



Universidad de Costa Rica

Facultad de Educación

Escuela de Bibliotecología y Ciencias de la Información

Informe de Vigilancia Tecnológica:

**Producción de hidrógeno verde para descarbonizar las actividades económicas
en Costa Rica**

Realizado por:

Brigitte Jelitza Muñoz Soto

Mary Cruz Pacheco Calderón

José Andrés Zúñiga Chavarría

Abril 2022

Sede Rodrigo Facio



Tabla de contenidos

Informe de Inteligencia Competitiva y de Mercado	4
Nombre del proyecto	5
Objetivo del estudio de vigilancia tecnológica	5
Descripción del servicio	5
Propuesta de valor	6
Descriptores de búsqueda	6
5.1 Palabras clave	6
5.2 Comportamiento de las palabras clave	7
Inteligencia comercial y de mercado	8
6.1. Identificación del sector al que pertenece	8
6.1.1. Comportamiento del sector	9
Nacional	9
Internacional	10
Estados Unidos de América	11
Chile	12
Alemania	13
Japón	14
Australia	16
China	17
6.2 Análisis del entorno	18
Benchmarking: Comparación de proyectos de hidrógeno verde	18
6.3 Público meta/Población beneficiada	25
6.4 Hallazgos del apartado	26
Inteligencia científica	27
7.1 Documentos relevantes	27
7.2 Hallazgos del apartado	34
Inteligencia tecnológica	36
8.1 Descripción detallada del servicio	36
8.2 Composición y procedimiento	36
8.3 Otros datos relevantes	36
8.4 Clasificación internacional	36
Informe de Inteligencia Competitiva y de Mercado	2



8.5 Documentos relevantes encontrados	37
8.4 Gráficas de comportamiento de presentación de solicitudes	41
Cantidad de solicitudes a lo largo del tiempo	41
Documentos de patentes por fecha de publicación, presentación y concesión	42
Documentos de patentes por estatus legal	43
8.5 Hallazgos del apartado	43
Análisis FODA	44
Estrategias del Análisis FODA	46
Estrategias N°1 Fortalezas + Oportunidades	46
Estrategias N°2 Debilidades + Oportunidades	47
Estrategia N°3 Fortalezas + Amenazas	47
Estrategia N°4 Debilidades + Amenazas	47
Posibles aliados estratégicos o licenciarios	49
Conclusiones generales	54
Sobre los datos derivados de los tipos de inteligencia realizados	54
Sobre formas de protección de propiedad intelectual aplicables	54
Referencias Bibliográficas	55



Informe de Inteligencia Competitiva y de Mercado

La actual crisis climática ha obligado a la comunidad internacional a tomar acciones para mitigar los efectos del cambio climático. Para ello, los gobiernos en el planeta han ideado distintas estrategias para hacer frente a la emergencia ambiental existente. Estas ideas se han convertido en robustos planes de descarbonización de las economías, los cuales pretenden disminuir la huella de carbono de los procesos productivos, lo que ha obligado a invertir en nuevas tecnologías que disminuyan la dependencia de combustibles fósiles. Estas inversiones se han enfocado en la innovación y desarrollo de tecnologías que respondan como una alternativa al carbono en cuanto a la energía, la movilidad, la industria entre otros temas.

Así mismo, desde el contexto nacional, se han realizado significativos esfuerzos a nivel estatal en responder de manera oportuna a los efectos del cambio climático. Así pues, Costa Rica lanza el Plan Nacional de Descarbonización en el 2019 con el compromiso de convertir al país en un territorio libre de emisiones para el año 2050. Este plan crea un ambiente propicio para potenciar el desarrollo de tecnologías que ayuden al objetivo del país. A causa de esto, el gobierno ha abierto la puerta para la creación de propuestas que potencien la instalación de la infraestructura necesaria para la economía del hidrógeno verde.

A través de este Informe de inteligencia competitiva y de mercado sobre la producción del hidrógeno verde para descarbonizar la actividades económicas en Costa Rica, la persona lectora puede encontrar como ruta de inicio los aspectos generales de este informe, para luego encontrarse con los estudios de inteligencia comercial, científica y tecnológica, donde descubrirá la amplitud del tema propuesto así como su pertinencia para ser explorado y analizado con atención con el fin de crear el ambiente propicio para el desarrollo del hidrógeno verde desde una visión sostenible y consciente del contexto social, ambiental y económico en el cual se encuentra el país.



1. Nombre del proyecto

Producción de hidrógeno verde para descarbonizar las actividades económicas en Costa Rica

2. Objetivo del estudio de vigilancia tecnológica

Realizar un estudio de vigilancia tecnológica sobre la producción de hidrógeno verde para descarbonizar las actividades económicas costarricenses, e identificar ventajas y desventajas en su introducción al mercado.

3. Descripción del servicio

La tecnología del hidrógeno verde, se basa en la generación del gas de hidrógeno a través de un proceso químico llamado electrólisis. La electrólisis del agua es el proceso de descomposición de la molécula de agua (H_2O) en los gases de oxígeno (O_2) e hidrógeno (H_2) separados. Esta separación se lleva a cabo por medio de la aplicación de una corriente eléctrica continua provista por dos electrodos sumergidos en el agua y con la presencia de un electrolito disuelto en la mezcla. Este proceso de disociación del hidrógeno y del oxígeno se produce porque los electrodos atraen para sí mismos los iones de cargas opuestas. Durante este proceso, se produce una reacción química conocida como oxidación-reducción, producto de la electricidad empleada.

Sin embargo, el calificativo “verde” se refiere a la utilización de energía eléctrica producida por medio de fuentes renovables, tales como energía eólica, solar, hidráulica, geotérmica y biomasa; la producción de estas energías no representa emisión de dióxido de carbono (CO_2) a la atmósfera.

Es por ello que la tecnología del hidrógeno verde, utiliza energías provenientes de fuentes renovables para llevar a cabo el proceso químico de la electrólisis de agua. Esta tecnología busca ser una alternativa viable para los planes de descarbonización de los gobiernos, cuyo objetivo es disminuir la dependencia de hidrocarburos en diversos sectores productivos.

Cabe destacar que el tema abordado, actualmente se encuentra en constante cambio por lo que se resalta que los hallazgos encontrados son válidos a la fecha del 24 de abril del 2022.

4. Propuesta de valor

Implementar en Costa Rica la producción de hidrógeno verde para descarbonizar las actividades económicas, aprovechando su matriz eléctrica y potencial de fuentes renovables (hidroeléctrica, eólica, geotérmica y solar); así como convertir al país en exportador de hidrógeno verde ante su creciente demanda global.

Valores agregados:

- Sostenibilidad
- Fácil almacenaje
- Versatilidad
- Fácil de transportar
- Descarbonización del transporte
- Innovación (desarrollo de infraestructura, de nuevas aplicaciones y de capital humano)

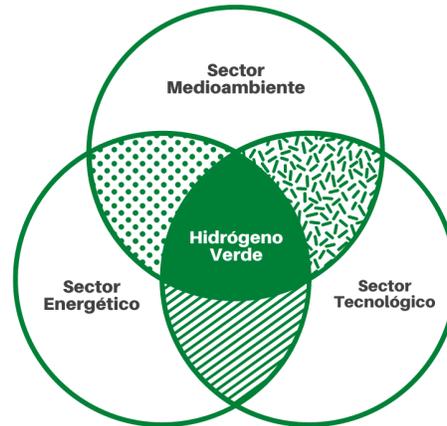
5. Descriptores de búsqueda

5.1 Palabras clave

Español	Inglés
Hidrógeno verde	e-Hydrogen, Green hydrogen
Hidrógeno renovable	Renewable hydrogen
Electrólisis	Electrolysis
Energías renovables	Clean energy, Renewable energy
Electricidad	Electricity
Fuentes renovables	Renewable sources
Recuperación verde	Green recovery
Vector energético	Energy vector
Proceso	Process
Producción	Production

6. Inteligencia comercial y de mercado

6.1. Identificación del sector al que pertenece



Fuente: Elaboración propia, 2022.

En torno al sector energético, existe un compromiso actual por parte de las empresas por hacer más ecológicas sus actividades, dando paso a energías renovables alternativas como la eólica o solar, o bien dejando espacio para el uso de vías de producción de electricidad menos contaminantes como la nuclear, la hidroeléctrica, el gas o la producción de hidrógeno bajo en carbono. Asimismo, otra clave innovadora en este sector es el almacenamiento de energía, que facilita el uso de energías renovables y permite el acceso a las mismas en momentos en que no se puedan producir o en momentos de necesidad por saturación ante las demandas de consumo (Energética, 2021, párr. 4).

Por otra parte, de acuerdo con este sector se establece que para llevar a cabo diseños más ecológicos las empresas deben diseñar productos cuyo uso limite la dependencia actual de combustibles fósiles. Al respecto, el sector transporte ha actuado en este aspecto mediante aviones de hidrógeno, autobuses eléctricos o de biogás, entre otros; vehículos que buscan ser más ligeros y reducir el nivel de energía necesaria (Energética, 2021, párr. 6).

Respecto al sector medio ambiente, cabe destacar que las distintas organizaciones, indistintamente del sector para el que operen, están realizando acciones sobre el cambio climático con el objetivo de limitar el aumento de la temperatura global y alcanzar emisiones limpias. Muchas de estas organizaciones o empresas no solamente buscan limitar sus propias emisiones, sino que están impulsando el cambio de políticas en sus países y regiones, así como creando alianzas para acelerar el objetivo (Ambientum, 2020, párr. 3).

Desde el sector medioambiental, las compañías apuestan cada vez más por la sostenibilidad, ya que llaman más la atención de la comunidad global de inversores.



Además, las empresas se han visto en la necesidad de recopilar información sobre su huella hídrica, alineando las definiciones de agua en sus negocios, aprendiendo sobre su origen y sobre cómo utilizarla en las operaciones (Ambientum, 2020, párr. 8).

6.1.1. Comportamiento del sector

a. Nacional

Durante los últimos años, Costa Rica ha tenido importantes avances en el desarrollo del hidrógeno verde. Al respecto, la compañía Ad Astra Rocket implementó la primera planta piloto de generación y dispensado de hidrógeno verde en el país y en la región de Centroamérica. Este proyecto, demuestra la factibilidad técnica de generar hidrógeno verde a partir de la electrólisis del agua empleando energías renovables; además permite el empleo del mismo en cuatro vehículos livianos de celdas de combustible y en un bus. Dicho proyecto se encuentra en una fase de expansión, que permita aumentar su capacidad de almacenamiento y presión de dispensado, aumentando las autonomías de los vehículos (Larrea, Echeverría y Ernest, 2021).

