

¿QUÉ, CÓMO, DÓNDE Y CUÁNDO EL HIDRÓGENO?

Reflexión de su apuesta en Colombia

¿QUÉ ES?

El hidrógeno es el elemento más abundante en todo el planeta Tierra, por tanto, es esencial para la vida en ella.

Su átomo es capaz de almacenar energía de fuentes primarias, para luego liberarla de manera controlada. Esta es la razón por la que se conoce como un vector energético.

El sol, el viento, la biomasa y los combustibles fósiles (petróleo, gas y carbón) son ejemplos de fuentes primarias.

¿QUÉ SE NECESITA PARA PRODUCIRLO?

Debido a que se encuentra en la Tierra combinado con otros elementos (p. ej.: el agua [H₂O]), no se puede aprovechar de manera directa. Para obtenerlo libre se necesitan métodos que requieren energía.

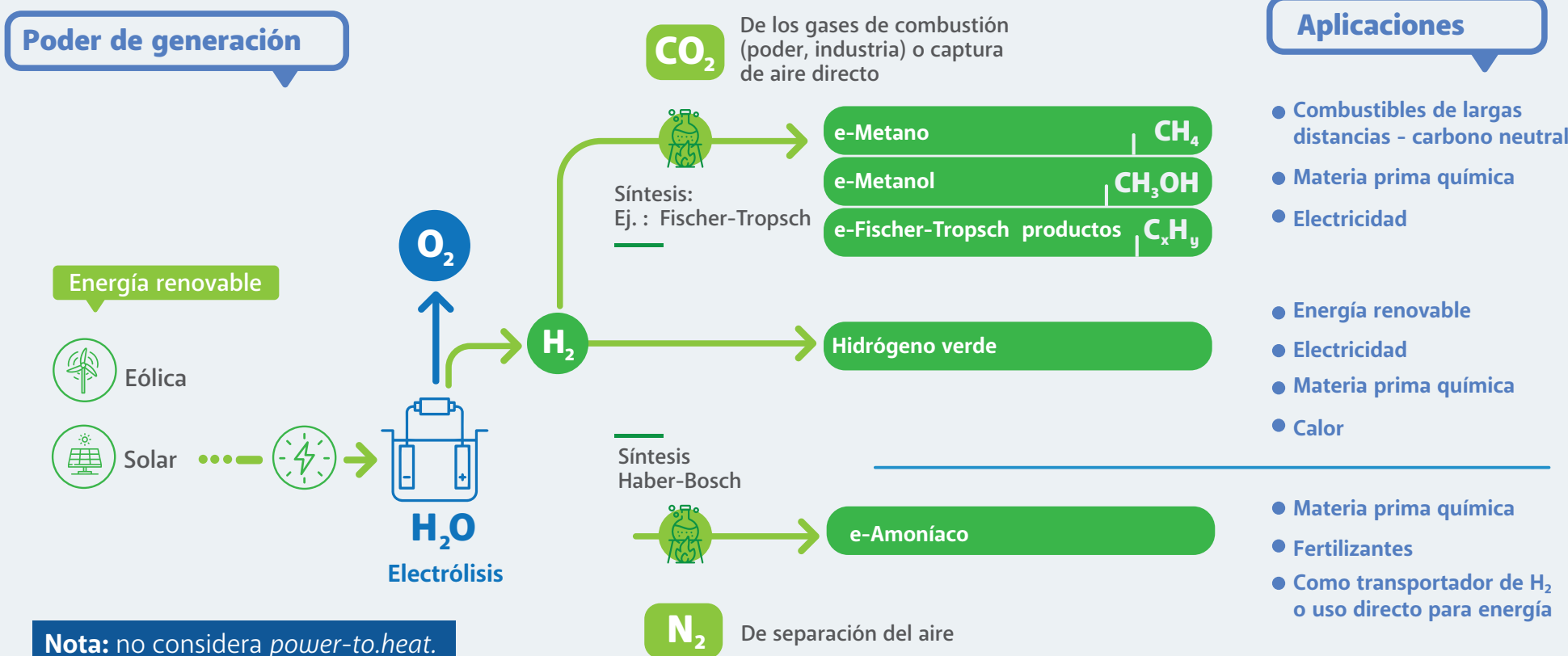
Según la fuente de energía, se utilizan diversos métodos, como los termoquímicos, electrolíticos, biológicos, entre otros.

También se necesita entender en qué productos se transformará la energía. Aquí entra en juego el término Power-to-X, en el que P se refiere al poder (energía) y X al producto de la energía transformada. Por ejemplo, productos líquidos, gaseosos y químicos (power-to-liquid, power-to-gas y power-to-chemicals)¹.

De acuerdo con la composición del producto, se requieren compuestos adicionales como dióxido de carbono (CO₂) y nitrógeno (N₂).



