actividad. Expectativa sobre la promoción de carreras laborales en nuevas industrias asociadas al hidrógeno, oportunidades para la capacitación y el crecimiento profesional.
Desarrollo comunitario	Generación de empleo de calidad, integración a cadenas de valor locales y formación profesional son importantes.	Desconfianza en el impacto del empleo en algunas localidades. Debate sobre orientación exportadora vs. encadenamientos locales. La preocupación sobre la implementación de proyectos carentes de arraigo territorial. Especialmente surge en todos los talleres la preocupación acerca de que la economía del hidrógeno sea un modelo económico

		“extractivista”, que no “deje nada” en el territorio.
Gestión de recursos hídricos	Importancia del agua desalinizada para la producción de hidrógeno y co-beneficio para otros usos. Énfasis en ubicación estratégica de proyectos en relación con el agua (destacado en los talleres de Bariloche y Bahía Blanca).	Preocupación en torno al recurso hídrico, ya sea por el uso de agua dulce, así como el uso de agua de mar desalinizada. Mayor preocupación entre los actores de la sociedad civil.
Sostenibilidad territorial	Equilibrio entre dimensiones económicas y respeto por el territorio. Baja prioridad en el posible efecto sobre el mercado inmobiliario. Relevancia media relativa a la posible afectación de zonas naturales no protegidas.	Variabilidad en la importancia del uso de la tierra. Diferencias sobre percepciones vinculadas a la posibilidad de desplazamiento de población vulnerable, donde algunos lo ven como una oportunidad respecto a que el desarrollo de una industria que genera arraigo, y otros como una amenaza de desplazamiento a poblaciones. Preocupación vinculada a que los parques eólicos asociados a la producción de hidrógeno verde desplacen producción local y poblaciones.
Impacto en los ecosistemas	Contaminación sonora y lumínica de baja importancia. Preocupación sobre el impacto en las rutas migratorias y hábitat de las aves, con énfasis en el caso del hidrógeno verde.	Opiniones diversas sobre potenciales afectaciones de la fauna terrestre. Consideración de la necesidad de atención a las rutas migratorias de aves en relación con la ubicación de proyectos.
Turismo y paisaje	Baja relevancia general del turismo en las discusiones sobre proyectos de hidrógeno.	Preocupación por impacto negativo en el paisaje turístico debido a infraestructuras de hidrógeno (principalmente en taller Comodoro Rivadavia). Reconocimiento de la subjetividad en la evaluación de impacto turístico.

Fuente: elaboración propia

En cuarto lugar, se recogieron percepciones de desconocimiento, tanto por el reconocimiento de los participantes de no disponer de las herramientas necesarias para saber si deberían o no preocuparse por los impactos ambientales de esta nueva actividad, como por parte de expertos acerca de la carencia de estudios técnicos en profundidad para poder tomar acciones en materia de mitigación de riesgos a través de la selección de las tecnologías apropiadas o a través de la gestión de procesos (procesos participativos, gestión de recursos hídricos, etc).

Los temas de mayor desconocimiento y preocupación refieren al uso del agua, el impacto en las rutas de las aves migratorias, el impacto sobre fauna y flora terrestre, el potencial de creación de empleo, el tipo de contaminación lumínica y visual que se podría generar y el grado de integración local que la actividad supondría. A la vez, se sugirió relevar las características de las zonas naturales no protegidas y brindar información sobre los proyectos a realizarse en cada zona.

De esto se deriva la necesidad, por un lado, de realizar mayor número de acciones de comunicación y participación, y por el otro avanzar en un conjunto de investigaciones críticas para establecer líneas de base y poder evaluar efectivamente los impactos individuales y acumulativos del despliegue de la actividad en las diferentes localizaciones.

2.2 Diagnóstico

Actividades realizadas

Se realizó un diagnóstico socio-ambiental que permitiera la identificación de las variables críticas para el desarrollo de proyectos de hidrógeno azul o verde en las diferentes localizaciones de las provincias de la región patagónica y sur de la provincia de Buenos Aires.

Una vez identificadas dichas variables, estas fueron reconstruidas (en casos de faltantes de información), sistematizadas y georeferenciadas, para su inclusión en dos modelos de decisión multicriterios (uno para hidrógeno verde y otro para hidrógeno azul), con el objetivo de proporcionar una guía para la toma de decisiones sobre la localización óptima de la producción de hidrógeno de bajas emisiones y los aspectos clave a considerar.

Los modelos dieron como resultado una zonificación y clasificación de las diferentes áreas geográficas, según su aptitud para la producción de hidrógeno de bajas emisiones y mapas resultantes, que fueron completados con otras dimensiones relevantes.