Por otra parte, el Ministerio de Ambiente y Energía (MINAE) de Costa Rica desarrolló un Plan de Acción Interinstitucional para propiciar el uso de hidrógeno en el sector transporte; y a su vez, conformó una Comisión de Hidrógeno, integrada por representantes de instituciones del sector energético. Su implementación se incluyó en el Plan Nacional de Energía 2015-2030 y en el Plan Nacional de Descarbonización (Larrea, Echeverría y Ernest, 2021).

A su vez, mediante el Instituto de Normas Técnicas de Costa Rica (INTECO) se creó un Comité Técnico Nacional de Hidrógeno, para la adecuación de normas y estándares internacionales técnicos empleados en el diseño de plantas de generación, almacenamiento, transporte y distribución de hidrógeno verde. Asimismo, el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) ha apoyado el avance del país en cuanto al desarrollo de hidrógeno verde (Larrea, Echeverría y Ernest, 2021).

La Cooperación Técnica: “Camino a la Descarbonización: Promoviendo la Economía de Hidrógeno en Costa Rica” ha permitido la creación de la Alianza por el Hidrógeno, conformada por instituciones públicas y privadas, entre las que destacan Siemens, Cummins, Fundación CRUSA, Ad Astra Rocket Company, Toyota CR (Purdy Motor), ICE, RECOPE; dicha alianza busca promover el desarrollo de oportunidades de negocio en el sector del hidrógeno verde (Larrea, Echeverría y Ernest, 2021). En el primer trimestre del año 2022 se dio a conocer en la Cumbre Climática de Glasgow (COP26) que Costa Rica fue el único país seleccionado de América Latina y uno de los únicos tres países en el mundo



para llevar adelante esta propuesta, siendo que tiene permitido iniciar la fase de preparación del proyecto con recursos provenientes de NAMA Facility (Madriz, 2020).

Asimismo, la Cooperación Técnica ha dado lugar a estudios para comparar las tecnologías de vehículos eléctricos con baterías e hidrógeno; el cual concluye que el impacto ambiental de producción, importación y uso de ambas tecnologías es comparable, así como que cada tecnología tiene un nicho particular en el transporte. De acuerdo a estos estudios, los vehículos de batería serían útiles en el transporte de carga ligera y los vehículos de hidrógeno en el transporte de carga pesada (Larrea, Echeverría y Ernest, 2021).

Actualmente al menos tres empresas extranjeras han mostrado interés en construir plantas para producir hidrógeno verde con electricidad renovable del país, puesto que consideran a Costa Rica un territorio con ventaja potencial para negocios sostenibles, gracias a la abundante generación hídrica, eólica y geotérmica. Aunado a esto, cabe destacar que la Autoridad Reguladora de los Servicios Públicos (ARESEP) aprobó la nueva tarifa de Usuarios Directos (T-UD) y de alta tensión que el Instituto Costarricense de Electricidad (ICE) aplicará a empresas interesadas en el desarrollo de una economía de hidrógeno verde (Lara, 2022).

Las tarifas eléctricas para la producción de hidrógeno estarán disponibles a partir del 1° de abril del 2022 y corresponden a la etapa del servicio de generación sin incluir el costo de la transmisión de alta tensión. Dicha tarifa quedó en precios de \$0,039 y de \$0,055 para periodo punta (de mayor demanda) por cada kilovatio hora de energía consumida (Lara, 2022).

Por otro lado, en los últimos días del mes de febrero del año 2022 el Grupo ICE firmó un memorando de entendimiento con la empresa australiana Kadelco con el fin de identificar condiciones de suministro eléctrico para la producción de hidrógeno verde en Costa Rica. Kadelco corresponde a una de las empresas extranjeras interesadas en construir una planta de hidrógeno verde en Costa Rica (Alvarado Quesada, 2022).

b. Internacional

El empleo del hidrógeno para fines industriales o de transporte data de hace muchos años atrás; sin embargo, esta tecnología parecía poco atractiva por los altos costos de producción, por lo que su desarrollo se vio estancado. No obstante, muchas empresas e instituciones estatales en el mundo siguieron investigando sobre esta tecnología para hacerle frente al uso de combustibles fósiles para fines industriales y de transporte por



motivo del cambio climático, el cual ha traído serias consecuencias para el ser humano y los ecosistemas.

El desarrollo de energías no dependientes de petróleo, gas o carbón, motivaron las llamadas energías renovables, las mismas fueron creadas para disminuir la emanación de dióxido de carbono a la atmósfera y se convirtieron como ruta de escape para muchos países para promover los planes de descarbonización. Muchos de los países han promovido una transición progresiva a modelos energéticos verdes, así como la transformación de sus economías de forma más sostenibles con la naturaleza, lo que motivó la investigación en nuevas tecnologías. Es por ello que en este análisis internacional se estudiarán los países que están a la vanguardia de esta tecnología.

Estados Unidos de América

Según el diario France 24 (21 de mayo de 2021, párr.1), en la administración del expresidente Donald Trump, Estados Unidos se retiró del Acuerdo Climático de París, el cual fue impulsado en la 21ª Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático en 2015 (COP21) en la capital de Francia; sin embargo, tras el cambio de gobierno, el actual presidente Joe Biden tomó la decisión de unirse al acuerdo antes mencionado y a su vez impulsó un ambicioso plan de reactivación energética, el cual busca alcanzar cero emisiones de CO₂ para el 2050. Este plan incluye el desarrollo del hidrógeno verde en el país norteamericano, ya que el hidrógeno actualmente se extrae utilizando combustibles fósiles.

Para Saenz (2020, p.17) el Estado de California, junto con Louisiana y Texas, son los mayores productores de hidrógeno en el país, y este es utilizado para refinar petróleo, tratar metales, producción de fertilizantes y procesamiento de comida. Sin embargo, según (Saenz, 2020, p.17) el país ha propuesto los siguientes 3 objetivos para lograr esa transformación:

1. Cuantificar el papel del hidrógeno en el sistema energético del país para el 2050 en cada sector y subsector.
2. Desarrollar una hoja de ruta incluyendo hitos para el 2020, 2025 y 2030 teniendo en cuenta sinergias entre los sectores.
3. Calcular los beneficios ambientales, macro económicos y sociales que resultaron de esta ruta a seguir.

Además, Saenz (2020, p.18) menciona que el país ha trazado una hoja de ruta que ha sido planteada en el 2018, la cual pronostica un continuo desarrollo energías renovables que alcanzara para el 2030 precios de 20\$ por MWh, esto permitirá la reducción de costos operacionales en la producción de hidrógeno, lo cual es fundamental para alcanzar los



objetivos que se proponen. Asimismo, la ruta de desarrollo está dividida en etapas, en donde la primera etapa busca desarrollar plantas electrolizadoras de tamaños entre (10-50 MW), utilizando la tecnología PEM (Proton Exchange Membrane; membrana polimérica de intercambio de protones), y el continuo progreso de la infraestructura para la distribución gaseosa y líquida del hidrógeno en los estados pioneros.

El mercado del hidrógeno también está planeado por etapas a medida que se desarrolle la infraestructura, se integrarán y se diversificarán las aplicaciones del hidrógeno, en la etapa actual ya existe un mercado en el sector movilidad, donde ya existen 25.000 vehículos de celda de combustible (FCEV) y su respectiva infraestructura de abastecimiento de 63 estaciones de carga. Cabe mencionar, que el estado de California ha trabajado en el desarrollo de la cadena de valor del hidrógeno desde hace más de 20 años desarrollando el mercado de la movilidad propulsada con hidrógeno, tienen la meta de crear una red de 200 estaciones de recarga para el 2025 y 1000 estaciones para el 2030 con un pronóstico de 1.000.000 de vehículos. (Saenz, 2020, p.18).

Chile

En el año 2020, el Ministerio de Energía del Gobierno de Chile, lanzó la “Estrategia Nacional Hidrógeno Verde”, el cual menciona el potencial energético de Chile en cuanto a la producción de energía renovables, específicamente la energía solar del desierto del norte y los vientos del sur del país, esta estrategia busca impulsar una descarbonización profunda en el país y el mundo. Chile desarrolla esta estrategia oficial para alcanzar una economía del hidrógeno verde como combustible limpio para la transición energética global al aprovechar la mejor radiación solar de la región, esto le permitirá tener precios de energía muy bajos y a su vez producir hidrógeno limpio o “verde”.(Saenz, 2020, p.22).

Además, para Saenz (2020, p. 23) el hidrógeno verde será parte de la matriz energética y se usará para el transporte, industria, minería y exportación. Se observa el impulso por parte de este estado a los proyectos de hidrógeno. En el 2018 se formó la Asociación Chilena de Hidrógeno con el objetivo de acelerar la transición energética y posicionar a Chile como un líder en la producción. Asimismo OxyChile produce importantes químicos básicos e hidrógeno, para el consumo interno de la industria metalúrgica, petroquímica, química y otros.

El Estado Chileno según lo menciona Saenz (2020, p. 23) impulsa planes pilotos que se engloban en los siguientes intereses:

1. Identificar y entender proyectos pilotos que aporten a objetivos públicos, como:
 - a. Reducir emisiones.
 - b. Reducir la contaminación local.



- c. Creación de empleo.
- d. Estimular proveedores locales.
2. Apoyar la fase de estudios de los proyectos más adecuados (públicos-privados).
3. Apoyar la fase de implementación, promoviendo:
 - a. La articulación: Facilitar desarrollos mediante coordinación e información.
 - b. Apoyo financiero: actualmente se encuentran en discusión los mecanismos.

Saenz (2020, p. 23) destaca, que el hidrógeno que produce y distribuye Chile se utiliza principalmente para procesos en refinerías, para el hidrot ratamiento, *hydrocracking*, desulfuración de los combustibles, se utiliza para hidrogenar aceites y margarinas estabilizándolos y así aumentar su periodo de conservación; en la fabricación de vidrios especiales se usa el hidrógeno para realizar el pulido superficial de artículos de vidrio, vajillas frascos y cristalería logrando así un aspecto suave y brillante; para los sistemas de generación de energía en las turbinas termoeléctricas se usa como refrigerante. Utilizan el hidrógeno seco para enfriar generadores eléctricos debido a su alta conductividad térmica y baja viscosidad. En la soldadura brazing donde se utiliza el hidrógeno y nitrógeno para minimizar y reducir la formación de óxidos, lo que asegura la producción de uniones metálicas de alta calidad.

