

# LA GEOCIENCIA Y LA ECONOMÍA DEL HIDRÓGENO

Nota explicativa de política y tecnología de la Sociedad Geológica

## Hidrógeno y descarbonización

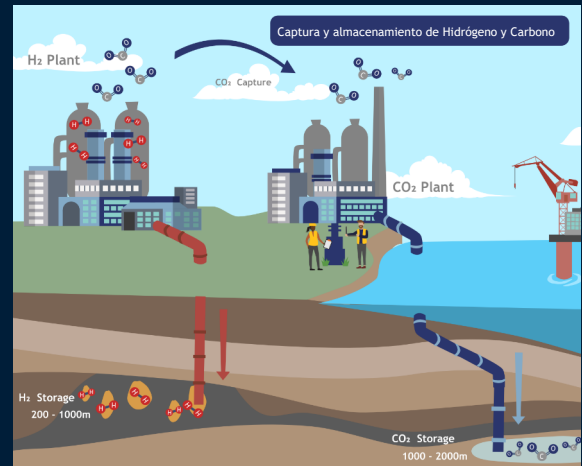
La descarbonización de la producción de electricidad, la industria, el transporte y la calefacción es un gran desafío para cumplir con los objetivos de cambio climático en Europa, y las geociencias tienen un importante papel que desarrollar en ello. Las técnicas y los conocimientos geológicos son particularmente relevantes para el uso del hidrógeno, que es un atractivo combustible alternativo a los hidrocarburos, con el potencial de reducir las emisiones de la industria pesada (como la fabricación de acero), calefacción doméstica y transporte, incluido el de mercancías.

El Consejo de ministros ha aprobado la "Hoja de ruta del hidrógeno: una apuesta por el hidrógeno renovable". Con esta planificación, el Gobierno impulsa el despliegue de este vector energético sostenible, que será clave para que España logre la neutralidad climática, con un sistema eléctrico 100% renovable, a más tardar en 2050. El desarrollo del hidrógeno renovable impulsará la creación de cadenas de valor de innovación industrial, conocimiento tecnológico y generación de empleo sostenible; contribuyendo a la reactivación de una economía verde de alto valor añadido.

El documento, Plan Integrado de Energía y Clima (PNIEC) 2021-2030, incluye 60 medidas y establece objetivos nacionales -alineados con la Estrategia Europea del Hidrógeno- para 2030. Entre otros, 4 gigavatios (GW) de potencia instalada de electrolizadores, un mínimo de 25% del consumo de hidrógeno de la industria e implantación de hidrogenadores, trenes y vehículos de transporte pesado propulsados por H<sub>2</sub>.

El hidrógeno forma una parte importante en la estrategia de descarbonización de Europa porque puede producir o almacenar grandes cantidades de energía. Se puede utilizar en pilas de combustible para generar electricidad y se puede quemar para proporcionar calor doméstico e industrial. Mientras que los combustibles con base de carbono liberan dióxido de carbono a la atmósfera cuando se queman (contribuyendo al calentamiento global antropogénico), el hidrógeno produce agua y algunos óxidos de nitrógeno. El hidrógeno puede reemplazar a los combustibles con base de carbono (por ejemplo, petróleo, gas y carbón) para descarbonizar partes de nuestra economía como el transporte, la generación de electricidad, industria química, refinerías y calor. En aplicaciones para el transporte, actualmente el hidrógeno es más adecuado para carreteras y ferrocarril. Sin embargo, los avances tecnológicos podrían demostrar en el futuro su uso comercial en la aviación y el transporte marítimo.

Actualmente, la mayor parte del hidrógeno utilizado en industria se deriva del carbón o del gas natural, y su producción genera grandes emisiones de CO<sub>2</sub>. Para producir hidrógeno con bajo contenido de carbono, debemos cambiar a métodos alternativos de producción, ya sea por electrólisis utilizando energía renovable (a veces llamado hidrógeno verde) o reformado de metano con captura y almacenamiento de carbono (a veces llamado hidrógeno azul). El hidrógeno producido por medios bajos en carbono podría respaldar la transición de Europa a una economía descarbonizada.