El análisis multicriterio evaluó como alternativas 80 departamentos comprendidos en las 5 provincias patagónicas y sur de la prov. de Buenos Aires, dejando fuera de la evaluación a aquellos identificados como zonas de exclusión a partir de dos criterios:

- **áreas naturales protegidas** bajo algún tipo de legislación ambiental vigente a nivel nacional, provincial o municipal: a todos aquellos radios censales con más de un 32.5% de su superficie comprendida por algunas de estas figuras de protección: parques nacionales, provinciales, reservas de la defensa, bosques nativos (las tres categorías) y glaciares.
- **zonas urbanas:** ante la imposibilidad de que la actividad de generación de hidrógeno verde y azul se pueda realizar en zonas urbanas, se consideró la exclusión de los radios considerados como urbanos o bien aquellos cercanos a los mismos (superficie superior a 80% del radio censal como zona urbana), considerando un buffer o área de protección de 2 km alrededor de los radios urbanos en ambos modelos.

Es de destacar que, según el análisis de sensibilidad realizado para ambos modelos, los resultados obtenidos son robustos, ya que el ranking de regiones y su categorización no se ve alterada ante pequeños cambios en los criterios utilizados.

Identificación de variables ambientales, económicas y sociales

Variables ambientales: El diagnóstico ambiental realizado bajo la Evaluación Ambiental Estratégica (EAE) tuvo como foco de interés la biodiversidad y las amenazas vinculadas al cambio climático.

De acuerdo con éste diagnóstico ambiental, Argentina cuenta con 18 ecorregiones, de las cuales 8 son de alta prioridad incluyendo a las ecorregiones pampeana y de bosques patagónicos, áreas alcanzadas en la EAE. El estado de conservación de todas las ecorregiones involucradas (pampa, espinal, monte de llanuras y mesetas, bosque patagónico, estepa patagónica, altos andes y mar argentino), varía considerablemente. La deforestación, urbanización desmedida, la fragmentación del hábitat, la invasión de especies exóticas y el cambio climático, son algunas de las amenazas que enfrentan estas regiones. Esto se evidencia muy claramente por ejemplo en humedales y zonas de bosques, haciendo prioritaria la ejecución de acciones para la conservación de estos ecosistemas. La fragilidad de estos se acentúa por la aridez y la susceptibilidad a la erosión eólica y salinización.

Para el ordenamiento ambiental de los espacios marítimos en la Argentina, fueron identificadas 5 regiones (de 11 en total) que se encuentran dentro del marco de la EAE (Río de la Plata, costa bonaerense y norpatagónica, golfo norpatagónico, plataforma media y plataforma magallánica). La mayoría de estas han presentado aumentos de temperatura en sus aguas superficiales como una vulnerabilidad frente al cambio climático.

El estado de conservación de especies, como aves y mamíferos revela amenazas significativas en provincias afectadas por la EAE. La pérdida y fragmentación del hábitat, junto con el cambio climático, plantean riesgos para la biodiversidad. Las proyecciones climáticas indican desafíos, especialmente en la región patagónica.

La gestión sostenible de la industria del hidrógeno en estas áreas críticas es esencial. La conservación de la biodiversidad debe ser prioritaria, considerando las implicaciones climáticas y la singularidad biológica de la región.

Una mención aparte merece la zona costera de la Patagonia y los ecosistemas marinos. Esta región presenta condiciones propicias para la producción de hidrógeno verde y azul, debido a la calidad del viento, cuencas petrolíferas, recursos hídricos y en la infraestructura. Sin embargo la costa funciona como ruta migratoria importante para las aves, y los ecosistemas marinos son extremadamente sensibles a los cambios en la salinidad y temperatura del agua. Por esta razón se debe avanzar en estudios específicos durante la planificación de los proyectos para identificar las condiciones locales que permitan aprovechar los recursos naturales protegiendo y conservando la biodiversidad de dichas zonas y estableciendo criterios de distancias apropiadas a zonas de interés de conservación biológica, como sitios de paradas de aves migratorias o nidificación. Tomando en consideración los comentarios anteriores se incorporaron en el análisis multicriterio las siguientes variables ambientales:

- Índice de Sequía.
- Áreas de interés para la conservación biológica.
- Presencia de especies con categoría de conservación alta
- Rutas de aves migratorias (solo en el modelo de Hidrógeno Verde).

Mientras que los Sitios Importantes para la Conservación de las Aves Playeras (SICAP) fueron incorporados como capa superpuesta al mapa final de prioridad en el modelo de Hidrógeno verde.

Variables económicas: La especialización que se está configurando a nivel internacional y las estrategias nacionales que empiezan a desplegarse en función de la capacidad de producción y necesidades de consumo, muestran que algunos países especialmente economías industrializadas europeas y asiáticas, no podrán abastecer su propio mercado y deberán recurrir a la importación del hidrógeno de bajas emisiones, dada la alta demanda de sus industrias. En cambio, otros países en desarrollo, como la Argentina, cuentan con ventajas competitivas que los posicionan con amplias posibilidades de producir hidrógeno limpio a gran escala, por sus recursos, localización geográfica y capacidades industriales, que les permitirá abastecer el mercado local e internacional.

Argentina tiene posibilidad de alcanzar costos competitivos en la producción de H² de bajas emisiones, a partir de sus recursos naturales de gas natural y calidad de vientos.