Por otro lado, el hidrógeno es un tema de investigación en todas las universidades chilenas, sobre todo en sistemas híbridos (solar-eólico hidrógeno-celda de combustible), financiados en gran parte por CORFO. Por otro lado, la Minera San Pedro y la Universidad de Santiago de Chile presentan cada vez más investigaciones relacionadas al hidrógeno. El Ministerio de Energía con la Superintendencia de Electricidad y Combustibles (SEC), conjuntamente trabajan en la nueva regulación del uso de hidrógeno como combustible y en los aspectos técnicos necesarios para su uso, logística y almacenamiento teniendo en cuenta requisitos mínimos de seguridad según la regulación internacional. Saenz (2020, p. 23).

Alemania

Alemania cuenta con la “*National Hydrogen Strategy*” impulsada por el Gobierno Federal de Alemania, específicamente por el Ministerio Federal de Economía y Energía, la cual fue lanzada en junio del 2020. Esta estrategia busca la transición energética, que representa los esfuerzos realizados y los resultados obtenidos en la expansión de las energías renovables y la eficiencia energética, es nuestra base para un suministro de energía limpio, seguro y asequible, que es esencial para todas nuestras vidas. Al adoptar el Plan de Acción Climática 2030, el Gobierno Federal ha allanado el camino para cumplir sus objetivos climáticos para 2030. Su objetivo a largo plazo es lograr la neutralidad de carbono en línea con los objetivos acordados en el Acuerdo de París, que busca mantener el calentamiento global muy por debajo del actual, la meta es 2 grados y si es posible por debajo de 1,5



grados. Además, Alemania se ha comprometido, junto con los demás Estados miembros europeos, a lograr la neutralidad de gases de efecto invernadero (GEI) para 2050.

Además, esta estrategia plantea que se necesitará hidrógeno si se quiere eliminar a largo plazo ciertos tipos de emisiones de carbono del sector industrial, como las emisiones relacionadas con el proceso de la industria del cemento. Al capturar las emisiones de carbono del sector industrial y combinarlas con hidrógeno, se pueden producir productos químicos útiles (CCU, captura y utilización de carbono) y se abren nuevas cadenas de valor para la industria de productos químicos básicos.

Para Saenz (2020, p. 20), el objetivo principal de la hoja de ruta hacia una economía del hidrógeno de la unión europea es hacer una transición de energía limpia, eficiente y económicamente atractiva, específicamente es eliminar de 2800 Mega-toneladas de dióxido de carbono(CO₂) y en este proceso de des-carbonización el hidrógeno juega un papel importante. Por su parte Alemania ha establecido el reto de apagar todas las centrales térmicas de carbón para el 2038, y a su vez ha desarrollado una estrategia nacional del hidrógeno en donde se proponen construir la red de hidrógeno más grande con más de 1,200 km para 2030 H₂ conocido como "Startnetz" a partir de la red actual de gas natural.

La gran demanda de hidrógeno en Europa se centra en el sector químico para la producción de amoníaco y en refinación para el *hydrocracking* el cual tiene como producto combustible de jet, diesel y GLP. Por otro lado se utiliza el hidrógeno para la producción de hierro, acero y vidrio. En este sentido Alemania espera tener una demanda de 4-20 TWh para 2030 y para 2050 de 250-800 TWh lo que representa entre 30 y 50 Mega toneladas. (Saenz 2020, p. 21).

Japón

Según información de KIZUNA la Revista Oficial del Gobierno de Japón (16 de septiembre del 2021), En el año 2017 Japón lanzó la "Estrategia Básica del Hidrógeno" como plan de acción para lograr una sociedad propulsada por el hidrógeno, y con la organización de la Reunión Ministerial de Energía de Hidrógeno que, en 2018, fue el primer debate a nivel de Gobierno dedicado a este tema en el mundo. Un papel importante en esta estrategia lo desempeñó el Campo de Investigación de Energía de Hidrógeno de Fukushima (FH2R), que se terminó en la primavera de 2020. Está equipado con unas instalaciones de producción de hidrógeno de 10.000 kW, las cuales utilizan fuentes de energía renovable, como la electricidad generada por paneles solares dispuestos a su alrededor, y producirá varios cientos de toneladas de hidrógeno al año.



De igual manera la revista KIZUNA (16 de septiembre del 2021) menciona que el hidrógeno se está introduciendo ya en la cadena de suministro para sustituir a los combustibles fósiles utilizados anteriormente en Japón. La pila de combustible para el hogar conocida como Ene-Farm se está convirtiendo en algo normal en la vida cotidiana. Desde el lanzamiento de Mirai, el primer automóvil con pila de combustible del mundo, se han abierto estaciones para repostar hidrógeno por todo el país y numerosos autobuses de pila de combustible operan regularmente, en especial en Tokio. También se estudiaron los planes para utilizar la energía del hidrógeno de forma práctica, como en la villa olímpica de los Juegos Olímpicos y Paralímpicos de Tokio 2020. La gama de usos futuros se amplía e incluye aplicaciones como vehículos eléctricos, barcos y aviones.

Japón es uno de los países que lidera el desarrollo e implementación tecnológica de la economía del hidrógeno, desde el cierre de la mayoría de los reactores nucleares debido al desastre nuclear de Fukushima, Japón ha priorizado el avance de la tecnología del hidrógeno. En 2015 el gobierno aprobó el plan estratégico de energía donde se plantea una hoja de ruta hacia una sociedad del hidrógeno para el 2050. El primer paso, generar demanda de hidrógeno, esto se afirma en subsidios por más de 400 millones de dólares en vehículos de celdas de combustible y estaciones de hidrógeno. Sin embargo, en la actualidad Japón produce hidrógeno a partir de reformado de hidrocarburos y la transición al hidrógeno verde será a partir del aumento de la demanda en la estrategia se establece la fecha de la transición total para 2050. (KIZUNA, 16 de septiembre del 2021).

Según Saenz (2020, p. 21) en la estrategia de Japón se presentan 3 puntos claves en el desarrollo de la economía del hidrógeno:

1. La reducción del costo de producción.
2. El desarrollo de la infraestructura para el almacenamiento, transporte y distribución.
3. El desarrollo de aplicaciones de las celdas de combustible en varios sectores como movilidad, generación de electricidad lo cual implica el desarrollo de una estructura.

Por último, Saenz (2020, pp.21-22) menciona que Japón utiliza el hidrógeno verde para la generación de electricidad y usos en movilidad; el gobierno japonés ha impulsado una gran inversión en los subsidios para motivar la movilidad. Con todos estos nuevos vehículos impulsados con hidrógeno Japón ya desarrolló producción y estaciones de carga de hidrógeno en puntos geográficos estratégicos con el fin de asegurar la movilidad. Por otro lado, Compañías japonesas como Mitsubishi y Kawasaki están desarrollando tecnologías para plantas generadoras a partir de combustión de hidrógeno sin emisión de



óxidos de nitrógeno (Nox), esta tecnología es conocida como micromix. El desarrollo de estas plantas representará el consumo más significativo de hidrógeno para el 2050.

Australia

Australia cuenta con la Estrategia Nacional de Hidrógeno la cual fue impulsada por Ministros de Energía (EMM) en el año 2019. Esta estrategia seguirá un enfoque adaptativo. Se centrará en acciones que eliminen las barreras del mercado, generen oferta y demanda de manera eficiente y aceleren la competitividad global en costos. Estos nos equiparán para escalar rápidamente a medida que se desarrollen los mercados.

La estrategia establece una visión para una industria del hidrógeno limpia, innovadora, segura y competitiva que beneficie a todos los australianos. Su objetivo es posicionar a nuestra industria como un actor global importante para 2030. Esta estrategia contempla lo siguiente:

1. Explora el potencial de hidrógeno limpio de Australia.
2. Considera escenarios futuros con amplias posibilidades de crecimiento.
3. Describe un enfoque adaptativo que equipa a Australia para escalar rápidamente.
4. Incluye vitrinas de cada estado y territorio.
5. Detalla las acciones coordinadas a nivel nacional que involucran a los gobiernos, la industria y las comunidades.

Para el año 2021, según Roca (15 de junio del 2021, párr.1) menciona que “Australia contaba con 35 proyectos de electrolizadores de hidrógeno verde con una capacidad potencial de 38 gigavatios si el costo de la tecnología cae significativamente en la próxima década, según una nueva investigación de *Rystad Energy*.” La mayoría de estos electrolizadores se encuentran en la fase piloto, y la instalación operativa más grande es la relativamente minúscula instalación de 1,5 megavatios en el *Hydrogen Park* en Australia del Sur, que se utiliza para mezclar una pequeña cantidad de hidrógeno verde en la red de gas en ciertos suburbios de Adelaide.

De igual manera Roca (15 de junio del 2021, párr.3), menciona que los 35 electrolizadores se reparten a lo largo de la costa australiana, desde el norte de Queensland hasta Tasmania y Pilbara Australia Occidental, y son propiedad de una variedad de actores, incluidos los grandes mineros BHP, Fortescue y Anglo American, la compañía de gas Woodside, la firma financiera Macquarie Capital y compañías de electricidad como Origin, Jemena, Stanwell y Pacific Hydro, así como especialistas en energías renovables e hidrógeno como Countrywide, Austrom e Hydrogen Renewables Australia.



China

Además, se puede mencionar que la República Popular de China ha mostrado importantes avances en cuanto a la investigación del hidrógeno verde, ya que actualmente se encuentran múltiples patentes otorgadas para el desarrollo de nuevas tecnologías, las cuales han sido presentadas por diversas instituciones de carácter estatal con el fin de ayudar a la descarbonización de las actividades económicas de China.

También, se puede mencionar en esta línea a la empresa "China Huaneing Group" quien es una empresa estatal que sirve a las estrategias nacionales que garanticen la seguridad energética. El objetivo principal de dicha empresa estatal es acelerar la construcción de una empresa moderna de energía limpia de clase mundial con una fuerte capacidad de innovación, fuerte creación de valor, fuerte competitividad global, excelentes activos, excelente gestión y excelente desempeño. como las tareas estratégicas de "seis nuevos líderes" en términos de innovación tecnológica, transformación ecológica, eficiencia y eficiencia, desarrollo internacional, gobierno corporativo y calidad de construcción de partidos, abrir completamente el segundo emprendimiento y lograr otro despegue.

