

## **Informe del Equipo Académico Multidisciplinario, en relación a la instalación en el territorio nacional de emprendimientos de generación de Hidrógeno Verde (H2V)**

### **INTRODUCCIÓN**

El Hidrógeno Verde (H2V) es la producción por electrólisis de Hidrógeno a partir de energía eléctrica de origen renovable y agua. Este vector energético y sus derivados son una alternativa prometedora y con alto potencial para alcanzar la desfosilización de sectores de actividades humanas donde lograr esto por otros medios es difícil, como el sector industria y transporte, en especial el transporte pesado y de larga distancia. El desarrollo de las actividades vinculadas a H2V ofrecen una oportunidad para la creación de cadenas de valor nacionales, de desarrollo local y empleo de calidad, de asociación regional e internacional, y de exportación de este producto y sus derivados, contribuyendo al mismo tiempo con los objetivos globales de descarbonización. Puede ser también una herramienta que potencie actividades de I+D e innovación en el país, con aporte local a la generación de conocimiento científico-tecnológico y su aplicación en toda la cadena de valor y sus externalidades, y en la incorporación de valor agregado nacional en base a conocimiento en procesos asociados a la producción, gestión, operación, mantenimiento y el suministro de componentes y/o insumos. Este nuevo vector energético puede habilitar una mayor independencia energética, permitir el incremento de los aportes de Uruguay al proceso de descarbonización global y el avance en su descarbonización propia, y constituir una oportunidad productiva, de desarrollo local y de creación de nueva actividad económica en el país de potencial relevancia internacional.

Uruguay cuenta con condiciones que lo hacen atractivo para el desarrollo de esta actividad, algunas de ellas que el país ha construido durante la transición energética del sector eléctrico, pudiéndose presentar ante el mundo como un pionero en energías renovables y en el manejo inteligente de estos recursos. Algunas de las ventajas comparativas que posicionan al país de buena manera en relación al desarrollo de esta actividad son la disponibilidad de recursos energéticos renovables, de agua y de biomasa, la experiencia local de haber descarbonizado su sector eléctrico y ser líder mundial en energías renovables, las capacidades científico-técnicas de un sector energía creciente, una democracia consolidada, una fuerte institucionalidad y un Estado de Derecho pleno. Cabe destacar que, al ser esta una actividad novedosa en el mundo, su incorporación tiene características distintas a otros procesos de desarrollo de nuevas actividades que han ocurrido en Uruguay, donde ya había amplio conocimiento de la actividad en el exterior y por tanto su incorporación tenía un componente grande de adopción tecnológica. El desarrollo del H2V en el país presenta la oportunidad de incorporarse desde su inicio a una industria incipiente y de extraordinario dinamismo a nivel global, pudiendo posicionar al país en la materia, e incluso, bien planificado y con visión estratégica, ser partícipe del desarrollo de la tecnología, su cadena de valor, los servicios relacionados, y el manejo de sus externalidades a nivel técnico, científico, industrial y social.

Como toda actividad nueva, presenta oportunidades y desafíos, tanto en el país como de integración regional e internacional. Es objetivo de este documento brindar un análisis y diagnóstico en contexto de estas oportunidades y desafíos con una visión país. Se abordan las dimensiones técnica, ambiental, y social, proveyendo información y sugiriendo una serie de lineamientos para el desarrollo de esta nueva actividad en Uruguay y para la contribución en esta temática de la Universidad de la República.

## CONTEXTO

A nivel nacional existe un creciente interés público, privado, y gubernamental en la producción de H2V y derivados debido a su potencialidad como nueva actividad productiva en el país. Existen también inquietudes y resistencia originadas en la incertidumbre sobre sus eventuales impactos sociales y ambientales.

Nuestro país está realizando esfuerzos para desfosilizar la matriz energética mediante medidas que incluyen, entre otras, la promoción de la movilidad eléctrica en el transporte urbano y suburbano, la eficiencia energética, y la sustitución de derivados del petróleo en algunas ramas de la industria nacional y del transporte pesado de mediana y larga distancia. Uruguay comenzó a trabajar en el desarrollo del H2V en el año 2018, a partir de la formación de un grupo interinstitucional inicial compuesto por el Ministerio de Industria, Energía y Minería (MIEM) y las empresas públicas de energía ANCAP y UTE (Hoja de Ruta del Hidrógeno Verde y derivados en Uruguay, MIEM, 2023, p. 12). El país asistía -entonces- a la culminación de un exitoso proceso de descarbonización de la matriz eléctrica y se vislumbró al H2V como vector idóneo para avanzar en la desfosilización de actividades productivas como transporte carretero pesado, marítimo y aéreo, y algunas ramas industriales, así como también para la producción de ciertas materias primas o insumos. Se valoró que el punto de partida podría ser la producción de H2V a partir de energías renovables y su uso en el transporte pesado y de larga distancia. En 2019 se presentó el Proyecto Verne con participación de ANCAP, UTE y MIEM. En 2020 el grupo interinstitucional se amplió y se incorporaron otros Ministerios, instituciones y agencias del Estado, y hubo un cambio en las prioridades e instrumentos para insertar al país en la economía del hidrógeno al vislumbrarse la posibilidad de que Uruguay podría convertirse en un país productor y exportador de H2V y derivados hacia Europa.

A partir del año 2021, un grupo interinstitucional gubernamental avanzó en el desarrollo de la denominada Hoja de Ruta del Hidrógeno Verde en Uruguay. Como parte de este proceso se desarrollaron tres instancias de intercambio con actores relevantes del sector (mesas de trabajo), que incluyeron la participación de más de setenta representantes del ámbito nacional e internacional en cada encuentro. Luego de estos encuentros y la consultoría hecha por McKinsey & Company, el Gobierno visualizó a Uruguay como candidato natural para la producción y exportación de H2V y sus derivados a gran escala, y a partir de allí se planteó una Hoja de Ruta del Hidrógeno Verde para nuestro país, inicialmente con objetivos hasta el 2050. En el año 2022, nuestro país obtuvo un apoyo de 10 millones de dólares a través del Fondo de Innovación de Energías Renovables de Naciones Unidas (REIF, por sus

siglas en inglés) para impulsar la segunda transición energética en Uruguay<sup>1,2</sup>. Entre los principales desafíos de esta nueva transición se destacan la electrificación del transporte y la industria, y el desarrollo de tecnología asociada al hidrógeno verde mediante proyectos de inversión. A finales de ese año, a través de la resolución presidencial 294/022<sup>3</sup>, se encomienda al MIEM a implementar y administrar el Programa H2U. Allí se convoca a todos los organismos públicos con vinculación en la temática para trabajar en forma coordinada y articulada en la implementación del programa, incluyendo al CONICYT e invitando al sector académico en forma general. El objetivo de dicho programa es promover el desarrollo del hidrógeno verde en Uruguay con acciones en las áreas de innovación, aspectos regulatorios, atracción de inversiones, generación de capacidades, cooperación internacional, análisis de aspectos de infraestructura y logística, evaluación del potencial offshore y comunicación. Todo esto quedó plasmado en la última versión de la Hoja de Ruta de Hidrógeno Verde, la cual fue actualizada en el año 2023 con un horizonte al año 2040<sup>4</sup>.