Además, entre las competencias tecnológicas y productivas con las que cuenta nuestro país, se destacan para el desarrollo de la economía del hidrógeno sus capacidades previas en la industria agropecuaria que demanda una cantidad elevada de fertilizantes y otros productos químicos. La trayectoria en la industria del petróleo y gas con importante actividad en el refinamiento, mediante una sofisticada red de plantas, junto con una red de centros de investigación y universidades de referencia internacional, hacen que la combinación de conocimientos científicos y productivos y las infraestructuras asociadas potencien las posibilidades de generar valor agregado local en torno al hidrógeno de bajas emisiones.

La riqueza en recursos naturales en la región patagónica, que van desde las reservas de gas no convencional hasta la calidad de los recursos naturales para la generación de energías renovables, permite que la patagonia pueda recorrer diferentes trayectorias tecnológicas del hidrógeno, tanto azul como verde.

Se resalta la existencia local de industrias que pueden adoptar el hidrógeno de bajas emisiones para descarbonizar sus procesos productivos, lo que constituye una condición favorable para el desarrollo del mercado interno del hidrógeno de bajas emisiones en el corto plazo. Entre ellas sobresalen las industrias del acero, el refinado de petróleo, los fertilizantes y la producción de nuevos combustibles sintéticos. También son elementos favorables al desarrollo de la economía del hidrógeno la mano de obra calificada en procesos industriales (especialmente en la industria química y petroquímica), proveedores potenciales y las infraestructuras eléctricas y de comunicaciones.

Del mismo modo, la infraestructura portuaria existente y potencial por las condiciones de la costa permite potenciar las oportunidades de exportación.

En consideración del análisis realizado, se incorporaron al modelo de análisis multicriterio los siguientes criterios económicos:

- Vientos (solo hidrógeno verde).
- Puertos.
- Industria potencialmente demandante.
- Zona costera.
- Red eléctrica.
- Gasoductos (solo hidrógeno azul).
- Cuencas petrolíferas (solo hidrógeno azul).
- Pozos petrolíferos depletados (hidrógeno azul).

Caracterización Socioeconómica: La región patagónica y sur de Buenos Aires se presenta como un entramado económico diverso, donde provincias como Neuquén, Chubut y Santa Cruz emergen como líderes en la producción de hidrocarburos, generando un impacto significativo en la economía regional. Este dinamismo se complementa con la destacada presencia de Tierra del Fuego en la industria electrónica y

en hidrocarburos y la relevante actividad agroindustrial de Río Negro, consolidando a la región como un conjunto multifacético.

En el ámbito de la manufactura e industrialización, Tierra del Fuego sobresale, siendo un polo industrial clave, especialmente en la producción de productos electrónicos. A su vez, Bahía Blanca y Comodoro Rivadavia contribuyen significativamente a través de la petroquímica y la energía, diversificando el espectro industrial de la región.

Las exportaciones constituyen un pilar esencial en la economía patagónica, donde la industria de hidrocarburos, productos agroindustriales y la pesca, especialmente de langostinos, destacan en la balanza comercial. Esta dependencia de las exportaciones resalta la importancia estratégica de la región en el contexto nacional.

El turismo, en especial en destinos como El Calafate, Bariloche y Ushuaia, se revela como un sector crucial. Santa Cruz, Río Negro y Tierra del Fuego se benefician económicamente de la afluencia de visitantes, generando empleo y contribuyendo al desarrollo regional.

En el ámbito laboral y empresarial, se observa una notable densidad empresarial en Neuquén y Río Negro, acompañada de salarios superiores al promedio nacional. Esta situación propicia un entorno laboral estable y próspero. De manera similar, tanto Río Grande y Ushuaia en Tierra del Fuego como Bahía Blanca, en provincia de Buenos Aires también presentan indicadores positivos en términos de empleo formal y remuneración, contribuyendo a la solidez del tejido empresarial regional.

En el plano de la innovación y educación, todas las provincias destacan al albergar universidades y centros de investigación. Esta conexión entre la academia y la industria impulsa el desarrollo tecnológico y la innovación, fortaleciendo la base para un crecimiento sostenible y diversificado.

En términos de conectividad e infraestructura, la posición estratégica de Bahía Blanca como nodo logístico clave resalta la importancia de garantizar una conectividad eficiente, tanto terrestre como marítima, para potenciar el comercio y el desarrollo regional.

No obstante, es crucial abordar desafíos comunes, como la necesidad de diversificar las economías regionales para reducir dependencias sectoriales y abordar desigualdades internas. Además, la sostenibilidad se presenta como un elemento crítico, especialmente en la explotación de recursos naturales como hidrocarburos y pesca, instando a considerar opciones más sostenibles como las energías renovables y el turismo sustentable.

Con respecto a la presencia de comunidades originarias, en el área de interés de la EAE, los principales pueblos presentes son el Mapuche y el Tehuelche en el sur de Buenos

Aires, Chubut, Neuquén, Río Negro y Santa Cruz; y Selk' Nam (Onas) y Yagán en Tierra del Fuego, AELAS. Una de las principales dificultades es la falta de información con mayor precisión respecto a su localización y el área ocupada por las comunidades. Esto último facilita la identificación de la zona de hábitat y uso por las comunidades. En el caso de contar con la delimitación de las comunidades se podrían calcular las áreas de preservación y distancias de prevención.