6.2 Análisis del entorno

Benchmarking: Comparación de proyectos de hidrógeno verde

Este apartado propiciará de forma comparativa todos aquellos servicios que pertenecen al área de hidrógeno verde que evidencian buenas prácticas, y que pueden tomarse como ejemplo para transferir conocimiento o ahondar más en el tema para su aplicación. De tal forma se mostrarán algunas entidades que ya tienen proyectos en marcha relacionados con este tema a nivel internacional:

Nombre	País	Funcionalidad	Composición	Costo	Disponible en	Publicación	Sitio web
MMYPEN	Europa	Planta de hidrógeno verde para uso industrial.	Fuentes 100% renovables mediante electrólisis (20MW).	No divulgado	https://www.lanzadigital.com/economia/mmypen-colabora-con-la-puesta-en-marcha-de-la-planta-de-hidrogeno-verde-en-fertiberia/	22/2/2022	
Ningxia Baofeng Energy Group	China	Reducir grandes cantidades de carbón.	Electrolizador alcalino de 150 MW alimentado por una matriz solar de 200 MW.	1.400 millones de yuanes (aproximadamente unos 200 millones de euros).	https://elperiodicodelaenergia.com/el-proyecto-de-hidrogeno-verde-mas-grande-del-mundo-con-electrolizador-de-150mw-entra-en-funcionamiento-en-china/	3/2/2022	



ZEPPELIN	Europa	Investigar nuevas tecnologías de producción de hidrógeno verde alternativas a la electrólisis, que fomenten la economía circular mediante la valorización de residuos y subproductos de diferentes sectores. Desarrollar nuevos materiales de almacenamiento de hidrógeno verde y herramientas de modelización de las diferentes tecnologías desarrolladas.	Ofrecerá a España un potencial de generación anual de hidrógeno verde circular de alrededor de 135.000 toneladas al año. Además, revalorizará más de 99 millones de toneladas de residuos y 50 millones de toneladas de aguas residuales municipales.	Cuenta con un presupuesto de 7,9 millones de euros.	https://www.residuosprofesional.com/zeppelin-hidrogeno-verde-residuos/	27/1/2022	
Asian Renewable Energy Hub	Australia Occidental	El proyecto más grande es una construcción de serie de plantas con electrolizadores con una capacidad total de 14GW.	Recursos de energía renovable (eólica y solar).	US\$36.000 millones	https://www.bbc.com/mundo/noticias-5653177	31/3/2021	https://asianrehub.com/



NorthH2	Países Bajos	La petrolera Shell lidera junto con otros desarrolladores el proyecto NorthH2, que prevé la construcción de al menos 10GW de electrolizadores.	Utiliza energía eólica <i>offshore</i> .	No divulgado	https://www.bbc.com/mundo/noticias-5653177Z	31/3/2021	https://www.north2.eu/
AquaVentus	Alemania	Planean su propio proyecto de construcción con hidrógeno verde, con capacidad de 10GW para 2035.	Utilizará los poderosos vientos de la región como fuente energética.	No divulgado	https://www.bbc.com/mundo/noticias-5653177Z	31/3/2021	https://www.aquaventus.org/presse/flagship-project-for-green-hydrogen/
Rostock	Alemania	El consorcio liderado por la energética local RWE prevé la construcción de 1GW de energía verde.	Utilizará los poderosos vientos de la región como fuente energética.	No divulgado	https://www.bbc.com/mundo/noticias-5653177Z	31/3/2021	https://www.rwe.com/en/our-portfolio/innovation-and-technology/hydrogen/rostock



Helios Green Fuels Project	Arabia Saudita	Se prevé que el proyecto instale 4GW de electrolizadores para 2025.	Integrará 4 GW de energía renovable de energía solar, eólica, la producción de 650 t por día de hidrógeno por electrólisis con tecnología Thyssenkrupp, la producción de nitrógeno por separación de aire con tecnología de Air Products y la producción de 1,2 Mt anuales de amoníaco verde utilizando tecnología Haldor Topsoe.	US\$5.000 millones	https://www.bbc.com/mundo/noticias-56531777 https://www.power-technology.com/comment/saudi-arabia-hydrogen-project/	31/3/2021 18/5/2021	https://www.heliosindustry.com/project/#:~:text=HELIOS%20is%20in%20a%20very,hydrogen%20molecules%20from%20oxygen%20molecules.%22
HyEx	Chile	El hidrógeno verde se utilizará en la minería.	Utilizará energía solar para potenciar electrolizadores de 1.6GW	No divulgado	https://www.bbc.com/mundo/noticias-56531777	31/3/2021	



Highly Innovative Fuels (HIF)	Chile	Generará e-combustibles en base a hidrógeno verde.	Usará energía eólica	US\$16,9 millones	https://www.bbc.com/mundo/noticias-5653177Z https://www.enelgreenpower.com/es/medios/press/2021/12/en-el-green-power-adjudica-16-millones-dolares-proyecto-hidrogeno-verde-hif-magallanes	31/3/2021 30/12/2021	https://www.hif.cl/
Inversión de la empresa australiana Fortescue	Argentina	Se aspira a producir 2,2 millones de toneladas anuales de hidrógeno verde en 2030	Se prevé la construcción de un parque eólico que alimentará la planta de producción de hidrógeno a partir de agua de mar desalinizada y de un puerto de exportación	US\$ 8.400 millones	https://argentina.as.com/argentina/2021/11/03/actualidad/1635959340_914873.html https://elpais.com/clima-y-medio-ambiente/2021-11-03/argentina-anuncia-una-inversion-extranjera-de-8400-millones-de-dolares-en-hidrogeno-verde.html	3/11/2021 2/11/2021	
No definido	Colombia	Lograr una capacidad de electrolizadores de entre 2 y 3 GW	Requiere entre 3,5 y 4,5 GW de energía renovable no convencional	Inversiones de entre 3.000 y 5.000 millones de dólares	https://www.portafolio.co/economia/infraestructura/colombia-busca-millonarias-inversiones-para-hidrogeno-verde	13/12/2021	



					-558504		
Iberdrola	España	Responder a las necesidades de electrificación y descarbonización de sectores como la industria o el transporte pesado.	Planta solar fotovoltaica de 100 MW, un sistema de baterías de ion-litio con una capacidad de almacenamiento de 20 MWh y uno de los mayores sistemas de producción de hidrógeno mediante electrólisis del mundo (20 MW).	150 millones de euros	https://www.iberdrola.com/conocenos/energetica-del-futuro/pioneros-en-hidrogeno-verde	2022	https://www.iberdrola.es/
H2PORTS	España	Realización de estudios de viabilidad para el desarrollo de una cadena de suministro de hidrógeno sostenible en el Puerto de Valencia para reducir el impacto ambiental de sus operaciones	Proyecto piloto a escala europea localizado en el Puerto de Valencia que desarrolla y valida la transformación a H2 de dos máquinas (grúa telescópica y cabeza de camión) en condiciones reales de operación. El	4 millones de euros	https://elperiodicodelaenergia.com/estos-son-los-proyectos-de-hidrogeno-verde-mas-significativos-que-se-estan-haciendo-en-espana/	6/10/2020	



			proyecto incluye el desarrollo de una hidrogenera a 350 bares, así como el estudio y desarrollo de la logística de suministro de H2 en el Puerto.				
SUN2HY (Sun to Hydrogen)	España	Producción de H2 mediante “electrocatalisis”	Demostrador a escala real en fase precomercial (TRL-6) para la transformación directa de energía solar en hidrógeno mediante células fotoelectroquímica PEC.	No divulgado	https://elperiodicodelaenergia.com/estos-son-los-proyectos-de-hidrogeno-verde-mas-significativos-que-se-estan-haciendo-en-espana/	6/10/2020	
SEAFUEL (Integración sostenible de combustibles renovables en sistemas de transporte locales)	España	El hidrógeno generado se destinará a la sustitución de parte de la flota de vehículos diésel por coches de hidrógeno. Las plantas fotovoltaicas abastecerán la estación de	El proyecto contiene una instalación de energías renovables (51 MW) asociada a una hidrogenera (25 kg H2/día a 350 bar) que estará conectada	No divulgado	https://elperiodicodelaenergia.com/estos-son-los-proyectos-de-hidrogeno-verde-mas-significativos-que-se-estan-haciendo-en-espana/	6/10/2020	



		servicio y la planta desaladora (125 m ³ /día (2.4 kW/m ³).	directamente a los aerogeneradores y será abastecida por agua de mar produciendo el hidrógeno a partir de los recursos naturales disponibles.				
GREEN HYSLAND	España	Cubrir la demanda de energía del sector turístico, satisfaciendo la generación eléctrica en el Puerto de Palma y para sus usos térmicos en edificios hoteleros y administrativos.	Proyecto de producción a escala industrial de hidrógeno renovable, hasta 7,5 MW de electrólisis, a partir de generación eléctrica fotovoltaica dedicada.	50 millones de euros	https://elperiodicodelaenergia.com/estos-son-los-proyectos-de-hidrogeno-verde-mas-significativos-que-se-estan-haciendo-en-espana/	6/10/2020	

6.3 Público meta/Población beneficiada

El mercado meta se enfoca en todos aquellos países o empresas que se convertirán en potenciales comercializadores de hidrógeno verde tanto dentro como fuera del territorio donde vayan a operar.

En este momento destacan como sectores de mayor auge para el uso de hidrógeno verde el sector transporte, el sector turismo, el sector industrial, el sector de nuevas tecnologías de producción, sector medioambiente y/o el sector energético.



6.4 Hallazgos del apartado

- **Hallazgo N°1:** En la actualidad los principales países que lideran la producción de hidrógeno son Australia, Países Bajos, Alemania, China, Arabia Saudita, Chile y Japón.
- **Hallazgo N°2:** En Costa Rica hasta el año 2021 la única empresa dedicada a este segmento es Ad Astra Rocket, la cual implementó la primera planta piloto de generación y dispensado de hidrógeno verde en el país y en la región de Centroamérica.
- **Hallazgo N°3:** En el año 2022, al menos tres empresas extranjeras han mostrado interés en construir plantas para producir hidrógeno verde con electricidad renovable del país, puesto que consideran a Costa Rica un territorio con ventaja potencial para negocios sostenibles, gracias a la abundante generación hídrica, eólica y geotérmica.
- **Hallazgo N°4:** Se estima que para el año 2030 a nivel internacional se demandará un consumo de hidrógeno anual superior al que se podrá ofertar en algunos países; por lo que se verá la necesidad de importarlo de otros países. Situación que hace que países ubicados en climas tropicales tengan las condiciones climáticas idóneas para producir hidrógeno verde y exportarlo a nivel internacional.
- **Hallazgo N°5:** Según un estudio de mercado del 2021 Costa Rica podría producir 6 millones de toneladas anuales de hidrógeno verde, lo que para 2050 se traduciría en 221 mil empleos y un aumento anual del PIB de hasta 484 millones de dólares.

7. Inteligencia científica

Los artículos científicos representan la fuente de información principal de la inteligencia científica, ya que corresponden a la forma en que los científicos e investigadores dan a conocer sus resultados. A continuación, se describen una serie de documentos relevantes para este estudio de vigilancia tecnológica, mediante los cuales se pretende dar a conocer los diferentes resultados de estudios llevados a cabo en el ámbito de la producción de hidrógeno verde en el mundo, con el fin de fomentar su reproducibilidad en Costa Rica.