La Agencia Internacional de Energía (IEA, por sus siglas en inglés) identifica cuatro proyectos en distinto grado de maduración en Uruguay: H24U en Pueblo Centenario, Tambor Green Hydrogen Hub en Tambores, HIF Global en Paysandú y H2U Offshore ANCAP (en proceso de licitación). H24U es un proyecto piloto de desarrollo de hidrógeno verde para el transporte de carga pesada en Uruguay, iniciativa de las empresas Saceem, CIR, Air Liquide y Fraylog. El proyecto fue ganador del Fondo Sectorial de Hidrógeno Verde instrumentado por la Agencia Nacional de Investigación e Innovación (ANII) con fondos provenientes del MIEM. El proyecto consiste en la conversión de 17 camiones del sector forestal para que funcionen con hidrógeno verde. La producción de hidrógeno verde para el proyecto será realizada por una planta electrolizadora de 1 MW ubicada en Pueblo Centenario, Durazno. La planta será alimentada por energía de un parque solar de 2 MW. El proyecto tendrá un costo total de 43,5 millones de dólares. El MIEM aporta 10 millones de dólares a través del Fondo Sectorial de Hidrógeno Verde de la ANII. El resto del financiamiento es aportado por las empresas participantes en el proyecto<sup>5</sup>.

En mayo de 2022 se dio a conocer el proyecto “Tambor”, iniciativa desarrollada por la empresa alemana Enertrag en conjunto con la empresa uruguaya SEG Ingeniería<sup>6</sup>. De acuerdo a esta iniciativa, Uruguay tendría su primera planta de H2V con una capacidad de producir 13.000 toneladas de hidrógeno verde al año. La iniciativa propone instalar una planta que se ubicará en la localidad de Tambores (límite entre los departamentos de Tacuarembó y Paysandú). Según información pública aportada por la empresa Enertrag sobre el proyecto “Tambor Green Hydrogen Hub”, la mayor parte del Hidrógeno producido será convertido en derivados, principalmente metanol, cuyo destino principal será la exportación. Así, en una primera etapa, el producto a comercializar será el metanol producido a partir del hidrógeno

---

<sup>1</sup><https://www.gub.uy/presidencia/comunicacion/noticias/naciones-unidas-apoya-fondo-10-millones-dolares-segun-da-transicion-energia#:~:text=Uruguay%20Presidencia&text=Como%20parte%20de%20los%20Objetivos,segunda%20transici%C3%B3n%20energ%C3%A9tica%20en%20Uruguay>

<sup>2</sup> <http://reifuruguay.org.uy/>

<sup>3</sup> <https://www.gub.uy/presidencia/institucional/normativa/resolucion-n-294022-se-encomienda-ministerio-industria-energia-mineria>

<sup>4</sup> [www.miem.gub.uy](http://www.miem.gub.uy) | [www.hidrogenoverde.uy](http://www.hidrogenoverde.uy).

<sup>5</sup> <https://www.uruguayxxi.gub.uy/uploads/informacion/79870b5679e4f9634944f6b8daciaa8ee6c3d45df.pdf>

<sup>6</sup> [https://www.ambiente.gub.uy/bir/manifiestos/attachments/VAL\\_Planta\\_H2\\_Tambor\\_con\\_anexo\\_enero\\_2022.pdf](https://www.ambiente.gub.uy/bir/manifiestos/attachments/VAL_Planta_H2_Tambor_con_anexo_enero_2022.pdf)

verde generado y dióxido de carbono biogénico. Este tipo de metanol, también denominado e-metanol, puede utilizarse directamente como combustible líquido en el transporte marítimo, o como materia prima para la producción de gasolina y kerosene para el transporte terrestre y aéreo, respectivamente.

La empresa HIF Global invertiría en la instalación de una planta para la producción de combustibles sintéticos (e-combustibles) a partir de hidrógeno verde en Uruguay, en Paysandú<sup>7</sup>. Contaría con un electrolizador alcalino de 1 GW de potencia y se deberían instalar 2 GW de generación eléctrica renovable adicionales en el país a partir de parques de energía solar fotovoltaica y eólica. El hidrógeno verde se utilizará para producir aproximadamente 256 millones de litros anuales de combustibles sintéticos, a partir del H<sub>2</sub>V y del CO<sub>2</sub> generado por la combustión de biomasa en la planta de ALUR en Paysandú (que fue objeto de una licitación hecha por ANCAP, y de utilizarse de esta forma el CO<sub>2</sub>, no se emitirá a la atmósfera en la planta de ALUR, como se hace actualmente), de residuos agrícola-forestales y de captura de CO<sub>2</sub> de la atmósfera. La planta de producción y la capacidad de generación renovable van a ocupar una superficie de unas 17.000 hectáreas, principalmente para la instalación de los parques eólicos y fotovoltaicos (en principio, no co-localizados).

Además, se encuentra avanzado un cuarto proyecto denominado Kahirós, enteramente de participación privada y liderado por las empresas Ventus, Fraylog y Fidocar, que consiste en la conversión de camiones transportadores de carga forestal, que funcionarán en base a hidrógeno en lugar de gasoil<sup>8</sup>.

En febrero 2024 se inicia un Convenio entre el MIEM y el Instituto de Mecánica de los Fluidos e Ingeniería Ambiental (IMFIA) de la Facultad de Ingeniería, Udelar, para realizar un asesoramiento técnico especializado a los efectos de analizar la disponibilidad del recurso hídrico superficial y subterráneo en Uruguay para la producción de H<sub>2</sub>V, evaluando su impacto a nivel nacional de forma de contar con insumos para la toma de decisiones. Este Convenio se encuentra actualmente en ejecución y se espera su culminación para finales del presente año. Esta actividad apunta a tener a nivel país una asesoría independiente para la construcción de política pública sobre el posible impacto del uso del agua de estos proyectos.

La incipiente economía global del H<sub>2</sub>V posee aún buen grado de incertidumbre, no sólo respecto a los costos de producción alcanzables -debido a la necesidad de masificar la actividad y generar mejoras tecnológicas- y la dinámica de la demanda, sino también en cuanto a logística, almacenamiento y transporte<sup>9</sup>. En este contexto, se está configurando una nueva geopolítica de la energía, en la que emergen nuevas fuerzas de mercado y estrategias nacionales y regionales. En América Latina es clara la presencia de la Unión Europea, en particular de Alemania, en la búsqueda de acuerdos que contribuyan a cubrir la demanda insatisfecha del nuevo vector energético. También de otros países, como Corea del Sur, que financió un proyecto a través del BID, y de Japón, que otorgó becas para cursos y visitas a plantas en operación. Cabe mencionar que las incertidumbres identificadas son en su mayoría

<sup>7</sup> [https://medios.presidencia.gub.uy/legal/2024/resoluciones/05/presidencia\\_6382.pdf](https://medios.presidencia.gub.uy/legal/2024/resoluciones/05/presidencia_6382.pdf)

<sup>8</sup> <https://www.uruguayxxi.gub.uy/es/noticias/articulo/uruguay-consolida-su-camino-como-productor-de-hidrogeno-verde-en-el-world-hydrogen-summit-2024/>

<sup>9</sup> Esta incertidumbre en particular está presente en países como Uruguay, donde no se cuenta con experiencia de gran escala en petroquímica o siderurgia, y donde también son débiles las obras de infraestructura y logística que puedan resultar funcionales al desarrollo de la nueva industria.

propias de toda actividad novedosa, y reducirlas o mitigarlas deben ser parte -y en general lo son- del proceso de toma de decisiones en los distintos niveles involucrados.