EJEMPLO DE PRODUCCIÓN²



Nota: no considera power-to-heat.

Fuente de energía Método_Reacciones_Compuestos_Productos PtX_Aplicaciones

CARACTERÍSTICAS DEL HIDRÓGENO³

El hidrógeno tiene alto poder calorífico, incluso superior al de la gasolina.

Además, tiene una baja densidad en relación con otros combustibles, lo cual quiere decir que se requiere una mayor cantidad de volumen de hidrógeno para obtener su valor energético.

Es una molécula muy pequeña que necesita sistemas específicos para su contención. Asimismo, se requiere energía adicional para contenerlo, ya sea en modo de gas o líquido.

Como vector puede usarse para aplicaciones energéticas, así como en aplicaciones no energéticas, por ejemplo, para producir fertilizantes.



CONVENCIONALES

- Licuefacción del carbón
- Producción de vidrio
- Producción de metales
- Arenas bituminosas
- Elaboración de alimentos
- Producción de metanol
- Producción de amoníaco
- Refinería de petróleo

TRANSPORTE

- Automóviles y estaciones de carga
- Buses y camiones
- Trenes y tranvías
- Barcos
- Montacargas
- Aviones
- Drones

APLICACIONES⁴

MÓVILES

- Baterías portátiles

ESTACIONARIAS

- Grandes consumidores
- Sistema eléctrico
- Almacenamiento
- Sistemas de respaldo

USO DE H₂ COMO GAS

- Redes de gas

Fuente: Vázquez y Salinas (2018).

TIPOS DE HIDRÓGENO

Los tipos de hidrógeno se clasifican por colores según las fuentes de energía o los nivel de emisiones.

Fuentes de energía⁵:

- Hidrógeno negro/marrón**
Tecnología: gasificación
Fuente de energía: carbón negro/marrón (lignito)
Emisiones GEI*: alto
- Hidrógeno gris**
Tecnología: reformado de gas natural
Fuente de energía: gas natural
Emisiones GEI*: medio
- Hidrógeno azul**
Tecnología: reformado de gas natural+CCUS
Fuente de energía: gas natural, carbón
Emisiones GEI*: bajo
- Hidrógeno turquesa**
Tecnología: pirólisis
Fuente de energía: gas natural
Emisiones GEI*: carbón sólido (subproducto)
- Hidrógeno amarillo**
Tecnología: electrólisis
Fuente de energía: energía de red de origen mixto
Emisiones GEI*: medio
- Hidrógeno rosa/violeta**
Tecnología: electrólisis
Fuente de energía: nuclear
Emisiones GEI*: mínimo
- Hidrógeno verde**
Tecnología: electrólisis
Fuente de energía: eólica, solar, hidráulica, geotérmica
Emisiones GEI*: mínimo

*Gases de efecto invernadero.

RETO

Para cumplir las metas climáticas el hidrógeno debe ser verde (y amarillo si la electricidad de la red es renovable). Los otros tipos de hidrógeno son intensivos en emisiones. Por ejemplo, el hidrógeno azul, conocido como una "falsa solución" debido al fracaso de los sistemas de captura de carbono-CCUS.

Nivel de emisiones:

RETO

En algunos casos la energía que se empleó para producción de H₂ puede provenir de diferentes fuentes. Ej: si se usa electricidad de la red eléctrica, esta puede provenir de diferentes fuentes (hidroeléctricas y termoeléctricas a partir de carbón) sin posibilidad de diferenciarlas. Adicionalmente, no hay un monitoreo extendido en generación de emisiones de las cadenas de valor del hidrógeno.

¹ H2Lac. (2023). La cadena de valor del Power-to-X. <https://h2lac.org/noticias/la-cadena-de-valor-del-power-to-x/>

² Leandro Janke. Agora (2023). Agora Training - What the hell is PtX. Autor.

³ Aldana, S. León, F. (2022). Hidrógeno en Colombia. Si se hace mal, podría ser peor. Reflexiones sobre su apuesta. <https://co.boell.org/es/2023/01/19/hidrogeno-en-colombia-si-se-hace-mal-podria-ser-peor>

⁴ Vázquez, R. & Salinas, F. (2018). Tecnologías de hidrógeno y perspectivas para Chile. <https://4echile.cl/wp-content/uploads/2020/07/LIBRO-TECNOLOGIAS-H2-Y-PERSPECTIVAS-CHILE.pdf>

⁵ Rodríguez, M. (2022). Presente y futuro del hidrógeno. Parte 2. <https://www.tecnicasreunidas.es/es/articulo/presente-y-futuro-del-hidrogeno-part-2/>

EMISIONES

La promesa del hidrógeno de descarbonizar nuestros sistemas energéticos para 2050 es grande. Estudios esperan que el hidrógeno verde, con sus derivados, pueda reducir sus emisiones en un 12 %. También se espera que pueda compensar entre un 8 % y 11% de las emisiones de los sistemas energéticos con el hidrógeno que contempla tecnologías de captura de carbono - CCUS en industrias y bioenergía con captura y almacenamiento de carbono - BECCS, respectivamente⁶.