7.1 Documentos relevantes

Reporte 1		
Título: Preliminary Hydrogen Opportunities Report. Setting the Direction for Hydrogen Development in Manitoba		
Autores con su afiliación: Manitoba Energy Development Initiative. Department of Energy, Science and Technology	Palabras clave: Hidrógeno como combustible Hidrógeno Producción Hydrogen Opportunities	Recuperado de: https://www.gov.mb.ca/sd/environment_and_biodiversity/energy/pubs/hydrogen.pdf
Fecha de publicación: Abril, 2003		
Resumen: Este informe resume los resultados de las evaluaciones preliminares de las oportunidades relacionadas con el hidrógeno para Manitoba. En el documento se expresa que existe un movimiento progresivo hacia una economía energética más limpia, basada en el hidrógeno, el cual podría dar lugar en última instancia al uso de una serie de nuevas tecnologías, productos y servicios, así como a un mayor uso de las fuentes de energía renovables, creando una serie de nuevas oportunidades económicas. No obstante, se reconoce que el futuro del hidrógeno no está garantizado y que las tecnologías competidoras o aún no descubiertas podrían imponerse en el futuro.		

Proyecto de graduación 1	
Título: El hidrógeno como fuente alterna de energía	
Autores con su afiliación: Rivera Vargas, G. A.	Palabras clave: Hidrógeno verde Hidrógeno renovable Nuevos combustibles
Fecha de publicación: Junio, 2016	Fuentes renovables Biomasa
Recuperado de:	Energía Petróleo



<https://repositorio.cinvestav.mx/bitstream/handle/cinvetav/1453/SSIT0014060.pdf>

Resumen: Este trabajo final de graduación se enfoca en el hidrógeno como fuente alterna de energía; por lo tanto explica como en la actualidad los hidrocarburos son la principal fuente para la obtención de energía, de forma directa como en los automóviles o indirecta como el reformado catalítico que consiste en hacer pasar vapor de agua aun gas como metano para obtención de hidrógeno y poder utilizarlo como combustible; por lo tanto, la autora explica cómo esta dependencia energética es nociva para el país de México debido a que al tratarse de una energía no renovable encarece los precios al ser más difícil su obtención.

Asimismo, se explica que este país se sitúa entre los países más dependientes del petróleo, ya que el 91% de la energía consumida es suministrada por este recurso, y es una de las principales fuentes de ingresos de este país. Es por ello que este escrito profundiza en las nuevas políticas en energía que se están enfocando al uso de energías renovables para amortiguar el impacto de los precios del petróleo y gas natural, así como el incremento en la demanda de energía por el crecimiento de la población.

Además, propone como premisa principal, la obtención de hidrógeno a partir de desechos orgánicos con ciertas características fisicoquímicas, o a través de recursos renovables como la biomasa para generar energía limpia para pequeñas ciudades.

Ponencia 1

Título: #webinarsAELEC: “El camino hacia el hidrógeno verde”

Evento:
Miércoles, 14 de octubre de 2020.

Horario:
16:00h – 17:00h

Palabras clave:
Hidrógeno verde
Hidrógeno renovable
Hidrocarburos
Nuevos combustibles
Fuentes renovables
Vector energético sostenible

Autores con su afiliación:
Presentación: Marina Serrano, presidenta de aelēc
Intervención: José Luis Cabo Sánchez, subdirector General de Hidrocarburos y Nuevos Combustibles del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico
Moderación: Carlos Sánchez, director de Energy News
Ponentes:
o Luis Santos, jefe de Innovación de EDP España
o Eduardo Moreda, subdirector de Regulación de



		<p>Generación, Mercados Mayoristas y Gas de Endesa</p> <p>o Diego Díaz, responsable de Tecnología y Ventures de Iberdrola</p> <p>o Ohiana Goicoechea, directora de Desarrollo de Negocio de Hidrógeno de Naturgy</p>
<p>Organizadores del evento: aelĒc Asociación de Empresas de Energía Eléctrica</p>	<p>Enlace Ponencia: https://aelec.es/webinarsael-ec-el-camino-hacia-el-hidrogeno-verde/</p>	<p>Enlace YouTube: https://youtu.be/O3ywywkPmEg</p>
<p>Resumen: El webinar hace hincapié en el futuro del hidrógeno verde como combustible renovable; además se menciona el papel del Gobierno español en cuánto a la aprobación del proyecto “Hoja de Ruta del Hidrógeno: una apuesta por el hidrógeno renovable” para su impulso como vector energético sostenible en ese país, en el que también se plantean diversas medidas para facilitar el cumplimiento de los objetivos de descarbonización al año 2050, pero con objetivos específicos ya al año 2030.</p> <p>En esta sesión se abre el debate sobre esta tecnología para descubrir algunos de los proyectos de interés en este campo, el potencial de España como país exportador de hidrógeno, las previsiones de la demanda y uso del hidrógeno y su acoplamiento entre los sectores de electricidad y gas, así como el análisis de las necesidades que se detectan para que se convierta en una realidad.</p>		

<p>Artículo 1</p> <p>Título: <i>The role of green hydrogen in the energy transition of the industry</i></p>		
<p>Nombre artículo científico: <i>The role of green hydrogen in the energy transition of the industry</i></p>		
<p>Revista: Revista de Ingeniería Dyna</p>	<p>Palabras clave: Hydrogen Industry Energy transition Decarbonization Fuel cell Green hydrogen Renewable energy sources Energy storage</p>	<p>Autores con su afiliación: Miguel de-Simón-Martín (1), Brian Raymundo Cortés-Nava (1), Raúl Rodríguez-Parra (2), Francisco Carro-de-Lorenzo (1,2). (1) Universidad de León. Escuela Superior y Técnica</p>



		de Ingenieros de Minas. Departamento de Ingeniería Eléctrica y de Sistemas y Automática. Campus de Vegazana, s/n – 24071 León (España) (2) Tresca Ingeniería S.A. Parque Tecnológico de León, Calle Julia Morros, s/n - 24009 León (España)
Volúmen y Número: Vol. 96 nº 2 Fecha: 2021	ISSN (e): 0012–7361	Correo electrónico del autor de contacto: Desconocido
Resumen: Este artículo realiza una revisión actualizada de las posibilidades del hidrógeno verde en el sector industrial para alcanzar los objetivos de la transición energética e identificar oportunidades, barreras y necesidades de desarrollo de esta tecnología. Describe en cuáles sectores de la industria se concentra principalmente el consumo de energía, y mediante una figura demuestra el consumo relativo de energía por sectores industriales. A su vez, mediante una tabla compara cualitativamente los métodos de producción de hidrógeno verde, a nivel de desarrollo tecnológico y de costos.		

Artículo 2		
Título: Retos del hidrógeno verde		
Nombre artículo científico: Retos del hidrógeno verde		
Revista: Aragonesa	Economía	Palabras clave: Hidrógeno verde Hidrógeno renovable Energía renovable Economía del hidrógeno Sostenibilidad Pilas de combustible
Número: nº 73 Fecha: Julio, 2021.	ISSN (e): No aplica	Autores con su afiliación: Isabel Giménez Zuriaga, directora general de la Fundación de Estudios Bursátiles y Financieros. Enlace del artículo: https://bit.ly/3hOHMjd



Resumen: Este escrito muestra cómo la economía del hidrógeno es un sector en alza que ayudará a reducir el consumo de energía y las emisiones contaminantes, e impulsará el crecimiento económico creando nuevos puestos de trabajo.

A su vez, se indica que en la transición a su uso el hidrógeno presentará numerosos retos relacionados a infraestructuras de apoyo a gran escala similares a la gasolina o el gas natural, y el coste de la producción y almacenamiento. Asimismo, el escrito indica que los retos que se puedan presentar se pueden superar con voluntad, presupuesto e investigación enfocada.

Ponencia 2

Título: España tiene el potencial para convertirse en la principal fuente de suministro de hidrógeno verde de Europa

Evento: Jornada Técnica “Hidrógeno Verde: hacia un sistema energético sostenible” Madrid, 29 de noviembre del 2021	Palabras clave: Suministro de Hidrógeno Crisis Climática Industrias del futuro Proceso de descarbonización	Autores con su afiliación: de la Cruz Molina, C.
Organizadores del evento: Asociación Española del Hidrógeno (AeH2)	Enlace de la ponencia: https://www.aeh2.org/la-exitosa-jornada-tecnica-de-la-ae-h2-hidrogeno-verde-hacia-un-sistema-energetico-sostenible-en-genera-2021/	Correo electrónico de contacto: msanchez@atrevia.com

Resumen: En esta ponencia se hace un recorrido por las diversas actividades de la Jornada Técnica “Hidrógeno Verde: hacia un sistema energético sostenible”. El ponente muestra la necesidad de implementar soluciones que puedan hacerle frente a la crisis climática existente. Por ello, expone que España tiene el potencial suficiente para lograr su descarbonización a través del hidrógeno verde, que ayude a la transición de un sistema energético sostenible. Se prevé que la economía del hidrógeno no solo mueva las industrias, sino a toda la población en general; sin embargo, para lograr lo anterior se necesita de una hoja de ruta que permita agilizar y facilitar subvenciones para desarrollar la infraestructura del hidrógeno.

Artículo 3

Título: *Green hydrogen investments: Investigating the option to wait*

Nombre artículo científico: *Green hydrogen investments: Investigating the option to wait*



<p>Revista: Energy</p>	<p>Palabras clave: Green hydrogen Real options Investing under uncertainty Renewable energy PEM electrolysis</p>	<p>Autores con su afiliación: Flora Biggins, Mohit Kataria, Diarmid Roberts, Dr Solomon Brown (1). Department of Chemical and Biological Engineering, The University of Sheffield, Sheffield, S10 2TN, UK.</p>
<p>Volúmen: Vol. 241 Fecha: 2022</p>	<p>ISSN (e): 03605442</p>	<p>Correo electrónico del autor de contacto: s.f.brown@sheffield.ac.uk</p>
<p>Resumen: El artículo aplica el método de análisis de opciones reales (RO) para analizar el valor de esperar antes de invertir en un electrolizador de membrana de electrolito de polímero (PEM) para la generación de hidrógeno en un parque eólico. Considera la flexibilidad gerencial y la naturaleza dinámica de las incertidumbres inherentes a los precios del hidrógeno, los costos y parámetros del electrolizador, y el consumo de energía. Además, incluye la generación de rutas de precios aleatorios de hidrógeno verde para simular posibles trayectorias de precios.</p>		

<p align="center">Artículo 4</p> <p>Título: <i>Global hydrogen development - A technological and geopolitical overview</i></p>		
<p>Nombre artículo científico: <i>Global hydrogen development - A technological and geopolitical overview</i></p>		
<p>Revista: International Journal of Hydrogen Energy</p>	<p>Palabras clave: Green hydrogen Geopolitics of energy Hydrogen production Fuel cell Hydrogen storage</p>	<p>Autores con su afiliación: B.E. Lebrouhi (1,2) , J.J. Djoupo (1), B. Lamrani (3), K. Benabdelaziz (2), T. Kousksou (1). (1) Universite de Pau et des Pays de L'Adour, E2S UPPA, SIAME, Pau, France. (2) Engineering for Smart and Sustainable Systems Research Center,</p>



		Mohammadia School of Engineers, Mohammed V University in Rabat, Rabat, 11000, Morocco. (3) Universite Mohammed V de Rabat, Faculte des Sciences, Laboratoire MANAPSE, B.P. 1014 RP, Rabat, Morocco.
Volúmen y Número: Vol. 47 nº 11 Fecha: 2022	ISSN (e): No aplica	Correo electrónico de contacto: b.lebrouhi@univ-pau.fr (B.E. Lebrouhi), tarik.kousksou@univ-pau.fr (T. Kousksou).