Estos riesgos inherentes interactúan, en América Latina y en particular en Uruguay, con inquietudes respecto al rol que deben jugar nuestros países en esa nueva economía global emergente. También interactúan con las demandas locales de desarrollo y de oportunidades laborales, y con inquietudes frente a los eventuales impactos socioambientales que en algunos casos toman la forma de resistencia. Respecto a lo primero, el dilema es si vamos a ser simples exportadores de commodities -rol que históricamente hemos cumplido en la división internacional del trabajo- o si se puede aprovechar la ventana de oportunidad que se abre para potenciar las capacidades nacionales y desarrollo local, construyendo espacios de aprendizaje e innovación, y creando oportunidades en la cadena de valor para una mejor calidad de vida de la población. Respecto a lo segundo, no hay otro camino que informar y abrir espacios de participación para elaborar una hoja de ruta en la que la sociedad uruguaya en general y las comunidades locales en particular se sientan incluidas, contenidas y protagonistas de un proceso que debe representar una oportunidad para el desarrollo territorial endógeno.

La actual Hoja de Ruta del Hidrógeno Verde no incluye acciones explícitas y de porte adecuado que promuevan un involucramiento directo del sistema científico-tecnológico o de la industria nacional en el desarrollo de la actividad en el país, estableciendo una metodología principalmente orientada a la adquisición en el exterior del tipo “llave en mano”. No se observa una planificación sobre cómo incorporar capacidades tecnológicas en el país que promuevan el impulso del aporte nacional en la cadena de valor, en la instalación de los proyectos, en su gestión integral, o en su operación y mantenimiento. En particular, no hay una planificación explícita de acciones que promuevan que los insumos tecnológicos o los servicios profesionales/técnicos requeridos, o parte de ellos, sean a corto o mediano plazo provistos en forma local. La planificación estratégica sobre el desarrollo de know-how nacional (científico, profesional, técnico, e industrial) es un elemento a incorporar a la Hoja de Ruta del H2V, y de no realizarse, dejará al país en una posición desfavorable para aprovechar esta actividad como motor de desarrollo. Si no se incorpora esta dimensión, la actividad podría resultar en una contribución a la ya histórica dependencia tecnológica de Uruguay frente a los países centrales, en detrimento del desarrollo productivo, científico, tecnológico, económico y laboral para nuestro país.

Ante este escenario, y aprovechando capacidades científicas ya existentes en el país en la materia, algunas de ellas que provienen de décadas de desarrollo, en el año 2021 académicos de varias instituciones públicas y privadas se congregaron bajo el nombre de Red Académica para la Promoción, Investigación y Desarrollo del Hidrógeno y la Descarbonización en Uruguay (RedH2uy). Esta red está formada por investigadores de la Universidad de la República (Facultad de Química, Facultad de Ingeniería, Facultad de Derecho, Facultad de Ciencias Sociales, CENUR Litoral Norte y CENUR Noreste), la Universidad Tecnológica del Uruguay (Instituto Tecnológico Regional Centro-Sur, Ingeniería en Energías Renovables), el Instituto de Investigaciones Biológicas Clemente Estable (IIBCE), y del Laboratorio Tecnológico del Uruguay (LATU). Entre los principales objetivos de esta red se encuentran: integrar la investigación que se está realizando en Uruguay sobre el H2V y sus derivados, fomentar la generación de conocimiento, la formación de recursos

humanos, la investigación nacional sobre el tema, así como socializar toda información técnica que contribuya al debate público y objetivo de los diferentes aspectos relacionados con el H2V en el Uruguay y la región. Aunque recientemente se han generado instancias de intercambio de académicos nacionales con autoridades y técnicos del MIEM, aún no se han concretado compromisos concretos para un mayor involucramiento del sistema científico nacional en las iniciativas relacionadas con el H2V en Uruguay. Dentro de esas instancias recientes, cabe mencionar la creación de una Comisión ad-hoc en el ámbito del CONICYT con representantes del MIEM, la n carácter de invitada.Udelar, las universidades privadas, ANCAP, PIT-CNT, y de UTEC e

Finalmente, un área de incertidumbre específica y relevante es la relacionada con la certificación y regulación de la actividad. Hay algunas definiciones establecidas en la Unión Europea que implican márgenes de acción en la materia si de lo que se trata es de participar de la economía global del hidrógeno. Asimismo, a escala nacional resulta todavía indefinida la relación entre la producción de H2V y las obras de infraestructura y logística que puedan ser desplegadas por entidades públicas, y las sinergias y/o tensiones que puede generar su uso. Definir la técnica regulatoria a implementar es uno de los grandes desafíos.

## **OPORTUNIDADES EMERGENTES**

En el desarrollo de la actividad en el país se identifican las siguientes oportunidades:

- *Diversificación de la matriz productiva.* El desarrollo del H2V y derivados puede generar una nueva actividad productiva e industrial en el país con el potencial de involucrar y generar capacidades locales técnicas y profesionales. Esto podría contribuir a avanzar en la reducción de la dependencia histórica de Uruguay de los commodities agrícolas y ganaderos, impulsando la producción de bienes, servicios y cadenas de producción de mayor valor agregado. El potencial de esta industria de generar un nuevo mercado global de relevancia, según distintas estimaciones pudiendo llegar al 10% del mercado mundial de energía, constituye una oportunidad significativa para el país.
- *Diversificación de la matriz energética.* El avance hacia una economía con uso de H2V y derivados de producción local contribuiría a reducir la dependencia de Uruguay de los combustibles fósiles importados y fortalecer su seguridad energética. Uno de los factores importantes de dependencia externa de Uruguay es el precio internacional del petróleo y la fuerte dependencia del país con este commodity en el consumo de energía no eléctrica. La producción local de H2V y derivados, por tanto, contribuiría con la independencia energética del país, en tanto estos se consoliden como energéticos de uso extendido.
- *Generación de empleo.* La industria del H2V y sus derivados tiene potencial para crear nuevos puestos de trabajo calificados, dignos, y de calidad, en las diversas partes de su cadena de valor, en los servicios para su funcionamiento, en el manejo de los recursos naturales involucrados, y en el manejo de su impacto ambiental y social. Esto incluye la demanda de técnicos especialistas, de profesionales de diferentes perfiles, y de profesionales altamente calificados que sean capaces de generar o adoptar nuevo conocimiento, e integrarlo e implementarlo efectivamente en la actividad.