No obstante, la promesa de descarbonizar las matrices energéticas globales depende estrictamente de los criterios de sustentabilidad de producción del hidrógeno, partiendo por⁷:

- ▶ Necesidad de no producir hidrógeno a partir de combustibles fósiles.
- ▶ Capacidad de adicionar más fuentes de energías renovables en la producción de hidrógeno y reservar hidrógeno para aplicaciones en las que la electrificación directa no sea posible.
- ▶ Correlación temporal y espacial para que la producción de energía renovable se dé en simultáneo con la operación de producción de hidrógeno, y la fuente de energía esté tan cerca de las tecnologías como de los lugares de aplicación.
- ▶ Contar los impactos socioambientales de los sistemas de energía y sus emisiones a lo largo de la cadena de valor.

RETO

Garantizar un comercio de hidrógeno global sin criterios de sustentabilidad o con estándares débiles socavará todo propósito climático y de justicia. Este punto invita a cuestionar ¿para quién y para qué se usará el hidrógeno?

DILEMA DE APLICACIONES



El sueño del hidrógeno puede generar graves distorsiones de mercado, concentrar subsidios en sectores sociales no prioritarios, acarrear mayor endeudamiento, profundizar los amplios subsidios a combustibles fósiles y borrar todo propósito de transición.

Sus múltiples aplicaciones pueden transformar la forma como nos relacionamos con la energía, pero esto no significa que todas sean viables desde lo ambiental, económico y técnico. Estas son las aplicaciones que pueden ser óptimas y las que están sujetas a debate⁹:

				
Molécula de hidrógeno	Industria	Transporte	Sector energía	Edificios
Óptimas	Agentes de reacción (DRI acero) Materia prima (amoníaco y químicos)	Aviación de larga distancia Transporte marítimo	Respaldo de energía renovable dependiendo de la proporción de energía eólica y solar y de la estructura de demanda estacional	Redes de calefacción (carga de calor residual)
Controversiales	Calor para altas temperaturas	Camiones y buses (alternativas eléctricas) Transporte aéreo o marítimo de cortas distancias Trenes (depende de frecuencia, distancias y fuentes de energía)	Tamaño absoluto de la necesidad dadas otras opciones de flexibilidad y almacenamiento	
No óptimas (mala idea)	Calor para altas temperaturas	Carros, vehículos ligeros	Mezcla de hidrógeno con gas	Calefacción a nivel de edificio

RETO

Ante la adversidad de estas incertidumbres e impactos, ¿qué alternativas tenemos?

La electrificación directa es más efectiva para descarbonizar diversos sectores y, del mismo modo, reservar el hidrógeno para aplicaciones en las que la electrificación directa no sea posible es una medida efectiva.

Es necesario focalizar incentivos a la producción de hidrógeno en aplicaciones óptimas que no financien combustibles fósiles. No se debería permitir que el hidrógeno sea una competencia para el desarrollo de energías renovables.

La producción de hidrógeno para la comercialización no debe estar por encima del acceso a la energía renovable y al agua para las comunidades locales.

INCERTIDUMBRES TÉCNICAS Y DE IMPACTO DEL H₂⁸



Clima: si se libera a la atmósfera, el hidrógeno puede provocar un calentamiento indirecto.



Tierra: competencia por usos del suelo. Ej: para producir un megavatio de energía fotovoltaica se requieren 2 ó 3 hectáreas.



Agua: se requieren amplias cantidades de agua para producir hidrógeno. En promedio en un balance de masa de 100 kg de agua se podrían obtener solo 11 kg de hidrógeno puro y 89 kg de oxígeno. Además, los lugares con mayor potencial de fuentes de energía suelen coincidir con mayor estrés hídrico.



Hidrógeno azul y CCUS (tecnologías de captura, almacenamiento y uso de carbono): evita la transición a fuentes de energías renovables y consolida la dependencia al gas. Las CCUS son altamente costosas, pueden tener diferentes riesgos asociados y no garantizan porcentajes altos de captura.



Eficiencia energética: es mayor la energía que se invierte en producir hidrógeno de la que se puede usar. El hidrógeno verde puede requerir de 2 a 14 veces más energía que las alternativas disponibles que se usan para la electrificación directa.



Costos: actualmente solo el hidrógeno gris es competitivo ante la alta subvención de los combustibles fósiles. El costo de la electricidad es un factor a jugar a favor o en contra.