Resumen: Este artículo muestra a manera de resumen los avances técnicos y tecnológicos involucrados en la producción, purificación, compresión, transporte y uso del hidrógeno; describiendo cada una de estas etapas. Además, especifica las hojas de ruta y estrategias desarrolladas a través de los últimos años en distintos países para la producción de hidrógeno verde a gran escala. Incluye una figura que muestra la variación anual de trabajos publicados en la base de datos Scopus en torno a la producción y almacenamiento de hidrógeno, así como una figura que muestra los artículos publicados por país en la misma base de datos para el mismo tema.

Libro 1		
Título: El hidrógeno como portador de energía del futuro		
Autores con su afiliación: Editores: Züttel, A., Borgschulte, A., & Schlapbach, L.	Palabras clave: Hidrógeno como combustible Hidrógeno Producción	ISBN: 9783527308170
Resumen: El siguiente libro muestra desde una visión interdisciplinaria el desafío del hidrógeno como energía del futuro. Además, este material brinda una amplia cobertura de los campos más importantes de la tecnología moderna del hidrógeno: propiedades del hidrógeno, producción, almacenamiento, conversión en energía y aplicaciones en la ciencia de los materiales. Los autores presentan la visión completa desde la investigación fundamental hasta los dispositivos y sistemas viables, incluidos los últimos resultados y descubrimientos científicos, enfoques prácticos para el diseño y la ingeniería, así como prototipos funcionales y sistemas avanzados.		

Proyecto de graduación 2	
Título: Análisis técnico económico de tecnología de electrólisis tipo PEM para producción de hidrógeno en Colombia	
Autores con su afiliación: Saenz Díaz, C.	Palabras clave: Hidrógeno Tecnologías de hidrógeno
Fecha de publicación: Mayo, 2022.	Electrólisis Mercados Colombia Combustible
Resumen: El siguiente proyecto de grado, tiene como objetivo desarrollar un análisis técnico y económico de la producción de hidrógeno en Colombia a partir de la electrólisis con Tecnología de Membrana de Intercambio de Protones, también llamado PEM con sus siglas en inglés. Este estudio inicia al recopilar información relevante de la producción de hidrógeno, se presentan las dos tecnologías de electrolisis y se hace un análisis comparativo entre estas. Posteriormente, se recopila la experiencia internacional de Estados Unidos, Alemania, Japón y Chile donde se presentan los retos, objetivos, desarrollos y las aplicaciones propuestas para lograr la economía de hidrógeno verde.	

7.2 Hallazgos del apartado

- **Hallazgo N°1:** El desarrollo del hidrógeno como combustible debe verse desde una visión interdisciplinar, ya que la economía de hidrógeno mueve distintos sectores de la sociedad.
- **Hallazgo N°2:** Cuando se quiere incurrir en la industria del hidrógeno verde, se debe conocer con detalle los casos de éxito de otros países y empresas, para saber las hojas de ruta de cada uno de estos y así poder analizar los retos, objetivos, desarrollos y las aplicaciones propuestas para lograr la economía de hidrógeno verde.
- **Hallazgo N°3:** Es prioritario que los Estados cuenten con una estrategia clara, al realizar hojas de ruta que permita agilizar y facilitar subvenciones para desarrollar la infraestructura del hidrógeno y así dinamizar la economía con base en el hidrógeno verde.
- **Hallazgo N°4:** La transición de los países u organizaciones al uso de hidrógeno presentará numerosos retos relacionados a infraestructuras de apoyo, coste de la producción y almacenamiento.



- **Hallazgo N°5:** Es importante que los países delimiten los proyectos de interés en el campo del hidrógeno verde, considerando previsiones de la oferta, demanda y su acoplamiento entre los sectores de electricidad y gas.
- **Hallazgo N°6:** Es indispensable considerar la dependencia energética nociva que tiene un país, para poder crear estrategias que vayan en consecución de objetivos realmente trazables en una economía de hidrógeno.
- **Hallazgo N°7:** Antes de llevar a cabo proyectos de hidrógeno verde se debe reconocer el o los sectores sobre el cual se busca impactar, así como identificar las posibles oportunidades, barreras y necesidades ante su implementación; reconociendo los sectores de la industria que se verían más beneficiados y comparando distintos métodos de producción de acuerdo al objetivo.
- **Hallazgo N°8:** Es necesario que antes de invertir en el desarrollo de hidrógeno verde se efectúe un análisis que tome en cuenta los pros y contras del método a utilizar, los costos y el consumo de energía para así conocer la viabilidad y las oportunidades de su implementación a futuro.

8. Inteligencia tecnológica

La inteligencia tecnológica tiene como objetivo principal recolectar la información técnica más relevante, con base en la información contenida en bases de patentes y modelos de utilidad, por un lado, o en bases de diseños industriales o variedades vegetales por otro lado, según la tecnología asociada a cada proyecto. A continuación, se describen una serie de patentes relevantes encontradas, que permiten reconocer las invenciones en el mercado de hidrógeno verde alrededor del mundo, así como las empresas detrás de este tipo de desarrollos tecnológicos y sus tendencias de innovación.

8.1 Descripción detallada del servicio

Este servicio busca la producción de hidrógeno verde a partir de la electrólisis del agua para descarbonizar las actividades económicas en Costa Rica, aprovechando sus fuentes de energía renovables. Al mismo tiempo, pretende convertir al país en uno de los más grandes exportadores de hidrógeno verde, ante su creciente demanda global.

8.2 Composición y procedimiento

No aplica.

8.3 Otros datos relevantes

Pretende producir hidrógeno verde mediante fuentes renovables, tales como energía eólica, solar, hidráulica, geotérmica y biomasa.

8.4 Clasificación internacional

Código	Descripción
C	Chemistry; Metallurgy
C25	Electrolytic or electrophoretic processes; apparatus therefor
C25B	Electrolytic or electrophoretic processes for the production of compounds or non- metals; apparatus therefor
C25B 1/00	Electrolytic production of inorganic compounds or non-metals
C25B 1/02	Hydrogen or oxygen
C25B 1/04	by electrolysis of water
C25B 1/042	by electrolysis of steam

8.5 Documentos relevantes encontrados

PATENTE 1		
TITULADA: High efficient hydrogen generation with green energy powers		
Titular:	Número de solicitud:	Fecha de prioridad:
Li Haiming	US 13044522	09-marzo-2011
Inventor:	Países solicitados:	Estado en cada país:
Li Haiming	Estados Unidos de América (US)	Abandonada
Resumen de la invención:		
<p>Corresponde a un sistema de generación de hidrógeno de alta eficiencia que se ajusta ante las fluctuaciones y variaciones de la fuente de energía de entrada, convirtiendo las fuentes de energía verde en energía de combustible de hidrógeno. Dicha solicitud describe nuevos enfoques para emplear la corriente no estable de electricidad producida a partir de viento, sol u otras fuentes renovables para la producción de hidrógeno. El sistema y método solicitado proporcionan flexibilidad y capacidad para añadir y reducir el número de unidades de electrólisis, funcionando eficientemente con una variedad de fuentes de energía verde que producen una electricidad inestable e intermitente en amplia amplitud de fluctuaciones. Su alta flexibilidad y eficiencia permitirá una reducción del costo del hidrógeno y mejorará la popularidad del mismo en la sustitución de combustibles fósiles como fuente de energía de combustible.</p>		

PATENTE 2		
TITULADA: System, method and apparatus for widespread commercialization of hydrogen as a carbon-free fuel source		
Titular:	Número de solicitud:	Fecha de prioridad:
Rinaldo Brutoco	US 15351759	15-nov-2016
Inventor:	Países solicitados:	Estado en cada país:
Rinaldo Brutoco	Estados Unidos de América (US)	Vigente
Resumen de la invención:		
<p>Invención que hace referencia al campo de producción de fuentes de energía alternativas libres de carbono, específicamente en lo concerniente al transporte eficiente de hidrógeno de forma económica mediante el empleo de aeroespaciales especialmente diseñados.</p>		



Permite emplear tecnologías como la geotérmica, eólica o solar para para la generación de electricidad cerca de las fuentes de energía primaria, utilizando dicha electricidad para producir hidrógeno directamente del agua a través de diversos métodos conocidos en la técnica. Dicha invención utiliza un medio mejorado para suministrar hidrógeno desde donde se produce hasta donde se requiere emplear, lo que se traduce a un menores costos de transporte de carga y pasajeros, así como en un ahorro en el área requerida para el aterrizaje.