- *Descentralización.* Debido a la disponibilidad de recursos, las actividades relacionadas al H2V están intrínsecamente ligadas al territorio. Esto implica que los proyectos estarán principalmente ubicados en el interior del país. Esto brinda una oportunidad de empleo para las poblaciones y ciudades cercanas, y la radicación de técnicos, profesionales e investigadores en el interior del país. También brinda una oportunidad para la formación de nuevas PYMES o nuevas oportunidades para las existentes, un elemento que se debe integrar a la discusión, y para el desarrollo de negocios y otras actividades en la cadena de valor en forma descentralizada. Un elemento clave en este punto es la formación de RRHH en el propio territorio.
- *Escalamiento de las capacidades nacionales acompañando el crecimiento.* La Hoja de Ruta del Hidrógeno Verde plantea la meta de 9 GW de electrolizadores para 2040, por lo que sería necesario contar con una capacidad instalada en renovables en el entorno de 18 GW. Hoy Uruguay cuenta con algo más de 1.5 GW de eólica y 0.25 GW de solar. El proyecto Tambor implica un parque de renovables (eólica y solar) con una potencia de 0.3 y 0.5 GW, y HIF plantea 2 GW entre parques eólicos y solares, por lo que con un horizonte a 2030 se aumenta a más del doble la capacidad instalada de renovables en el territorio nacional. Estas magnitudes hacen que, tanto a corto o mediano plazo, el desafío sea considerable. Se debe promover que las capacidades nacionales acompañen este crecimiento y sean actores centrales en el proceso.
- *Exportación y atracción de inversiones.* El H2V y sus derivados puede convertirse en un producto de exportación estratégico y de potencial gran volumen, atrayendo inversiones y generando ingresos para el país.
- *Promover la distribución social de los beneficios.* El desarrollo de esta industria en el país ofrece la oportunidad de generar, directa o indirectamente, beneficios distribuidos en la ciudadanía. Para ello, se debe evaluar cuidadosamente el desarrollo endógeno del país acompañando la temática, la generación de servicios e incorporación a cadenas de valor en el país, el rol y articulación con las PYMES, el impacto fiscal de la nueva actividad, el rol de las empresas públicas, las oportunidades e implicancias de posibles asociaciones con los entes públicos, y asegurar una distribución equitativa de los beneficios.
- *Descarbonización de las actividades en el país.* La introducción del H2V y sus derivados en sectores de actividad del país, especialmente en aquellos de difícil descarbonización, como el transporte, construcción e industria, permitiría seguir avanzando en sus objetivos de mitigación del cambio climático y reducción de huella de carbono nacional. Uruguay ya es líder mundial en realizar esta tarea en el sector eléctrico, y la introducción de este vector energético permitiría avanzar hacia otros sectores, alcanzando un posicionamiento internacional de incluso mayor destaque en la materia.
- *Fortalecimiento del ecosistema de investigación e innovación.* El desarrollo de una industria de punta, novedosa en el mundo, como la del H2V y sus derivados, tiene el potencial para generar importantes sinergias con las capacidades locales de investigación, desarrollo, transferencia tecnológica y de conocimiento, e innovación empresarial.

Este conjunto de oportunidades sólo podrán ser aprovechadas a su máximo potencial si el país hace una gestión inteligente de la introducción de la actividad en el país. El aprovechamiento de esta ventana de oportunidad implica, entre otras cosas, definiciones estratégicas que permitan darle un marco claro a la actividad en el país y su vinculación internacional, promoviendo que contribuya a un desarrollo país genuino, adecuado a sus

capacidades y potencialidades, y con foco en que su introducción represente, en forma directa o indirecta, una mejora de la calidad de vida de los habitantes del país y de los territorios específicos de localización de las actividades. Lograr lo anterior, muy especialmente en este caso, y por el carácter novedoso de la actividad, requiere fomentar la vinculación de la academia con el sector productivo y con la construcción de política pública.

## DESAFIOS EMERGENTES

Sin perjuicio de lo anterior, como toda nueva actividad productiva, su introducción implica desafíos que deben ser gestionados adecuadamente, brindando garantías en el proceso y mitigando riesgos. Los desafíos que se identifican son los siguientes.

- *Impacto en las comunidades locales.* Es necesario considerar, mitigar, y/o posiblemente subsanar eventuales impactos sociales y económicos de los proyectos de H2V y sus derivados en las comunidades cercanas a los emprendimientos. Toda acción debe apuntar necesariamente a garantizar un mayor acceso a oportunidades de calidad a la población local, mitigar adecuadamente posibles efectos negativos, y la promoción de una mejor calidad de vida en dichas poblaciones.
- *Acceso y transparencia de la información.* Los proyectos aún han disponibilizado poca información a la sociedad, tanto de divulgación general como de aspectos técnicos<sup>10</sup>, lo que empieza a generar inquietud, especialmente en poblaciones cercanas a los proyectos anunciados. Es natural que alguna información técnica muy detallada del diseño de los proyectos sea reservada, por motivos de confidencialidad empresarial o porque algunos elementos no están aún totalmente decididos a nivel de proyecto o de contratos. No obstante, el acceso a la información sobre características técnicas relevantes o elementos que impacten en la sociedad, comunidades o ambiente es un derecho de la población y mantener altos estándares de transparencia en los procesos es necesario. Esto permite, entre otras cosas, analizar los proyectos en forma objetiva y en su correcta dimensión, evitando malas interpretaciones. El reciente estudio de percepción ciudadana realizado por la Cátedra UNESCO e investigadores del CENUR Noreste, Udelar<sup>11</sup>, en la zona de Tambores, identifica como cuestión crítica a la desinformación en el caso del Proyecto Tambor, siendo uno de los aspectos más relevantes del relevamiento realizado. El proceso de introducción de esta nueva actividad debe garantizar el acceso a información fidedigna y de calidad a la población, y fomentar la participación activa de las comunidades locales en la internalización de esos procesos.
- *Consumo de agua.* El uso del agua, como recurso fundamental y de vital importancia, debe ser adecuadamente analizado, gestionado, monitoreado y supervisado desde las autoridades y entidades públicas con competencia en la materia, tanto para esta nueva actividad así como cualquier otra industria existente que haga uso de este recurso. En Uruguay, la Dirección Nacional de Agua (DINAGUA) del Ministerio de Ambiente es el organismo encargado tanto de monitorear la disponibilidad de los recursos hídricos del

---

<sup>10</sup> Cabe destacar que recientemente la empresa HIF Global ha iniciado actividades de vinculación con la sociedad tanto en Pueblo Constancia como en Paysandú, organizando jornadas de intercambio con contenido técnico orientadas a la población general, las comunidades cercanas al emprendimiento, y profesionales y académicos. La empresa ha realizado un mapa de actores en la zona, identificando a la Udelar como un actor relevante.

<sup>11</sup> Informe del proyecto "Hidrógeno verde y proyecto Tambor, percepción e información de los habitantes de la zona de influencia". Elaborado por la Cátedra Unesco e Investigadores del CENUR Noreste.  
<https://asa.edu.uy/presentacion-de-resultados-de-encuesta-sobre-hidrogeno-verde-y-proyecto-tambor/>



país como de autorizar los derechos de aprovechamientos superficiales y subterráneos. El país cuenta con una red de monitoreo de recursos hídricos que si bien ha permitido el aprovechamiento del recurso sin grandes conflictos, muestra una falta de inversión y necesita ser reforzada. Particularmente, a nivel de aguas subterráneas, los monitoreos son sustancialmente menores en comparación con los de aguas superficiales y los mecanismos de fiscalización de uso no son efectivos. En principio, la industria del H2V no es más intensiva en el uso de agua que otras ya existentes en el país (ver anexo). El volumen diario y/o anual de agua demandado por los proyectos antes mencionados no generaría un desbalance país, ni afectaría significativamente la disponibilidad de agua para consumo humano u otros usos, siempre que sea adecuadamente analizado su impacto sobre los cuerpos de agua afectados. Cabe destacar que el recurso hídrico, bien gestionado, es un recurso renovable, para lo cual es necesario evaluar su disponibilidad espacial y temporal a distintas escalas, y disponer de información de calidad sobre las actividades productivas que lo utilizan. Dado su estrecho vínculo con los recursos hídricos, el desarrollo de la industria del H2V podría impulsar un fortalecimiento en la gestión hídrica, siempre que este avance esté acompañado por un robustecimiento de las instituciones responsables de dicha gestión.