En consideración de los aspectos mencionados, se incorporaron al modelo de análisis multicriterio los siguientes criterios sociales:

- Áreas de importancia cultural y turística
- Universidades y centros de formación
- Empleo manufacturero.

La presencia de comunidades originarias y sitios arqueológicos y ancestrales fueron incorporadas como capas superpuestas al mapa final.

Consideraciones adicionales

Un aspecto importante y relevante al momento de analizar el diagnóstico y los resultados descritos más adelante es la dimensión geográfica que abarca el área bajo análisis, la totalidad de la Patagonia Argentina (Chubut, Neuquén, Río Negro, Santa Cruz y Tierra del Fuego) y el sur de la Provincia de Buenos Aires, abarcando un territorio de 911.301 km².

Esta región comprende un total de 85 departamentos heterogéneos en su extensión, características ambientales, económicas, sociales y actores involucrados (gobiernos, comunidades originarias, criollos, productores agropecuarios, diversidad de industrias y fábricas, universidades, centros de formación, organizaciones no gubernamentales y sociedad civil en general)

La amplitud geográfica y estas heterogeneidades diluyen en el análisis general la importancia de los factores locales al momento de planificar la instalación de un hub de hidrógeno, por lo tanto es necesario en la etapa de implementación profundizar estos análisis participando a las comunidades, cooperando, compartiendo y generando conocimientos con los actores locales.

La inclusión en los mapas finales de estas características particulares (comunidades originarias, sitios arqueológicos y SICAP⁶) no es una lista final ni exhaustiva, debiendo ser validada, modificada o ampliada con los actores locales en procesos participativos de acuerdo a la normativa vigente y los acuerdos internacionales suscritos por el país.

⁶ Sitios de importancia para la conservación de las aves playeras.

Una vez tomadas las aclaraciones realizadas previamente, la unidad mínima de análisis o área para la instalación de hubs de producción de hidrógeno, se tomó a nivel departamental, debido a que este nivel es el que permite obtener datos geolocalizados para las tres dimensiones, económicas, ambientales y sociales.