¿CUÁL ES LA PROMESA DEL HIDRÓGENO PARA COLOMBIA?¹⁰

- Diversificación de la matriz energética.
- Aprovechar potencial energético (fósil y renovables).
- Posibilidad de consolidar la autonomía energética.
- Masificar las energías renovables.
- Obtener ingresos adicionales por exportaciones.
- Cumplir objetivos climáticos en el marco del Acuerdo de París.

RETO

En Colombia, la demanda actual anual de hidrógeno, estimada en 150 kt, se produce mediante el reformado de gas natural (hidrógeno gris) y se consume principalmente en refinerías.

TENSIONES EN TORNO AL HIDRÓGENO EN COLOMBIA¹¹

El hidrógeno verde solo será viable si los precios del carbón y el gas aumentan.

El hidrógeno azul sigue siendo un sueño: las CCUS han fracasado alrededor del mundo y se consideran una falsa solución.

La producción de hidrógeno en muchos casos se da con sistemas automatizados que no permiten ampliar oportunidades laborales (especialmente para aquellos que provienen del sector fósil).

El marco jurídico actual beneficia a los fósiles primero que a las energías renovables y la electrificación (caso de la Ley de Masificación de Gas 2128 de 2021 vs. Ley 1715 de 2014).

Riesgos socioambientales y carencia de mecanismos de participación vinculantes.

No hay instancias vinculantes de gobernanza para lograr una justa participación de las comunidades en los proyectos.

El hidrógeno como está planteado en la “hoja de ruta del hidrógeno” podría replicar escenarios extractivistas de focalizar solo para exportación.

La aplicación de figuras de utilidad pública en la producción de hidrógeno puede profundizar los conflictos socioambientales y vulnerar derechos humanos.

Gran parte de la tecnología para producir hidrógeno está concentrada en países desarrollados (crisis de electrolizadores).

COSTOS E INCENTIVOS

Los proyectos de hidrógeno requieren altas inversiones que apalanquen su desarrollo. En Colombia se ha propuesto que parte del apalancamiento de las inversiones quede en manos del Estado, tal es el caso de la Ley 2099 de 2021 con incentivos a descuentos a la renta, exclusión del IVA, reducción de aranceles a equipos y depreciación acelerada.

Asimismo, cursa en el Congreso de la República el Proyecto de Ley 275 de 2022, el cual obliga la creación de 19 incentivos fiscales y tributarios para el desarrollo de la economía del hidrógeno.

RETO

Estos incentivos estatales pueden desencadenar competencia de recursos entre tecnologías eficientes y la captura de incentivos de gremios altamente subsidiados como la industria del gas.

MENSAJES

- Las promesas del hidrógeno no deben enviar señales falsas al mercado.
- Es importante decantar qué usos son viables para el caso colombiano.
- Se deben estudiar primero las alternativas costo-eficientes con las que cuenta Colombia para emprender una transición energética justa.
- Debe considerarse un balance justo entre moléculas de hidrógeno para exportación y para consumo local.
- Necesidad de hacer estudios de costos de incentivos y subsidios estatales. ¿Pagaremos un hidrógeno que no consumiremos?
- El hidrógeno no debe ser usado para continuar subsidiando combustibles fósiles y generar competencia de incentivos con energías renovables.
- Focalizar incentivos al despliegue de energías renovables que no recaigan en modelos extractivistas.
- Se deben fortalecer las instancias de gobernanza de decisión sobre el mercado del hidrógeno, involucrar a las comunidades como socias y crear marcos vinculantes de respeto de derechos humanos.
- Evitar el fraccionamiento en licenciamiento ambiental de los proyectos de hidrógeno.

⁶ IRENA (2021a). World Energy Transitions Outlook: <https://www.irena.org/publications/2021/Jun/World-Energy-Transitions-Outlook>

⁷ Agora (2023). Agora Training - Hydrogen standards

⁸ Aldana, S, León, F (2022). Hidrógeno en Colombia. Si se hace mal, podría ser peor. Reflexiones sobre su apuesta.

<https://co.boell.org/es/2023/01/19/hidrogeno-en-colombia-si-se-hace-mal-podria-ser-peor>

⁹ Adaptado de Agora Energiewende. (2023). 12 insights on hydrogen.

https://static.agora-energiewende.de/fileadmin/Projekte/2021/2021_11_H2_Insights/A-EW_245_H2_Insights_WEB.pdf

¹⁰ Ministerio de Minas y Energía. (2021). Hoja de ruta del hidrógeno.

https://www.minenergia.gov.co/documents/5861/Hoja_Ruta_Hidrogeno_Colombia_2810.pdf

¹¹ Aldana, S, y León, F. (2023). Hidrógeno y transición justa en Colombia: expectativas y preocupaciones.