- *Manejo de impacto ambiental, efluentes y desechos.* Existen varios elementos de impacto ambiental de los proyectos de H2V: por el uso del territorio, el uso de recursos, efluentes y desechos. Los estudios de evaluación de impacto ambiental y acciones de mitigación de riesgo e impacto ambiental son centrales y deben realizarse con las mayores garantías y transparencia de proceso e información. Se debe destacar que el país cuenta con exigentes mecanismos institucionales de evaluación de impacto ambiental y autorización de emprendimientos, y que estos proyectos, por su naturaleza, serán categorizados con la máxima exigencia para este proceso. El país debe contar con mecanismos de control para análisis de efluentes y desechos sólidos de esta actividad. Por otro lado, los posibles desechos generados a mediano-largo plazo por la salida de funcionamiento o renovación de parques eólicos y solares diseñados para una vida útil de 20-25 años, o la degradación de electrolizadores cuyos electrodos pueden estar compuestos por electrocatalizadores a base de metales nobles y minerales críticos, es una temática a abordar. Se deben atender las medidas para mitigar el impacto ambiental por estos u otros aspectos de los proyectos.
- *Conflictos por el uso del territorio.* Se debe analizar que la ubicación de los proyectos no entre en conflicto con otros usos o destinos del territorio, en particular, en lo que tiene que ver con áreas protegidas. En este último caso, es un aspecto central que los proyectos en ubicaciones cercanas tomen todas las medidas ambientales requeridas para que la coexistencia sin afectación (o con afectación mínima) sea posible y, asimismo, deben ser supervisados con garantías adecuadas por las autoridades públicas competentes en la materia cumpliendo con la normativa vigente.
- *Incertidumbre en la demanda y en la regulación internacional.* Se espera que el consumo de mayor porte de H2V sea en los países que actualmente generan la mayor cantidad de emisiones de gases de efecto invernadero, en un necesario proceso de desfosilización de actividades humanas. Esto condice además con una mayor capacidad de pago por un energético que aún tiene un costo elevado (requiriendo aún de su masificación y avance tecnológico para su proceso de abaratamiento). Por tanto, la demanda de H2V, al menos en los primeros años de la actividad, estará concentrada en países del norte global, y sujeta a la regulación de los potenciales compradores, en particular, la Unión Europea. Se sumarán además las regulaciones nacionales, que en el caso de Uruguay están aún por

definirse. Esto constituye un marco general de incertidumbre, requiriendo un adecuado balance entre el avance país en la temática, las expectativas, y los desarrollos a realizar. Este balance compite con la ventana de oportunidad de posicionarse internacionalmente en una nueva industria emergente y de potencial relevancia global. Estos aspectos requieren de un diálogo nacional informado, entre los actores e instituciones relevantes en la temática, promoviendo los acuerdos en metas y estrategias.

- *Desafíos geopolíticos.* Los países que colaboren con el nuestro en esta temática, tienen, naturalmente, intereses específicos que deberán evaluarse en conjunto, pues es posible que se superpongan o eventualmente entren en conflicto entre sí, por lo que es oportuno estudiar los compromisos a adoptar con otros países en el contexto general.

## **LINEAMIENTOS SUGERIDOS PARA EL PAÍS**

El país debe transitar una ruta ordenada para la incorporación de esta nueva actividad productiva. Las acciones deben ser tales que garanticen un aprovechamiento máximo de las oportunidades y una mitigación o subsanación de los desafíos o riesgos, brindando garantías para todas las partes involucradas, en especial, la población local, y con transparencia en el proceso. Desde una motivación propositiva, ordenadora, y de aporte a la construcción nacional en esta temática, y en el marco del rol establecido por el Art. 2 de la Ley Orgánica de la Universidad de la República, se sugieren los siguientes lineamientos generales para la construcción de la temática en el país.

1. Transitar hacia una Política de Estado en materia de Hidrógeno Verde y derivados.

Uruguay cuenta a la fecha con una Hoja de Ruta de Hidrógeno Verde que involucró la participación de diversos actores del ámbito gubernamental, social, público y privado. No obstante, ésta no podría definirse a la fecha como una Política de Estado, debido a que no ha transitado el camino de una discusión interpartidaria en diferentes niveles municipales, departamentales y nacionales, que culmine en la aprobación de una Política consensuada por todo el espectro político nacional. La exitosa transición energética del sector eléctrico en Uruguay demostró claramente la importancia fundamental de transitar y lograr tales acuerdos, dado que en gran medida esto fue lo que posibilitó esa gran transformación del país. La potencialidad de esta nueva actividad y la tradición de grandes acuerdos indican que este es el camino que debe transitarse también en este caso, quizá incluso con más necesidad, dada la mayor magnitud de la tarea y las implicancias en oportunidades y desafíos para el país. El establecimiento de una Política de Estado brinda un marco y da garantías a todos los actores involucrados, públicos y privados, y a la ciudadanía en general.

2. Asegurar que la nueva actividad promueva y contribuya al desarrollo integral del país.

Uno de los problemas críticos en el desarrollo económico del Uruguay es la dificultad para avanzar en la diversificación y complejización de la estructura productiva. Más allá de que el cambio tecnológico ha estado presente históricamente, el principal esfuerzo se ha

concentrado en mejorar la productividad en la explotación de los recursos naturales con escasa preocupación por el desarrollo de otras actividades productivas que impliquen mayor valor agregado y/o incorporación de conocimiento. Esto se asocia a la configuración de un ecosistema innovador poco articulado, resultado de una débil relación entre el sistema productivo y el sistema de producción de conocimiento. Asimismo, la matriz productiva no ha generado una demanda dinámica de empleos de calidad, al tiempo que condiciona al país a una inserción internacional muy dependiente de los fluctuantes precios de los commodities agrícola-ganaderos. La sistemática explotación de los recursos naturales como base de la competitividad ha provocado históricamente una presión importante sobre los ciclos biogeoquímicos que se manifiesta -por ejemplo- en la calidad de los suelos, la contaminación de los flujos superficiales de agua, pero también en lo que se ha definido como estrés hídrico.

Los proyectos de H2V en el país deberían representar una oportunidad para contribuir a superar el estigma de la primarización de la economía uruguaya, para fortalecer el ecosistema de innovación, la generación de puestos de trabajo dignos, de calidad y diversos, que permita mitigar las dinámicas excluyentes y contribuya a la sostenibilidad del desarrollo del país. En este último aspecto, la incorporación a la denominada “economía del hidrógeno” implica la producción de energía renovable (a partir de las fuentes eólica y solar) que, dada la magnitud de los emprendimientos anunciados y las proyecciones de la Hoja de Ruta del H2V, obliga a pensar en algunas externalidades de su uso a gran escala, como el uso suelo (tanto en competencia como en convivencia con otras actividades productivas del país, en particular, la actividad agropecuaria), el posible impacto sobre migraciones de aves, y la disposición final de paneles y componentes de aerogeneradores, electrolizadores, entre otros. El tratamiento de los efluentes y desechos propios de la industria de H2V y derivados deben ser considerados como un elemento crítico de los proyectos y en su aprobación. Por último, la producción de hidrógeno verde implica la utilización de agua como materia prima, y por tanto el estudio del impacto sobre las aguas superficiales y/o subterráneas debe estar presente de forma determinante para evaluar la viabilidad de proyectos. En tal sentido, Uruguay cuenta con dos instrumentos claves para tener en cuenta al momento de la autorización y monitoreo de los proyectos en lo específico al tema agua: La “Ley de Política Nacional de Aguas. Principios Rectores” (Ley N°18.610 de 02/10/2009) y el Plan Nacional de Agua (Decreto del Poder Ejecutivo 205/017 de 31 de julio de 2017). Estos instrumentos son utilizados en base regular por las instituciones públicas de contralor en la materia. Existen más factores a tener en cuenta, como el tipo de tecnología a implementar, su durabilidad, tipo de proceso para los derivados, y sus eficiencias.