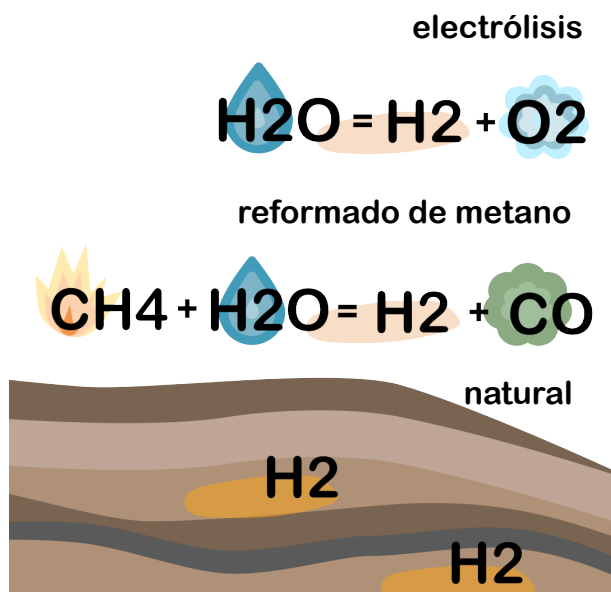


La captura y almacenamiento de carbono (CAC) separa el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) de las fuentes industriales, lo transporta a un lugar de almacenamiento adecuado y lo aísla de la atmósfera mediante un almacenamiento a largo plazo. El CO<sub>2</sub> se almacena en el subsuelo dentro de formaciones geológicas, a más de 800 m de profundidad, que contienen agua salina (salmuera) o que anteriormente contenían petróleo y gas, pero cuya producción ya se ha agotado. A corto plazo, es probable que se necesite CAC para almacenar el CO<sub>2</sub> producido cuando el hidrógeno se obtiene mediante el reformado de metano. La capacidad de reducir las emisiones de CO<sub>2</sub> generadas permite que el hidrógeno producido con el reformado de metano apoye la transición a una economía baja en carbono. Muchas de las habilidades, conocimientos, datos e infraestructuras geológicas ya existentes y que se han desarrollado dentro de la industria del petróleo y del gas desde la revolución industrial, serán fundamentales para encontrar, modelar, evaluar y utilizar emplazamientos de almacenamiento geológico para el CO<sub>2</sub>.

# LA GEOCIENCIA Y LA ECONOMÍA DEL HIDRÓGENO

## Fuentes de hidrogeno

El hidrógeno puede existir naturalmente como un gas puro. Sin embargo, se une fácilmente con otros átomos, por lo que se encuentra más comúnmente en las moléculas de agua (H<sub>2</sub>O) y metano (CH<sub>4</sub>). Hay dos formas principales de extraer hidrógeno de estas fuentes: electrólisis (utilizando electricidad para separar los iones de hidrógeno y oxígeno en el agua) y reformado de metano, en el que vapor de agua y metano, y a veces oxígeno, reaccionan a altas temperaturas y presiones (Figura 1). El uso de energía renovable para la electrólisis ofrece una ruta sencilla para reducir las emisiones de la generación de hidrógeno. Sin embargo, en 2019, tres cuartas partes de la producción mundial de hidrógeno se hizo con reformado de metano, lo que representa el 6% del uso mundial de metano, mientras que solo el 0,1% se produjo por electrólisis.



### Figura 1 - Fuentes de hidrógeno

El hidrógeno es un gas natural, pero también se encuentra unido a otros átomos en el agua y el metano. Se separa de estas moléculas mediante electrólisis o reformado de metano. Nota: este diagrama muestra reacciones químicas simplificadas.

## La necesidad de captura y almacenamiento de carbono

Una economía de hidrógeno con bajas emisiones probablemente requerirá una combinación de ambas rutas para la producción de hidrógeno, dependiendo de la disponibilidad y el costo de la energía renovable o el metano. El bajo costo del metano y su amplia disponibilidad, en comparación con la disponibilidad actual de electricidad renovable, significa que la captura y almacenamiento de carbono (CAC) será necesaria para ofrecer un sistema de energía de hidrógeno descarbonizado hasta que se disponga de suficientes fuentes de electricidad renovables, abundantes y competitivas.