PATENTE 3		
TITULADA: Device and method for producing hydrogen by using solar energy to reform methane/steam and electrolyze water in a combined manner		
Titular:	Número de solicitud:	Fecha de prioridad:
Taiyuan University of Technology	CN 202110927863.3	13-ago-2021
Inventor:	Países solicitados:	Estado en cada país:
Yi Qun, Cui Yang, Shi Lijuan, Ren Zhili	China (CN)	Vigente
Resumen de la invención:		
<p>Esta invención hace referencia a un agua de electrólisis combinada de vapor de metano/agua mediante la utilización de energía solar, y describe un dispositivo y método de producción de hidrógeno, perteneciente al campo de la ingeniería química. La invención de este dispositivo permite la generación de hidrógeno mediante el uso de agua de electrólisis combinada con metano/vapor de reformado solar, una forma de producir hidrógeno diferente a las tradicionales. Dicha invención cuenta con dispositivos de recolección de energía solar, conversión fotoeléctrica, seguimiento automático solar, reacción de reformado de metano/vapor de agua, calentamiento de control de temperatura, tanques de amortiguador de gas, separación de gas y producción de hidrógeno electrolítico de agua.</p>		

PATENTE 4		
TITULADA: Hydrogen preparing, storing, using and transporting integrated system		
Titular:	Número de solicitud:	Fecha de prioridad:
Southeast University, Jush New Energy Technology (Zhenjiang) Co. Ltd.	CN 202010229015	27-mar-2020



Inventor:	Países solicitados:	Estado en cada país:
Zhu Mingze, Xu Chunxiang, Xu Xiaoyong	China (CN)	Vigente
Resumen de la invención:		
<p>Esta invención se refiere a un sistema integrado de producción, almacenamiento, uso y transporte de hidrógeno. Esta invención tiene como objetivo proporcionar la seguridad conveniente en el almacenamiento y el transporte del hidrógeno, ya que esta tecnología tiene costes de producción elevados, así como su almacenamiento y el transporte. Además, los riesgos a la hora almacenar y transportar el hidrógeno son extremadamente altos. Es por ello que a través de este proyecto se busca crear un sistema de producción, almacenamiento, transporte y uso de hidrógeno en estado sólido y gaseoso. Este dispositivo comprende un sistema de producción de hidrógeno electrolítico y fotocatalítico el cual mejora la eficiencia de producción del hidrógeno así mismo reduce el peligro provocado por la alta presión del proceso de almacenamiento y transporte del producto, esta técnica está libre de contaminación.</p>		

PATENTE 5		
TITULADA: Green hydrogen fuel upgrading and reconstruction system for realizing zero carbon emission of thermal power generating unit in active service		
Titular:	Número de solicitud:	Fecha de prioridad:
Xian Thermal Power Res Inst Co	CN 202110634027.6	07-jun-2021
Inventor:	Países solicitados:	Estado en cada país:
Fan Qingwei, Jin Zhonghua, Zhao Junqi, Shi Yongqiang, Jing Xiaolei, Zhang Feng, Liu Yang	China (CN)	Pendiente
Resumen de la invención:		
<p>Esta invención se refiere a un sistema de transformación de combustible de hidrógeno verde de cero emisiones de carbono para la unidad térmica activa. Esta invención tiene como objetivo superar las ventajas de la técnica de generación de energía por medio de la quema de carbón y proporcionar el uso del hidrógeno verde en la energía térmica. Esto por medio de un sistema que mejore y transforme el suministro de energía por medio de energía verdes a través de un conjunto de generadores de turbinas de vapor, un usuario eléctrico y una caldera de combustible de hidrógeno verde, junto con un sistema de recuperación de humedad del gas de combustión, una chimenea y un sistema de almacenamiento de hidrógeno verde. Este sistema permite que el exceso de energía</p>		



producido por el conjunto generador de turbinas de vapor se convierte en hidrógeno verde a través de un modo electroquímico y se almacena en un sistema en el pico de electricidad de la rejilla de energía y el hidrógeno verde en la caldera de combustible de hidrógeno crudo se suministra a la caldera de combustible de hidrógeno crudo que se va a quemar para liberar energía química y producir vapor de agua de manera que se acciona el conjunto de generadores de turbina de vapor para generar electricidad para resolver el problema de acoplamiento de la unidad generadora de energía térmica alimentada con carbón natural y el combustible de hidrógeno verde.

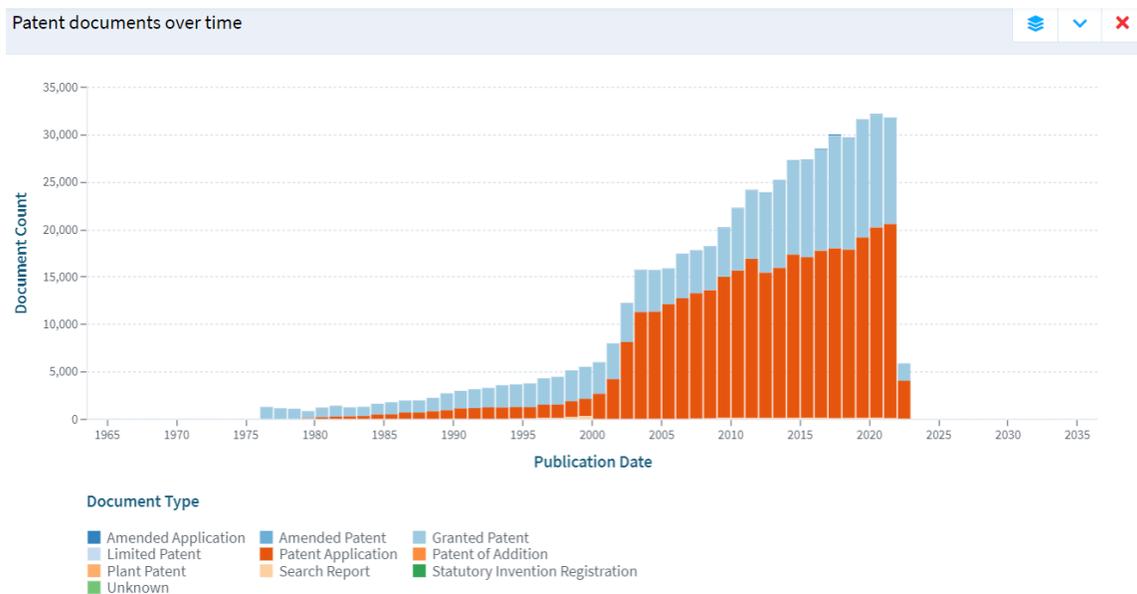
PATENTE 6		
TITULADA: Clean hydrogen and renewable energy hydrogen joint production system		
Titular:	Número de solicitud:	Fecha de prioridad:
Chengdu Jingzhiyi Tech Co Ltd	CN 202120533103	15-Mar-2021
Inventor:	Países solicitados:	Estado en cada país:
Liao Yong, Liu Qingyou, Wang Guorong, Wu Qiuwei, Liu Wu, Dong Lichen, Ding Tao, Li Junrong, Hu Qiang, Li Wenying, Zhang Lindong	China (CN)	Vigente
Resumen de la invención:		
Este invento es un modelo de utilidad que proporciona un sistema energético que integra varias tecnologías de nueva energía, como la fotovoltaica, la eólica, la energía del hidrógeno, la combustión enriquecida con oxígeno, la captura de carbono y otras similares, y finalmente realiza la complementación multienergética, el acoplamiento del suministro, la producción de hidrógeno verde a partir de fuentes de energía renovables y el suministro de hidrógeno limpio bajo la captura y recuperación de dióxido de carbono. Además, proporciona un esquema técnico de fábrica de producción de hidrógeno verde ejecutable para realizar el objetivo de neutralización de carbono.		

PATENTE 7		
TITULADA: Green Electrochemical Hydrogenation Of Unsaturated Compounds		
Titular:	Número de solicitud:	Fecha de prioridad:
Univ Manitoba	CA 3024938	22-Nov-2018

Inventor:	Países solicitados:	Estado en cada país:
Herbert David E, Giesbrecht Patrick K	Canadá (CA)	Pendiente
Resumen de la invención:		
Se provee un método para la hidrogenación que comprende la electrólisis del compuesto de benzoxazina o una quinoxalina (Fórmula I), utilizando electrodos de carbono tipo vidrio en una solución ácida acuosa. Solución que comprende un disolvente, agua, un ácido, una proporción del compuesto de Fórmula I al ácido de al menos 1 a 2 equivalentes molares y un compuesto intermediario de transferencia de hidrógeno.		

8.4 Gráficas de comportamiento de presentación de solicitudes

A. Cantidad de solicitudes a lo largo del tiempo



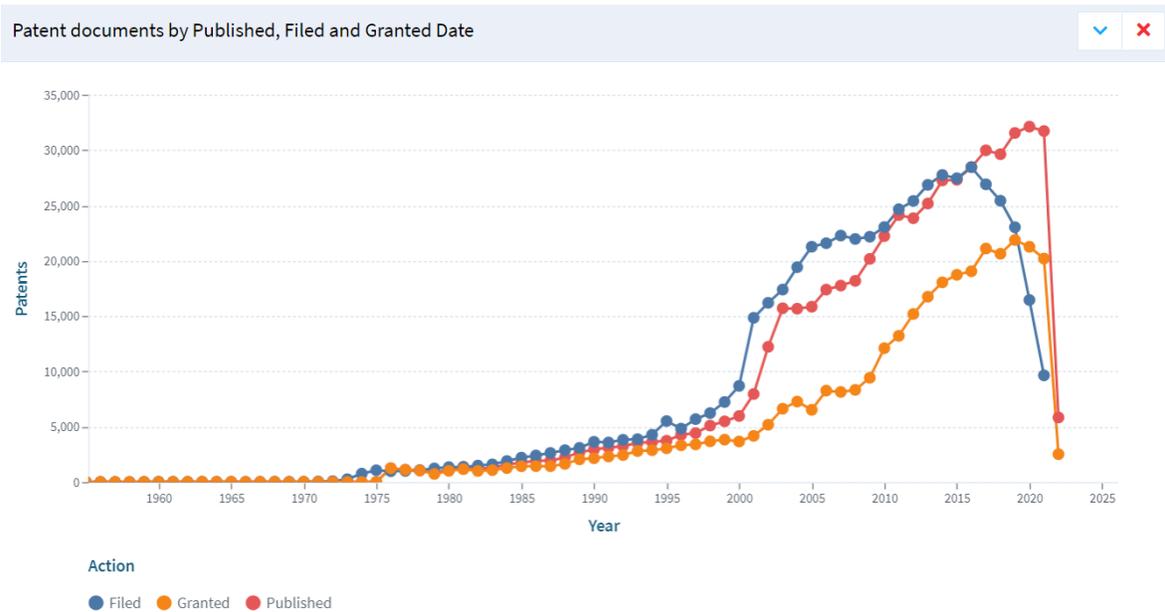
Recuperado de:

<https://www.lens.org/lens/search/patent/analysis?q=green%20hydrogen&preview=true>

En la gráfica anterior se determina que las patentes concedidas sobre el área del hidrógeno verde según la base de datos Lens.org se empiezan a otorgar a partir de 1976, para el año de 1979 se inicia la solicitud de patentes sobre el tema llegando a 75 solicitudes sobre 740 concedidas. Siguiendo la línea de tiempo desde 1976 hasta el año 1997 no se habían superado los 5000 documentos entre solicitudes y patentes concedidas. Para el año 1998 se superan los 5000 documentos entre solicitudes y patentes concedidas llegando a un total de 5030 documentos. Para el año 2002 se logra observar un

incremento significativo en la cantidad de documentos entre solicitudes y patentes concedidas, llegando a superar los 10,000 documentos con un total de 12,191 documentos. Por otra parte, se puede resaltar que el año donde hubo máyor cantidad de patentes concedidas fue el 2019 superando las 12,000 concesiones contra 19,014 solicitudes de patentes del mismo año. Hasta la fecha, el año que registra mayor cantidad de solicitudes y patentes concedidas ha sido el 2020, superando los 31,000 documentos con un total de 31,892.