En síntesis, el estudio y la valoración de la incorporación de Uruguay en la economía del hidrógeno debería encararse desde una perspectiva sistémica, lo que implica esfuerzos por construir espacios interdisciplinarios e interinstitucionales para evaluar las oportunidades y los riesgos. Pero, sobre todo, integrar la estrategia del hidrógeno verde en una perspectiva de desarrollo nacional endógeno, inclusivo y sostenible en lo económico, en lo social y en lo ambiental. Las implicancias y oportunidades de estos proyectos se deberían analizar desde la intersección Energía-Ambiente-Sociedad, atendiendo el uso de los recursos naturales del país, impulsando el aporte nacional en las distintas etapas de los proyectos (prediseño, diseño, construcción, operación) y en sus cadenas de valor (producción, transformación, transporte,

distribución, etc.), fortaleciendo las instituciones públicas para su contralor ambiental, y promoviendo la diversificación y aporte de conocimiento en la matriz productiva del país, generando capacidades nacionales de mayor complejidad y valor agregado.

3. Promover la formación de personal técnico, profesional y de investigación en la temática, con visión territorial.

Lograr un desarrollo integral, como el que se describe en el punto anterior, requiere promover en el país la formación de RRHH especializados en las distintas áreas que tienen vinculación con esta nueva actividad. Esto incluye la formación de técnicos, profesionales e investigadores que puedan desempeñarse en las dimensiones tecnológicas, económicas, de logística, ambientales y sociales. Dadas las características de esta nueva actividad productiva, los proyectos estarán ubicados en territorio, lo que hace especialmente relevante promover ofertas de formación en las áreas relacionadas en el interior del país (especialmente en los ejes Energía-Ambiente-Sociedad). Destaca por tanto el rol que deberá tener la educación técnica y la educación superior en el proceso, en especial las instituciones públicas con carácter territorial (Udelar, UTEC, UTU), tanto en la generación y consolidación de ofertas académicas como en la construcción de sinergias en territorio entre ellas. Se debería también construir sinergia con los emprendimientos e instituciones públicas relevantes en la temática, promoviendo, entre otros, la incorporación de los RRHH formados y la I+D+i conjunta.

4. Asegurar el derecho a la información y la transparencia de los procesos.

Toda la sociedad tiene derecho a disponer de información precisa y sustantiva sobre los proyectos que se desarrollan en el país. Esto es además especialmente relevante para las comunidades locales que podrían ver afectada su cotidianeidad y sus proyectos de vida. Entender de qué se trata, comprender el para qué de los emprendimientos y poder percibir las oportunidades y riesgos que representan en su justa medida es un derecho humano, no sólo consagrado de forma general, sino también garantizado por acuerdos internacionales que obligan a Uruguay, como el Acuerdo de Escazú (<https://www.cepal.org/es/acuerdodeescazu>). Las preocupaciones más frecuentes tienen que ver con los impactos sociales en el territorio que podrían afectar sin retorno el modo de vida de las personas, y los recursos naturales productivos y de consumo humano en la región. La información disponible y la divulgación realizada sobre los proyectos y la actividad es aún escasa y en algunos casos insuficiente para una adecuada comprensión por la ciudadanía de las implicancias. Los emprendimientos deberán dedicar esfuerzos sistemáticos a esta dimensión e involucrarse localmente. La transparencia en la información y los procesos, y su adecuada comunicación a la ciudadanía, son aspectos fundamentales que deben ser considerados.

5. Atender el impacto en las comunidades locales ante la oportunidad de un desarrollo a nivel macro.

La instalación de plantas productoras de H2V y sus derivados tendrán impactos territoriales, tanto durante el proceso de instalación (por la magnitud de las obras de infraestructura) como durante el período de operación. Es imprescindible abordar con un

enfoque multinivel y multiactoral el fenómeno, articulando las dinámicas globales a escala nacional, pero también los impactos territoriales específicos en el análisis y valoración de los proyectos. Las condiciones de la instalación y operación de los emprendimientos deben contemplar mejoras reales y permanentes en las vidas de las comunidades locales. La preocupación por analizar esta dimensión en los proyectos debería reflejarse en la regulación de la actividad en general y en los contratos en particular. En el caso del Proyecto Tambor, el carácter del proyecto contrasta con la escasez de servicios y carencias de las poblaciones cercanas, especialmente en la ciudad de Tambores, algo que también podría ocurrir en otros proyectos. Es importante promover un compromiso de los nuevos emprendimientos con el desarrollo y las problemáticas de las comunidades locales. Asimismo, si hubiese inversión estatal en creación de infraestructura para viabilizar proyectos, ésta debería analizarse cuidadosamente y no debería ser a costa de un desentendimiento de la mejora de los servicios a nivel nacional y en las poblaciones locales.

#### 6. Generar mecanismos de integración regional e internacional en la materia.

La economía del hidrógeno puede representar una oportunidad para revitalizar la integración regional, no sólo en materia de infraestructura y logística, sino también en materia de cooperación entre academia, empresas y estados nacionales. Se debe plantear y aceptar el desafío de resolver el dilema entre asumir la nueva actividad como una instancia de competencia entre nuestros países para proveer demandas internacionales de energía limpia, y la cooperación para posicionar a la región en el contexto global y convertirse en protagonista en la geopolítica de la energía. En los países de la región hay capacidades científicas, tecnológicas y profesionales para abordar soluciones innovadoras a algunos de los problemas tecno-económicos en la producción, hay un potencial mercado para el consumo de este vector energético, y también hay capacidad para que la cooperación regional pueda constituir una plataforma de inserción global en la economía del hidrógeno, disputando espacios en la geopolítica de la energía. Asimismo, el país puede beneficiarse muy especialmente de la cooperación internacional en términos científicos y tecnológicos, generando mecanismos que permitan desarrollar y ampliar localmente el conocimiento en esta temática, y apuntando a consolidarse como país referente en la materia con capacidad de exportar know-how. Debe promoverse además la integración genuina y de valor agregado a las cadenas de producción internacionales de este vector energético.