A medida que las fuentes de energía renovable se vuelvan más abundantes en las próximas décadas, su uso en la generación de hidrógeno representará una mayor proporción del sector. No obstante, ambas tecnologías serán necesarias como trampolín hacia una economía del hidrógeno totalmente descarbonizado.

## La necesidad de almacenar hidrógeno

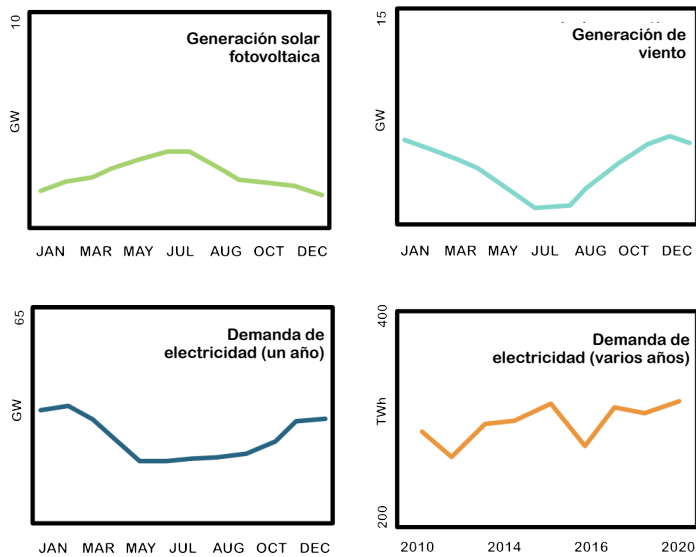
El almacenamiento de hidrógeno bajo tierra es de vital importancia para la descarbonización porque ofrece almacenamiento de energía a escalas muy grandes y durante largos períodos de tiempo a un costo razonable. Hasta ahora, el almacenamiento de energía ha sido proporcionado por combustibles de hidrocarburos, pero a medida que nos alejamos de estos en favor de la energía de fuentes renovables, como el viento y el sol, debemos encontrar diferentes formas de gestionar el desajuste entre la disponibilidad de energía y la demanda de electricidad (Figura 2).

Este desajuste surge por dos razones:

- Los recursos de energía renovable como el viento, la energía solar, las olas y las mareas son intermitentes, incluso cuando se combinan.
- La demanda de electricidad es variable y esta variabilidad no está en línea con la variabilidad de la producción de electricidad renovable.

El desajuste entre la oferta y la demanda se produce en diferentes escalas de tiempo que van desde unos pocos segundos hasta varios años, y requerirá una combinación de opciones de almacenamiento de energía en varias escalas. Es probable que necesitemos varios TWh de almacenamiento de energía a escala de red para descarbonizar el sistema energético de Europa, que puede suministrarse mediante el almacenamiento subterráneo de hidrógeno.

# LA GEOCIENCIA Y LA ECONOMÍA DEL HIDRÓGENO



**Figura 2 – ¿Por qué almacenar hidrógeno?**

La energía renovable varía tanto en fase (eólica) como fuera de fase (solar) con la demanda de energía nacional. El excedente de energía puede almacenarse como hidrógeno en el subsuelo y usarse cuando la demanda lo requiera.

## FUENTES GEOLÓGICAS DE HIDRÓGENO

El hidrógeno de origen natural tiene dos fuentes geológicas conocidas:

La oxidación por el agua de minerales que contienen hierro y la descomposición del agua como consecuencia de la desintegración radiactiva (radiólisis).

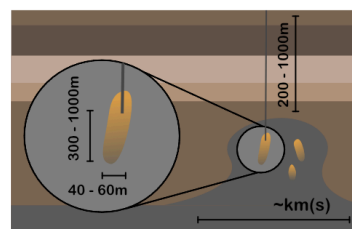
Las condiciones geológicas favorables para la producción de hidrógeno se encuentran comúnmente en rocas ígneas con bajo contenido de sílice, rocas continentales ricas en hierro y en rocas ricas en uranio.

En la actualidad los depósitos de hidrógeno de origen natural se encuentran en entornos geológicos que normalmente no se perforan o consideran susceptibles en la busca de gases debido al interés relativamente reciente en el hidrógeno como bien de consumo. En consecuencia, aun no se conoce con certeza la abundancia geológica global del hidrógeno.