2.3 Modelo de análisis de decisión multicriterio:

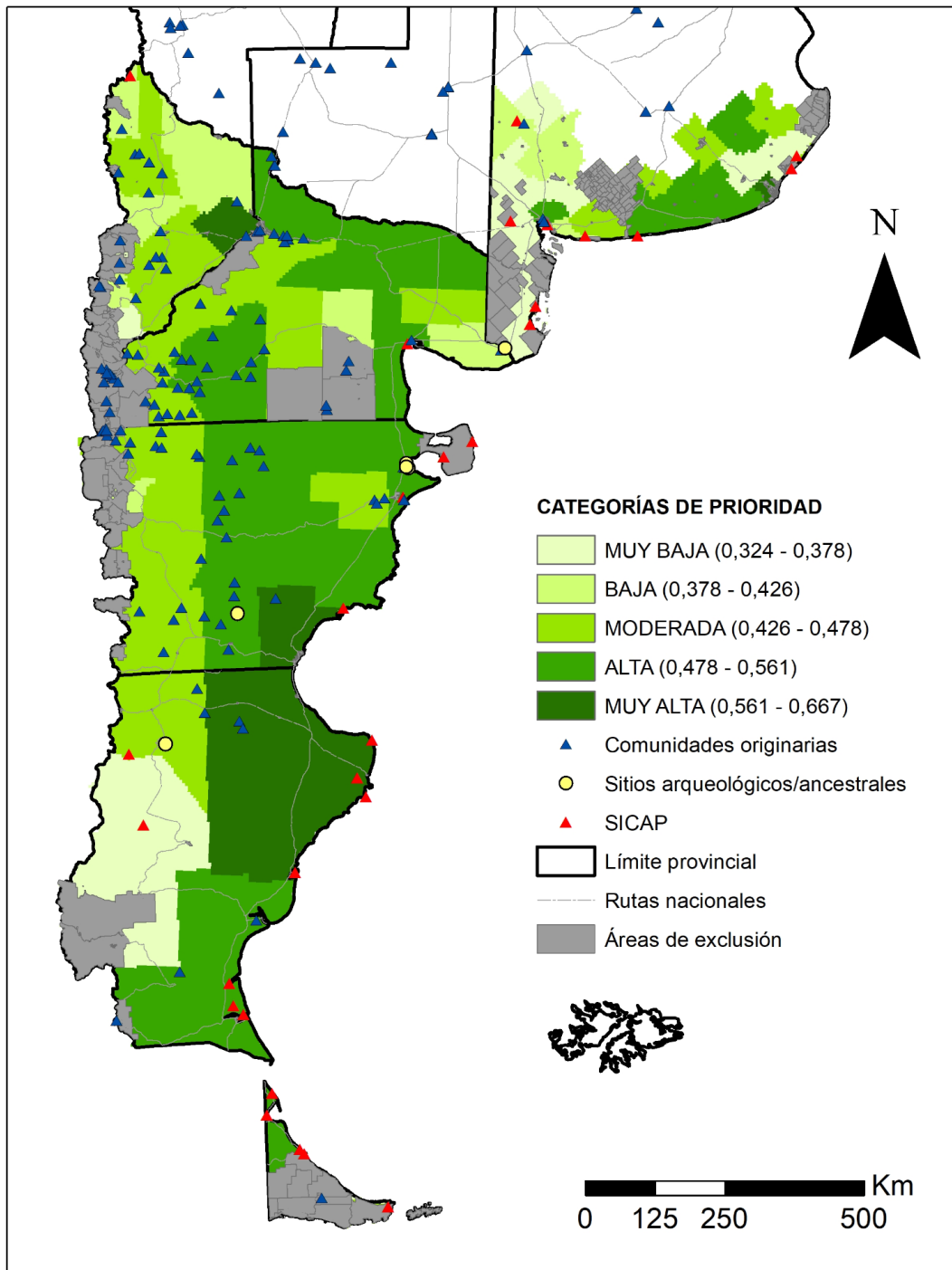
Hidrógeno verde

Los resultados del análisis de decisión multicriterio para la producción de hidrógeno verde en la región patagónica y sur de la provincia de Buenos Aires muestran a continuación:

- **Clasificación de los departamentos:** 29 alternativas con aptitud Alta y Muy Alta. 25 alternativas con aptitud Moderada y 26 alternativas de aptitud Baja y Muy Baja
- **Distribución geográfica:** Las áreas de muy alta y alta prioridad se encuentran principalmente cerca de la costa del mar argentino. Buenos Aires y Chubut tienen el mayor número de alternativas en las categorías de alta y muy alta prioridad, pero en todas las provincias se verifican alternativas de estas características.
- **Contribuciones significativas:** Los subcriterios que más influyen en las categorías de alta prioridad son Vientos, Puertos, Áreas de interés para la conservación biológica, Empleo y Áreas de importancia cultural-turística.

Se muestra a continuación el mapa que muestra el resultado de la zonificación para hidrógeno Verde (Figura 3).

Figura 3. Aptitud para las diferentes localizaciones para hidrógeno verde



Fuente: elaboración propia

Ref: SICAP: Sitios de Importancia para la Conservación de las Aves Playeras

Tabla 2: Departamentos con aptitud alta o muy alta para la producción de H2 Verde

Provincia	Departamento	Área apta Km ²	Área excluida Km ²
Buenos Aires	Ayacucho, Bahía Blanca, General Alvarado, General Pueyrredón, Lobería, Necochea, San Cayetano, Tres Arroyos, Villa Gesell	28.013	2.500
Chubut	Biedma, Escalante, Florentino Ameghino, Gastre, Mártires, Paso de Indios, Rawson, Sarmiento, Telsen.	130.013	4.923
Neuquén	Confluencia	6.835	368
Rio Negro	25 de Mayo, Avellaneda. General Roca, Pichi Mahuida, San Antonio	92.245	650
Santa Cruz	Corpen Aike, Deseado, Güer Aike, Magallanes	141.590	1.571
Tierra del Fuego	Río Grande (incluyendo Tolhuin)	4.183	7.585
Total general		402.879	17.597

La superficie de aptitud alta y muy alta para la producción de hidrógeno verde es de 402.879 km². Esto representa, por ejemplo, una superficie total mayor que la superficie total de Alemania que asciende a los 357.592 km². Si se consideran también las regiones de superficie de aptitud moderada esta superficie se incrementa en un 47%.

Sobre el mapa con las alternativas y su nivel de aptitud se superpusieron capas con información sobre los sitios arqueológicos o ancestrales, sitios de interés de aves playeras y localización de comunidades originarias. Esta información busca complementar los resultados del modelo alertando sobre dimensiones particulares que deben ser tenidas en cuenta a la hora de decidir la planificación territorial de la actividad.

Hidrógeno azul

Los resultados del análisis multicriterio para la producción de hidrógeno azul en la región patagónica y sur de la provincia de Buenos Aires muestran a continuación:

- **Clasificación de los departamentos:** 32 departamentos resultaron comprendidos en las categorías de aptitud alta y muy alta, 21 en la categoría de aptitud moderada y 27 dentro de las categorías de aptitud baja o muy baja.
- **Distribución geográfica:** Los departamentos de mayor aptitud se localizan en las zonas costeras del sur de la Patagonia y centro de provincias de Río Negro y Neuquén.
- **Contribuciones de subcriterios:** Los subcriterios que más influyen en las categorías de alta prioridad son: Áreas de importancia cultural-turística (AICT), Áreas de interés para la conservación biológica (AICB) y Presencia de especies con categoría de conservación. Además, son importantes: Cuencas petrolíferas e Índice de Sequía.