#### 7. Promover las actividades de investigación, desarrollo tecnológico e innovación.

La producción de H<sub>2</sub>V y derivados es un campo fértil para la generación de nuevo conocimiento, para la aplicación de dicho conocimiento en el desarrollo de nuevos prototipos, procesos, métodos y conceptos, y para la implantación innovadora de éstos en la cadena de valor y servicios relacionados, y en el manejo de las externalidades. Dado que la actividad es novedosa a nivel mundial y que Uruguay tiene capacidades científico-técnicas disponibles -y en desarrollo- en esta materia, se presenta la oportunidad país de apuntar a consolidarse como líder regional en el conocimiento de esta nueva actividad. Esto permitiría generar en el país conocimiento científico, técnico, empresarial, y de construcción de política pública en las diferentes implicancias de esta actividad productiva con aplicación local, regional y a escala

global, lo que podría generar -si se planifica y se acompaña en forma adecuada- capacidades nacionales de exportación basadas en conocimiento. Lo anterior es imposible de alcanzar sin una política explícita de promoción de la ciencia y la tecnología, la transferencia tecnológica y de conocimiento, y la innovación, con foco en esta materia y en las áreas sinérgicas que conforman el núcleo Energía-Ambiente-Sociedad. Esto incluye la producción de H2V y derivados, sus aplicaciones en la industria y el transporte, energías renovables, y el análisis económico, ambiental y de desarrollo social asociado a esta nueva industria. Un elemento asociado es incorporar estudios prospectivos multinivel de proyectos, cadenas de valor, servicios y externalidades asociadas, para maximizar su éxito y minimizar impactos.

#### 8. Definir un marco regulatorio para esta nueva actividad.

Desde el punto de vista del marco regulatorio, es importante considerar los siguientes aspectos: i) Identificar vacíos normativos o necesidad de adecuación normativa; ii) Definir qué mecanismos de incentivo o desincentivo se utilizarán para promover esta industria, el rol de las PYMES, y su impacto fiscal en los contribuyentes; iii) Identificar puntos de contacto entre UTE y ANCAP, posibles contiendas de competencia y duplicación de recursos en su caso, haciendo los ajustes normativos institucionales pertinentes; iv) Elaborar los marcos normativos necesarios adecuados a la realidad nacional y con una visión sistémica de todo el ordenamiento jurídico nacional; v) Generar consensos políticos a nivel departamental que se traduzcan en Ordenanzas departamentales similares; vi) Generar sinergias a nivel de Latinoamérica que conduzcan a normas jurídicas similares o acuerdos multilaterales que estandaricen los mecanismos de certificación del componente verde del hidrógeno; vii) Realizar una revisión exhaustiva de la normativa supranacional que regula los recursos naturales compartidos con otras jurisdicciones e identificar riesgos y oportunidades de mejora; viii) Definición clara de roles de los entes públicos con relevancia en la materia (UTE y ANCAP), cuidando su rol social y sin debilitar su capacidad de llegar con calidad de servicio a todos los puntos del país. Los acuerdos que se realicen, o el marco regulatorio que se establezca, no debería condicionar la discusión que el país tiene pendiente sobre la posible implementación de un canon por el uso del agua para toda actividad productiva.

#### 9. Promover e incorporar el aporte académico nacional al desarrollo de esta nueva actividad y la construcción de política pública en la materia.

El sector académico del país está integrado por RRHH altamente calificados y con capacidad de generación e implantación de conocimiento. Este es un recurso clave del país que no se puede desaprovechar si se quiere transitar hacia un desarrollo genuino, robusto y duradero, especialmente en la actualidad, donde la productividad, resiliencia y sostenibilidad de las actividades humanas están cada vez más críticamente basadas en el conocimiento. La experiencia internacional muestra que no es posible construir desarrollo nacional en un país con las características anteriores sin un fuerte vínculo con la investigación nacional. La construcción de esta actividad en el país no debería por tanto, llevarse adelante sin promover e incorporar a la academia nacional y sus estudios.

## 10. Promover un diálogo nacional sobre las acciones antes referidas.

Los emprendimientos de producción de H2V y derivados se anuncian en distintas partes del mundo con gran velocidad mes a mes, y son numerosos los países que aspiran a posicionarse como proveedores de H2V. Estos anuncios incluyen el comienzo de proyectos, la captación de financiación, y el potencial inicio de alguna de sus fases, desde habilitación ambiental hasta producción. Todos los países enfrentan incertidumbres similares de cara a esta nueva actividad. La dificultad en concretar acuerdos entre instituciones y actores, y las dificultades de diálogo o en llegar a acuerdos, independientemente del posicionamiento o la estrategia a adoptar, representan un riesgo real a la posibilidad de que el país pueda ocupar un lugar relevante en la cadena global de H2V.

### **LINEAMIENTOS SUGERIDOS A LA UDELAR**

#### A. Promover el aporte académico en el desarrollo de esta actividad en el país.

El aprovechamiento de las oportunidades y el abordaje de los desafíos va a requerir sin lugar a dudas del aporte de la Academia a través de la realización de estudios específicos y del desarrollo de líneas académicas en temas relacionados al sector energía, a la tecnología específica, al uso y manejo del agua, a los recursos renovables, a los aspectos económicos y logísticos, y a los impactos ambientales y sociales de esta nueva actividad. Varios de estos temas son especialmente sensibles para la sociedad, y se requerirá información de calidad para contribuir a la construcción de política pública, a la información y participación de las comunidades locales y de la población en general. Un desarrollo potente de esta actividad requerirá investigación básica y aplicada, vinculación entre la Academia, el Sector Productivo (público y privado) y las Instituciones de Gobierno, y el involucramiento de investigadores en dinámicas de transferencia tecnológica y de conocimiento y de innovación.

#### B. Promover la oferta de enseñanza de grado y posgrado en la temática y áreas afines (energía, ambiente, sociedad) incluyendo la dimensión territorial.

El desarrollo de esta actividad requerirá la formación de RRHH especializados en al menos tres niveles: con características técnicas, profesionales y con capacidad de generar, hacer uso y/o adaptar conocimiento. La ubicación que tendrán los proyectos en el territorio nacional implica que la actividad se desarrollará principalmente en el interior del país, lugar donde deberán estar radicados la mayor parte de estos RRHH especializados. Esto obliga a pensar las acciones de formación en forma descentralizada, con visión territorial, y para los tres niveles identificados. Además de posibles acciones propias de la Udelar, existe un espacio de sinergia aprovechable en la interacción con las demás instituciones educativas públicas y privadas existentes en el territorio nacional y en vinculación con los proyectos.

- C. Promover una mayor coordinación de los equipos académicos en la temática y áreas afines ya existentes en la Udelar.

A la fecha existen ya en la Udelar grupos académicos cuyo objeto de estudio son los temas relacionados al hidrógeno verde y sus derivados. Existen también grupos que trabajan en temas de energía, ambiente y sociedad con relación a esta temática. La actuación de estos grupos dentro de la institución ha tenido hasta la fecha un grado de coordinación incipiente, con iniciativas aisladas de colaboración. La promoción de mecanismos para impulsar la coordinación de estos grupos dentro de la institución es un aspecto importante que permitiría aprovechar sinergias y potenciar el aporte académico a esta nueva actividad.

- D. Promover actividades de relacionamiento con el medio e involucramiento social.

La Udelar tiene un importante rol de Extensión para cumplir en esta temática. Están empezando a surgir inquietudes desde la ciudadanía, especialmente en el interior del país y muy particularmente en las poblaciones cercanas a los emprendimientos anunciados, que requieren poder brindar información de calidad y explicar en forma clara las oportunidades e implicancias de la nueva actividad. En ese sentido, resulta importante promover instancias de información y diálogo con la sociedad y de asesoramiento a las comunidades locales. Las actividades de Extensión no se agotan en el involucramiento con la sociedad. Existe un espacio importante de relacionamiento con el medio en lo referido al desarrollo e implantación de conocimiento en la cadena de valor de esta actividad y en los servicios relacionados, en sus externalidades ambientales y sociales, y en la construcción de política pública asistida por información técnica robusta, objetiva y de calidad.