## ¿Cómo y dónde se puede almacenar el hidrógeno?

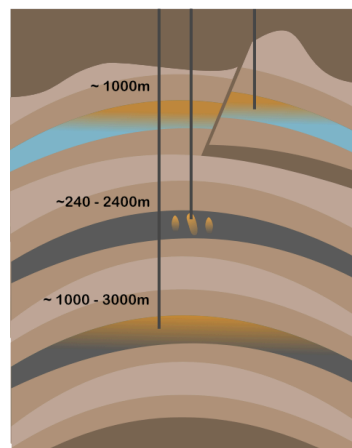
El hidrógeno se puede almacenar en rocas donde hay grandes huecos (por ejemplo, cavernas de sal) o en formaciones de roca porosa (como acuíferos de arenisca o depósitos de petróleo y gas reutilizados) (Figura 3). Actualmente, las cavernas creadas por la minería de disolución (las cuales se han utilizado durante muchas décadas para el almacenamiento de gas) son la única opción comercialmente viable. Sin embargo, se está investigando la viabilidad de usar depósitos y acuíferos para el almacenamiento, lo que ayudará a permitir el uso del hidrógeno en toda Europa. Existe una gran cantidad de yacimientos de petróleo y gas en alta mar agotados en Europa, así como abundantes datos sobre sus propiedades y características debido al legado de la industria del petróleo y el gas del Mar del Norte. Estos depósitos podrían usarse para el almacenamiento a gran escala si se convierten para permitir el almacenamiento de hidrógeno.

El almacenamiento de hidrógeno ha sido utilizado por la industria petroquímica desde la década de 1960, con sitios de almacenamiento existentes tanto en Europa (27 sitios en 2009 ubicados en Cheshire, Stafford, Yorkshire y Teesside) como en EE. UU. (la mayoría en cavernas de sal subterránea (halita)). El costo del almacenamiento subterráneo de hidrógeno es menos de la mitad que el del almacenamiento sobre el suelo, sin embargo, el almacenamiento subterráneo está limitado por la frecuencia y distribución de formaciones rocosas disponibles con propiedades físicas adecuadas.



### Cavernas de sal

Normalmente en tierra firme



### Acuíferos salinos

Normalmente menos profundo en tierra firme y más profundo en alta mar (agua no potable)

### Sal en capas

Tanto en tierra firme como en alta mar

### Depósitos de petróleo y gas agotados

Normalmente en alta mar

NO A ESCALA

**Figura 3 – ¿Dónde se puede almacenar el hidrógeno?**

El hidrógeno se puede almacenar en el espacio poroso dentro de las rocas, al igual que el agua se puede almacenar en una esponja. Por el contrario, las cavernas de sal ofrecen grandes huecos de almacenamiento abiertos y son más viables comercialmente para almacenar hidrógeno.

## Almacenamiento de hidrógeno: situación actual

El principal beneficio del hidrógeno es su flexibilidad. Puede utilizarse como un sustituto del combustible en la industria del transporte y también como una batería para almacenar energía producida por otras fuentes (como la energía renovable). Ambos usos requieren una capacidad de almacenamiento sustancial, y hay varias iniciativas diferentes que exploran la producción y el almacenamiento a gran escala de hidrógeno vinculado a la CAC:

Los acuíferos salinos y los antiguos reservorios de hidrocarburos son las formaciones geológicas subterráneas ideales para almacenar hidrógeno y asegurar en el futuro un suministro de este gas en cantidades suficientes y en un escenario de ausencia de emisiones.

El almacenamiento de hidrógeno en formaciones geológicas es más eficiente en términos de capacidad y tiempo de conservación que en las infraestructuras superficiales. Durante más de un siglo se han explotado y aprovechado los recursos geológicos del subsuelo, como el petróleo y el gas natural, de manera consistente, por lo que tenemos mucha información sobre los procesos que ocurren durante estas operaciones de explotación. Sin embargo, tenemos muy poca experiencia con el almacenamiento de hidrógeno a gran escala, y es precisamente este hecho, el tratar con un fluido diferente, lo que plantea ciertas incógnitas que deben ser respondidas.