Se muestra a continuación el mapa que muestra el resultado de la zonificación para hidrógeno Azul (Figura 4):

Figura 4. Aptitud para las diferentes localizaciones para hidrógeno azul

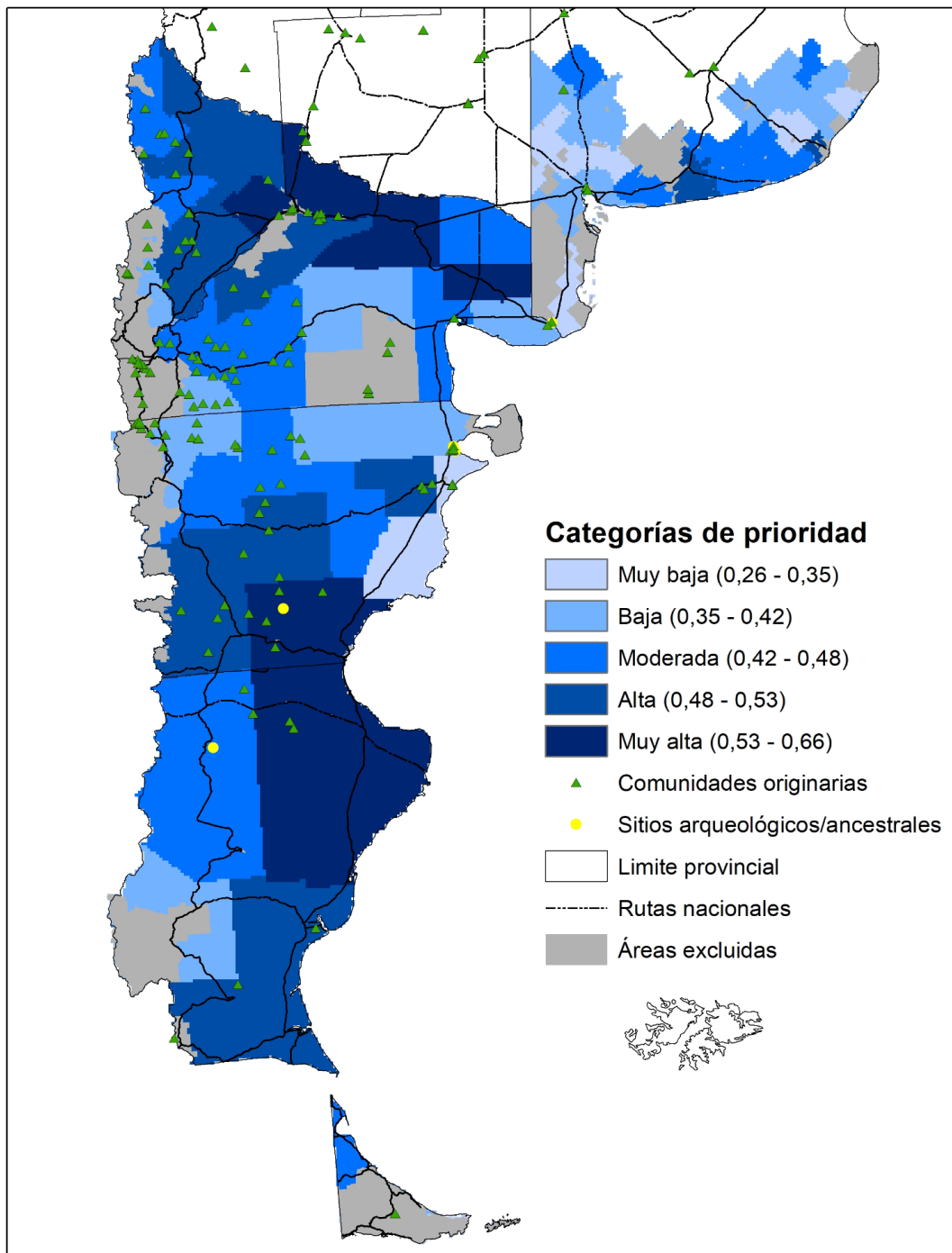


Tabla 3: Departamentos aptos para la producción de H² Azul, categorías alta y muy alta

Provincia	Departamento	Área apta Km ²	Área excluida Km ²
-----------	--------------	------------------------------	----------------------------------

Buenos Aires	General Pueyrredón, Necochea, Tres Arroyos	9.933	2.500
Chubut	Escalante, Gaiman, Paso de Indios, Río Senguer, Sarmiento, Tehuelches	95.871	4.923
Neuquén	Añelo, Catán Lil, Chos Malal, Collón, Curá, Confluencia, Loncopué, Pehuenches, Picún Leufú, Zapala	58.237	368
Río Negro	Avellaneda, Conesa, El Cuy, General Roca, Pichi Mahuida	76.878	650
Santa Cruz	Corpen Aike, Deseado, Güer Aike, Magallanes	141.590	1.571
Total general		382.509	10.011

Tabla 4: Departamentos aptos para la producción de H² Azul, categorías moderada, alta y muy alta

Provincia	Departamento	Área apta Km ²	Área excluida Km ²
Buenos Aires	Adolfo Gonzales Chaves, Coronel Dorrego, General Alvarado, General Guido, General Pueyrredón, Guaminí, Lobería, Necochea, San Cayetano, Tres Arroyos, Villa Gesell	32.918,2	5.363,2
Chubut	Escalante, Gaiman, Gastre, Languiño, Mártires, Paso de Indios, Río Senguer, Sarmiento, Tehuelches, Telsen	160.307,7	5.593,2
Neuquén	Añelo, Catán Lil, Chos Malal, Collón Curá, Confluencia, Loncopué, Minas, Ñorquín, Pehuenches, Picún Leufú, Picunches, Zapala.	74.755,7	1.573,7
Río Negro	25 de Mayo, Avellaneda, Conesa, El Cuy, General Roca, Pichi Mahuida, Pilcaniyeu, San Antonio.	127.316,3	7.617,6
Santa Cruz	Corpen Aike, Deseado, Güer Aike, Lago Buenos Aires, Magallanes, Río Chico	204.281,1	1.640,8