- E. Promover mecanismos para la vinculación internacional y regional con grupos académicos de excelencia en la temática y sus áreas afines.

Esta actividad es novedosa a nivel internacional y aún cuenta con incertidumbre en lo referido a su costo y otros aspectos tecnológicos, lo que requiere de desarrollo científico. Esto presenta una oportunidad para los grupos académicos nacionales de lograr en forma rápida acceder al estado del arte e incorporarse a proyectos científicos internacionales, contribuyendo con nuevo conocimiento original. Por otro lado, los grupos de investigación internacionales que hacen punta en esta área son por el momento pocos y, en general, reconocen en Uruguay capacidades de investigación sinérgicas. La promoción de la vinculación internacional ofrece una oportunidad para los grupos de investigación locales de potenciar sus capacidades y generar un mayor impacto en la temática. La sinergia con grupos de investigación en universidades de la región resultaría estratégico.

**Por el Equipo Académico Multidisciplinario**

**Fdo:** Rodrigo Alonso Suárez, Reto Bertoni, Ana María Barboza, Pablo Gamazo, Claudio Quintana y Andrés Cuña Suárez.



## ANEXO 1: HIDRÓGENO VERDE Y AGUA

Uruguay cuenta desde el 2017 con un Plan Nacional de Aguas que busca integrar medidas específicas para asegurar que el uso industrial del agua sea gestionado de manera responsable y sostenible. Este Plan considera el monitoreo y regulación de la actividad, e incluye previsiones a mediano plazo sobre la expansión del uso del agua como insumo productivo. Estas proyecciones, aunque estiman un aumento de la demanda de agua en algunas ramas industriales, no prevé que la misma aumente considerablemente<sup>12</sup>. No obstante, cabe señalar que no se manejó en los escenarios elaborados, y por tanto tampoco en las proyecciones, la aparición de una nueva actividad con demanda de agua como lo es la producción de hidrógeno verde. Esto implica que dichas proyecciones deberían actualizarse, para reflejar de mejor manera escenarios plausibles de futuro.

El uso del agua para la producción de H2V y derivados despierta mucha sensibilidad social (especialmente en la zona donde se instalarán proyectos, como es el caso del proyecto Tambor). Este proyecto plantea el posible uso de agua subterránea. En general, las fuentes de aguas subterráneas tienden a ser más estables en cuanto a su composición fisicoquímica y las variaciones en su disponibilidad suelen darse gradualmente, por lo que resultan más atractivas para este tipo de emprendimientos que las superficiales. Un problema que podría ocurrir cuando se explota un acuífero es que se produzca un “uso no sostenible del agua subterránea”, es decir, que se extraiga más agua de la que el sistema puede naturalmente reponer y que comience a disminuir de forma continua el agua almacenada. Por esto es importante estudiar su comportamiento hidráulico y cuantificar las extracciones que en los mismos se producen, las cuales en varios casos no se encuentran registradas.

El proyecto de la empresa ENERTRAG en Tambores requiere entre 500 y 700 m<sup>3</sup>/día<sup>13</sup> de agua. La empresa no ha especificado si dicho caudal será cubierto con explotaciones del acuífero Arapey, o del acuífero Guaraní, encontrándose este último a una mayor profundidad que el primero. De acuerdo con la base de datos de DINAGUA en Uruguay se han otorgado derechos de uso de agua subterránea para la extracción de 283.999 m<sup>3</sup>/día para un total de 3.177 pozos, según la distribución de tipos de uso que figuran en la Tabla 1.

Si se compara el caudal solicitado por ENERTRAG (700 m<sup>3</sup>/día) con el valor de los volúmenes totales de extracción diario de perforaciones asociadas a otros usos, se observa que el consumo previsto por ENERTRAG es mucho menor que la mayoría de los usos a escala nacional. Si se compara el consumo individual de los pozos con mayor caudal de extracción, sólo en los departamentos de Artigas, Paysandú, Rivera y Salto, existen 10 derechos de uso con caudales mayores al caudal de extracción previsto por ENERTRAG. En el resto del país existen otras 32 obras que explotan caudales superiores a los 700 m<sup>3</sup>/día. Comparado con el valor promedio de las explotaciones de pozos termales existentes en el acuífero Guaraní, el proyecto de ENERTRAG presenta un valor 4 veces menor a cada uno de ellos.

---

<sup>12</sup> <https://www.gub.uy/ministerio-ambiente/politicas-y-gestion/planes/plan-nacional-aguas>.

<sup>13</sup> [https://www.ambiente.gub.uy/bir/manifiestos/attachments/VAL\\_Planta\\_H2\\_Tambor\\_con\\_anexo\\_enero\\_2022.pdf](https://www.ambiente.gub.uy/bir/manifiestos/attachments/VAL_Planta_H2_Tambor_con_anexo_enero_2022.pdf)

De acuerdo con la base de datos de DINAGUA, solo hay un derecho de uso de agua subterránea registrado en las inmediaciones de Tambores en el acuífero Arapey, aunque otras fuentes oficiales y no oficiales indican que existen más perforaciones en la zona. La caracterización del comportamiento hidráulico del acuífero Arapey es escasa, y no existen a la fecha estudios específicos públicos que caractericen el grado de interconexión entre los acuíferos Arapey y Guaraní en la zona. Por lo que la eventual extracción de este caudal, especialmente del acuífero Arapey, podría generar afectaciones a otras explotaciones. Estudios de campo junto con el desarrollo de modelos numéricos pueden realizarse específicamente en la zona de Tambores para estimar el impacto de la extracción propuesta.

Tabla 1 - Derechos de uso de agua subterránea otorgados en Uruguay por uso

Uso	Volumen (m <sup>3</sup> /día)		Número de obras
Consumo Humano	30.053	10.6%	323
Industrial	71.716	25.3%	638
Otros Usos	46.011	16.2%	453
Otros Usos Agropecuarios	40.465	14.2%	976
Riego	95.163	33.5%	775
Usos No Consuntivos	591	0.2%	12

El proyecto de HIF en Paysandú, en cambio, planea utilizar como fuente de agua el río Uruguay, cuyo caudal promedio es aproximadamente de 4.600 m<sup>3</sup>/segundo, siendo el caudal mínimo histórico de 109 m<sup>3</sup>/segundo (en el estiaje de 1945). De acuerdo a la potencia a instalar se estima una demanda de agua del emprendimiento del orden de 0,1 m<sup>3</sup>/segundo (9.000 m<sup>3</sup>/día<sup>14</sup>), por lo que la demanda de agua para el proyecto, a pesar de ser importante, es menor por varios órdenes de magnitud en comparación a la disponibilidad que presenta el río Uruguay.

En conclusión, aunque los proyectos de hidrógeno verde representan una demanda importante de agua, con estudios detallados y un seguimiento adecuado, es posible estimar los impactos en las fuentes de agua a utilizar y minimizar las interferencias con otros usos o demandas ambientales.

<sup>14</sup> Suponiendo una demanda de agua proporcional a la potencia respecto al proyecto de Tambores