Las cavernas de sal pueden ser de gran oportunidad para almacenar energía, específicamente hidrógeno. Un informe titulado Potencial técnico de las cavernas de sal para el almacenamiento de hidrógeno en Europa, destaca a España como uno de los países europeos con mayor potencial en esta futura tecnología de almacenamiento.

Además, las cavernas de sal ofrecen la opción más prometedora debido a su bajo costo de inversión, alto potencial de sellado y bajo requerimiento de gas colchón.

A continuación, se enumeran algunos de los proyectos en curso en materia de hidrógeno cuya relevancia ha sido reconocida mediante la concesión de financiación pública procedente de fondos estatales o europeos:

- **H2PORTS**

Objetivo del proyecto: Realización de estudios de viabilidad para el desarrollo de una cadena de suministro de hidrógeno sostenible en el puerto para reducir el impacto ambiental de sus operaciones. Duración: 2019-2023

- **SUN2HY** (Sun to Hydrogen)

Objetivo del proyecto: Producción de H<sub>2</sub> mediante electrocatálisis. Duración: 2019-2020

- **GREEN HYSLAND**: producción de hidrógeno renovable y utilización en movilidad y usos térmicos en un sistema energético extrapeninsular.

Objetivo del proyecto: Producir hidrógeno renovable a partir de electricidad de origen renovable y su posterior utilización en múltiples aplicaciones en la isla de Mallorca. Duración: 2021-2025

## Capacidades de la geociencia para una economía de hidrógeno

Para almacenar de forma segura el hidrógeno en el subsuelo, los geocientíficos deberán estudiar las propiedades y características de las rocas propuestas para su almacenamiento. Es importante que cualquier sitio de almacenamiento esté bien caracterizado, para que los geocientíficos puedan evaluar con precisión cómo se comportarán las rocas cuando los poros o las cavernas se llenen de hidrógeno. Los científicos deberán predecir especialmente los efectos que tendrán los ciclos rápidos de presión en la estabilidad del emplazamiento durante períodos de funcionamiento muy largos. Comprender cómo se comportan los fluidos en el subsuelo es algo en lo que los geocientíficos tienen una amplia experiencia a partir del estudio de recursos como el agua subterránea y el petróleo y el gas, que existen naturalmente en el subsuelo, en rocas. Hay mucho conocimiento, conjuntos de datos y lecciones aprendidas de la industria del petróleo y el gas en Europa que serán esenciales para el desarrollo del almacenamiento subterráneo de hidrógeno y dióxido de carbono.

También queda mucho por aprender sobre la presencia, abundancia y potencial de extracción del hidrógeno natural. Como fue el caso en la industria del petróleo y el gas, los geocientíficos serán fundamentales para el avance en la exploración y extracción de hidrógeno natural.

## Sobre el Ilustre Colegio de Geólogos

Es una institución sin finalidad lucrativa creada para la defensa y apoyo de los intereses de los Geólogos, creada por Ley 73/1978 de 26 de diciembre, es una corporación de Derecho Público, amparada por Ley y reconocida por el Estado, con personalidad jurídica propia y capacidad plena para el ejercicio de sus funciones y cumplimiento de sus fines.

Goza, a todos los efectos, del rango de preeminencia atribuidos a esta clase de entidades por la Ley de Colegios Profesionales, por lo que es la única corporación legitimada para elevar a los Poderes Públicos los problemas y aspiraciones de la profesión, asumiendo en tal sentido la representación del colectivo profesional.

Los Estatutos del ICOG fueron aprobados por el Real Decreto 1378/2001, de 7 de diciembre de 2001.

## Sobre EFG

La Federación Europea de Geólogos (EFG) es una organización profesional no gubernamental que representa, a través de sus asociaciones nacionales, a más de 45.000 geocientíficos profesionales. EFG tiene como objetivo contribuir a un uso más seguro y sostenible del entorno natural, proteger e informar al público y promover una explotación más responsable de los recursos naturales.

El contenido y veracidad científica de este documento ha sido revisado por Juan Alonso Aparte y por los profesionales del ICOG. Igualmente, se agradece vivamente a Nerea Aldunate, Alberto Sánchez Miravalles y Carlos García Royo por haber contribuido a la redacción de este documento.