Provincia	Departamento	Área apta Km ²	Área excluida Km ²
Tierra del Fuego	Río Grande	4.182,6	7.585,4
Total general		603.761,6	29.373,9

La superficie de alta o muy alta aptitud para la producción de hidrógeno azul es de 382.509 km², si se consideran las alternativas con aptitud moderada dicha superficie asciende a 606.761,6 km² integrando localizaciones en todas las provincias incluida Tierra del Fuego, AelIAS. Al igual que en el caso del hidrógeno verde, las zonas de exclusión representan una parte minoritaria de la superficie total de las alternativas (menos del 5% de la superficie considerada de aptitud: apta, muy apta y moderada).

Conclusiones y continuidad

La presencia de condiciones ambientales, infraestructura, capacidades industriales, científicas y técnicas, sumadas a una gran extensión de zonas con aptitudes altas o muy altas para el desarrollo de hidrógeno verde (403 mil km²) y zonas con aptitudes altas, muy altas o medias para el hidrógeno azul (604 mil km²), hacen del área analizada un territorio casi único en el mundo para producir este vector energético de bajas emisiones.

Estas ventajas posicionan a la región como un actor importante a nivel global, que puede tener un rol central en el crecimiento y desarrollo de esta industria, con una mejora en las condiciones de vida de los pueblos y comunidades locales en las que persisten brechas territoriales.

Producto del proceso de diálogo y de la visión expresada por los diferentes actores involucrados, el país ha formulado los objetivos de la Estrategia Nacional para el Desarrollo de la Economía del Hidrógeno:

- Desarrollar integralmente el vector productivo del hidrógeno.
- Fomentar los eslabonamientos aguas arriba y aguas abajo de la cadena de valor.
- Desarrollar capacidades industriales en los diferentes segmentos de la cadena y así como en sus trabajadores, a través de la capacitación y la formación técnica y profesional para alcanzar mayores niveles de inclusión social.
- Potenciar los desarrollos científicos y tecnológicos para acompañar la economía del hidrógeno con conocimiento local, logrando objetivos de soberanía tecnológica.

- Potenciar las ventajas competitivas del país en vistas a exportar hidrógeno de bajas emisiones.
- Promover la creación de un mercado interno del hidrógeno, basado en los usos existentes y en nuevos usos, aportando a la disminución de la huella de carbono de diferentes productos industriales para sostener y ampliar el acceso a los mercados internacionales.
- Generar un ecosistema productivo en torno del hidrógeno de bajas emisiones integrado con los espacios federales en concordancia con los objetivos de desarrollo territorial armónico y sostenible.
- Potenciar el desarrollo de la economía del hidrógeno en un marco de sostenibilidad, en consideración por los equilibrios ambientales y los objetivos del desarrollo sostenible.

Estos objetivos nacionales deben ser internalizados como propios por cada proyecto de inversión, así lo demuestran las conclusiones obtenidas en los talleres de participación, donde el desarrollo de proyectos se enfrenta a tensiones territoriales específicas de cada zona con actores territoriales heterogéneos.

Las poblaciones tienen una comprensión muy acabada sobre la importancia de la descarbonización global, pero que esta no sea realizada a costa de transición de la economía local; las poblaciones tienen una alta valoración sobre las capacidades productivas locales y retiran los apoyos a los proyectos cuando los encadenamientos productivos son débiles y cuando los proyectos se comportan como enclaves con bajo nivel de involucramiento local, productivo y comunitario. Esto está fundado en experiencias históricas de proyectos de energía eólica y industria petroquímica cuando estos no cumplieron las expectativas de empleo generadas previamente.

En el proceso de elaboración de la EAE se ha encontrado que a pesar de existir información sobre los impactos ambientales sobre la flora y la fauna, el uso del agua y económicos en términos de generación de empleo de las distintas etapas de la producción de hidrógeno, una parte considerable de esta información no es de fácil acceso, como los informes de impacto ambiental de parques eólicos ya instalados en el territorio, o no es pública, como los planes de inversión potenciales en materia de hidrógeno. Esta situación no sólo impide contar con información relevante para la toma de decisiones, sino que además atenta contra la credibilidad hacia las comunidades locales en todo proyecto de inversión.

Dentro de las tareas pendientes a realizar en el marco de esta EAE que, por su especificidad y tiempos de implementación, todavía no lograron implementarse, están el desarrollo de un proceso de participación y consulta con comunidades originarias que debe ser prioritario, en concordancia con los compromisos asumidos internacionalmente por nuestro país en el Acuerdo de Escazú. Del mismo modo resulta necesaria ampliar la participación a una mayor cantidad de actores interesados, tales como referentes de

comunidades rurales, biólogos especialistas en fauna voladora (aves y murciélagos), referentes de otras localidades, entre otros.

Asimismo, resulta necesario el establecimiento de un plan de seguimiento y monitoreo de la EAE que permita actualizar la información en atención al dinamismo del desarrollo de la actividad y variaciones en el contexto analizado e incorporar e implementar las observaciones que serán provistas por la autoridad evaluadora (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible).

Para finalizar se propone un listado de acciones a realizar que, lejos de ser exhaustivo, tiene como objetivo la mejora continua de la EAE y pretenden colaborar en la implementación de la ENH mediante el establecimiento de un marco de sostenibilidad para el desarrollo de la actividad:

- Promover un marco de gobernanza participativa para la implementación y seguimiento de proyectos, por ejemplo a través de la implementación de talleres de codiseño para prototipar soluciones concretas entre empresas y actores de la sociedad, elaboración de cartografía participativa con comunidades de pueblos originarios y actores locales que permita identificar con mayor nivel de detalle áreas y recursos de mayor interés ambiental y social.
- Generar mayor articulación interjurisdiccional, entre Nación, Provincias y Municipios y sus respectivas áreas ambientales, productivas y de ordenamiento territorial.
- Fortalecer las áreas de evaluación ambiental de todas las jurisdicciones mediante capacitaciones específicas vinculadas al desarrollo de la producción de hidrógeno a partir de las diversas alternativas tecnológicas para anticipar futuras demandas. Asimismo, promover políticas públicas que otorguen prioridad a la evaluación de proyectos vinculados a la transición energética, con el fin de incentivar las inversiones en energías limpias versus otras alternativas más contaminantes.
- Difundir y exponer con mayor claridad la información disponible de actores públicos y privados.
 - Mejorar la transparencia de las evaluaciones de impacto ambiental de proyectos mediante la publicación de la información para acceso público. Esta información resultará fundamental para la medición y estimación de impactos acumulativos vinculados a la interacción de diversas actividades en un territorio.
- Establecer una línea de base de emisiones de CO₂ y desarrollar un esquema regional de certificación de origen del hidrógeno, que permita medir y registrar las emisiones vinculadas a la cadena de valor del hidrógeno, para estimar su contribución a la mitigación del cambio climático.
- Promover la certificación de huella ecológica, eficiencia de recursos y debida diligencia en toda la cadena de valor

- Promover la elaboración de guías de buenas prácticas de la industria del hidrógeno , mediante talleres interdisciplinarios a través de la participación de diversos actores y partes interesadas de la sociedad, gubernamentales , académicos y sector privado

3. Anexo

Tabla A.1 Análisis FODA de los avances y resultados del proceso de la EAE

Resultados del proceso de la EAE	
Positivos/alcanzados	Falencias/Pendientes
<ul style="list-style-type: none"> ● Diseño metodológico innovador ● Implementación avanzada (en 4 meses de trabajo) ● Relevamiento exhaustivo de información para la construcción del diagnóstico, elaborando bases de datos y cartografía específica ● Implementación de talleres en 4 de las 6 provincias alcanzadas por la EAE, con participación de los diversos sectores convocados - relevamiento de voces y opiniones diversas - aportes constructivos, saberes locales ● Valoración positiva de los diversos actores respecto la importancia de implementar esta herramienta para una planificación ordenada de la actividad que atienda las demandas locales 	<ul style="list-style-type: none"> ● Articulación con comunidades de pueblos originarios y actores rurales ● Implementación de talleres de participación de Neuquén y Santa Cruz, y ampliación a otras localidades ● Implementación de una consulta pública por parte del MAYDS que permita nutrir y validar los resultados del diagnóstico ● Necesidad de estudios en profundidad para dimensiones territoriales más acotadas ● Vacíos de información ● Fortalecer la articulación y el intercambio de información con equipos técnicos de gobiernos provinciales ● Necesidad de proveer mayor información vinculada al listado de oportunidades y riesgos abordados en la metodología participativa de los talleres provinciales. ● Establecimiento de directrices específicas vinculadas a acciones que eviten, mitiguen o compensen potenciales impactos socioambientales por el desarrollo de la actividad
Resultados vinculados a la implementación de la EAE	
Oportunidades/fortalezas/avances	Riesgos/debilidades/necesidades
<ul style="list-style-type: none"> ● Amplia dimensión territorial del total de zonas aptas para la producción de H² ● Variedad y calidad de los recursos naturales, recursos humanos calificados, disponibilidad de infraestructura 	<ul style="list-style-type: none"> ● Esquema extractivo, enclaves sin integración local ● Requerimientos de formación y capacitación específicos ● Asegurar contribución efectiva a la mitigación del cambio climático a nivel nacional, desarrollo de esquema de certificación de origen del H² ● Competencia por el uso del agua ● Necesidad de promover una mayor articulación interjurisdiccional y entre los

	<p>diversos actores involucrados, con especial atención a la incorporación de las voces de la sociedad civil en la toma de decisiones.</p> <ul style="list-style-type: none">● Vacíos normativos (tratamiento proyecto de ley de promoción del H2, normativa CCUS, entre otros).
--	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------