B. Documentos de patentes por fecha de publicación, presentación y concesión

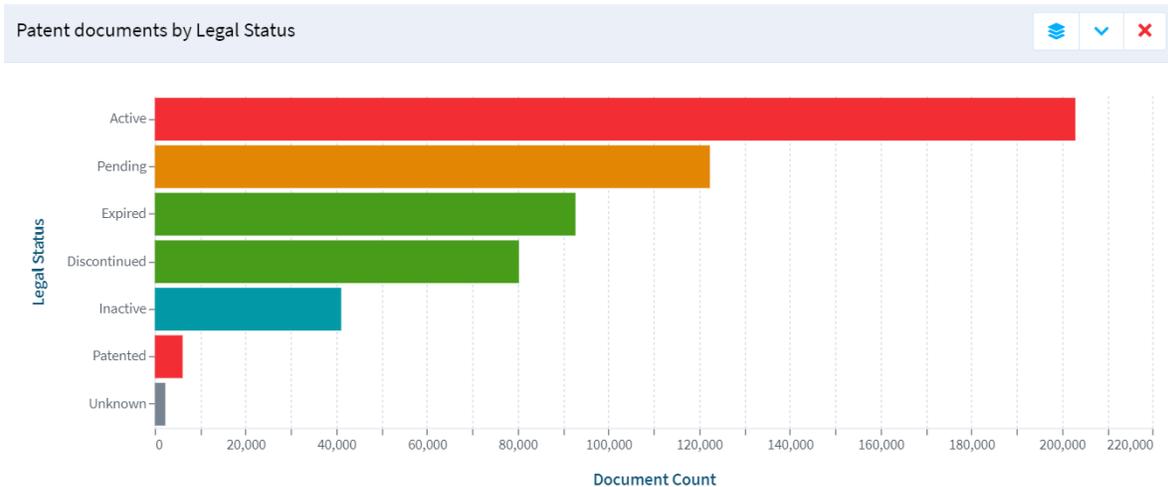


Recuperado de:

<https://www.lens.org/lens/search/patent/analysis?q=green%20hydrogen&preview=true>

En esta gráfica se establece el comportamiento de las patentes con el tiempo con respecto a su presentación, otorgamiento y concesión. Para iniciar este análisis, se puede visualizar que se otorgan las primeras 2 patentes sobre hidrógeno verde en 1951. Para el año de 1972 se otorgan 14 patentes y se registran las primeras patentes en estado de archivadas un total de 85. En el año de 1976 se publican las primeras patentes, con un total de 1,259 patentes. Para el año de 1993 se superan los 10,000 documentos llegando a otorgar 2,804 patentes, se archivaron 3,881 y se publicaron 3,546. Para el año 2009 se superan los 20,000 documentos sobre el tema, llegando a otorgar 9,431 patentes, se archivaron 22,174 y se publicaron 20,170 documentos, llegando a un total de 51,775 documentos. El año que registra hasta la fecha la mayor cantidad de documentos sobre el tema es el 2017 con un total de 78,097 documentos divididos por 21,106 patentes otorgadas, 27,007 documentos archivados y 29,984 documentos publicados sobre hidrógeno verde.

C. Documentos de patentes por estatus legal



Recuperado de:

<https://www.lens.org/lens/search/patent/analysis?q=green%20hydrogen&preview=true>

Esta gráfica muestra los documentos de patentes y su estatus legal al presentar que actualmente se mantiene un registro de 203,778 documentos de patentes con estatus legal como activos, 122,107 documentos de patentes pendientes, 93,696 documentos de patentes expirados, así mismo, 80,866 documentos de patentes interrumpidos. Además, la gráfica muestra 41,330 documentos que actualmente se encuentran inactivos y de todos estos documentos solo 6,115 documentos se encuentran en un estatus legal como patentados y por último 1,769 documentos de patentes desconocidos para la base de datos lens.org. En total, la base de datos registra 549,661 documentos, de los cuales, los documentos patentados representan un poco más del 1.11 % del total, mientras que los documentos con estatus de activo representan un poco más del 37%, siendo el grueso del total de documentos sobre el tema de hidrógeno verde.

8.5 Hallazgos del apartado

- **Hallazgo N°1:** La mayor producción de patentes en este segmento se encuentra en Estados Unidos y China.
- **Hallazgo N°2:** No se hallaron patentes en Costa Rica sobre este segmento.
- **Hallazgo N°3:** La mayoría de patentes en este segmento están vigentes y son muy recientes.



- **Hallazgo N°4:** Los diseños, modelos y sistemas desarrollados para la fabricación del hidrógeno verde han sido necesarios para poder avanzar en este tipo de tecnología, además de evitar el plagio industrial.

9. Análisis FODA

El siguiente Análisis FODA corresponde a una visión país, ya que este proyecto se ha enfocado en un estudio general de la producción de hidrógeno verde para descarbonizar las actividades económicas costarricenses, e identificar ventajas y desventajas en su introducción al mercado. Es por ello que el análisis de las oportunidades y la amenazas se refieren a la visión externa del proyecto, enfocándose en la realidad país sobre el hidrógeno verde, analizando la situación política interna, el panorama nacional e internacional y las tendencias de consumo de la población. Por otra parte, el análisis de los elementos de las fortalezas y debilidades hace hincapié en la situación interna del proyecto, donde se abordan los temas referentes a la organización, continuidad y acciones del equipo de trabajo desarrollador de esta iniciativa.

FORTALEZAS	DEBILIDADES
F.1. Habilidades dentro del equipo de trabajo para gestionar la información. F.2. Conocimiento sobre manejo de bases de datos. F.3. Conocimientos básicos sobre el análisis de datos. F.4. Capacidad de trabajar con equipos multidisciplinarios. F.5. Ubicación geográfica de la organización. F.6. Capacidad de adaptación a tecnologías emergentes dentro de la TIC 's. F.7. Buen uso de sistemas informáticos. F.8. Conocimientos en estudios de usuarios y marketing. F.9. Conocimientos básicos en administración de unidades de información.	D.1. Carencias de recursos económicos para pagar el costo de bases de datos licenciados. D.2. Falta de conocimientos técnicos de la industria del hidrógeno verde. D.3. Propuesta general sobre la industria, no se ahonda en un área en específico de aplicación. D.4. Riesgo de continuidad del proyecto porque las personas del equipo tienen intereses futuros muy distintos al proyecto. D.5. Red de contactos inexistente. D.6. Cadena de suministros a nivel nacional prematura. D.7. Carencia de procesos y sistemas que permitan la continuidad del proyecto. D.8. Falta de personal capacitado para desarrollar los estudios.



<p>F.10. Conocimientos de Vigilancia Tecnológica.</p> <p>F.11. Apertura a la innovación.</p> <p>F.12. Ambiente organizacional propositivo.</p> <p>F.13. Potencial de negocio al incursionar en un tema con amplia cobertura de mercado.</p> <p>F.14. Buen ambiente nacional para hacer negocios en tecnologías emergentes.</p>	<p>D.9. Pocos estudios sobre los efectos a largo plazo de la tecnología del hidrógeno verde, lo que imposibilita dimensionar las desventajas.</p> <p>D.10. Altos volúmenes de información sobre el tema, no se cuenta con el personal suficiente para cubrir una buena parte de la producción documental.</p>
OPORTUNIDADES	AMENAZAS
<p>O.1. Existencia de la firma en el mes de diciembre del 2021 del Decreto N° 43366-MINAE, el cual busca incentivar y aprovechar el hidrógeno para incentivar la economía verde en Costa Rica.</p> <p>O.2. La creación en el año 2019 del Plan Nacional de Descarbonización, el cual busca el compromiso de convertir a Costa Rica en una economía moderna, verde y libre de emisiones.</p> <p>O.3. El entendimiento entre el científico costarricense Franklin Chan Díaz y el Ministerio de Relaciones Exteriores y Culto de Costa Rica sobre la implementación de la Diplomacia del Hidrógeno como refuerzo al Plan Nacional de Descarbonización.</p> <p>O.4. Aprovechamiento de la Matriz Energética Costarricense y el uso del excedente de energías renovables para la producción del hidrógeno verde en el país.</p> <p>O.5. Buen posicionamiento internacional gracias a la estrategia para posicionar y capitalizar en el mercado internacional la imagen del país, por medio de la marca <i>esencial</i> COSTA RICA, que es la manera en la que Costa Rica se proyecta al mundo promoviendo integralmente el turismo, las inversiones y las exportaciones.</p> <p>O.6. Condiciones adecuadas a nivel nacional para hacer negocios.</p>	<p>A.1. Precios de la electricidad no rentables para la producción del hidrógeno verde en Costa Rica.</p> <p>A.2. Infraestructura pública deficiente para el traslado del hidrógeno verde.</p> <p>A.3. Poca explotación del potencial de la energía solar en el país.</p> <p>A.4. Zona regional vulnerable a los cambios climáticos, donde las fuertes sequías tienden a bajar el caudal de los ríos que proporcionan la energía para las plantas hidroeléctricas.</p> <p>A.5. Poco aprovechamiento del Estado del potencial en energía solar y eólica.</p> <p>A.6. No existe una legislación clara que permita aprovechar la energía producida por plantas que se encuentran pagas pero sin actividad.</p> <p>A.7. Burocracia excesiva para la implementación de nuevas empresas.</p> <p>A.8. Escasa infraestructura instalada para la producción del hidrógeno verde en el país.</p> <p>A.9. Falta de estudios técnicos que garanticen la disponibilidad del agua para llevar a cabo la electrólisis.</p> <p>A.10. Poca claridad por parte del Estado costarricense sobre la implementación, así</p>

<p>O.7. Interés de empresas internacionales en desarrollar un encadenamiento productivo en el país, caso de la empresa de capital Australiano Kadelco.</p> <p>O.8. Creación de la primera compañía nacional “ProNova Energy”, la cual busca crear soluciones para clientes de todo el mundo sobre el hidrógeno verde en el país.</p> <p>O.9. Precios históricos en los combustibles fósiles debido a la situación geopolítica actual (Guerra Rusia y Ucrania).</p> <p>O.10. Tema de interés mundial, lo que permite el acceso a información actualizada de la tecnología.</p> <p>O.11. Tendencias en el estilo de vida de la población al utilizar productos cero emisiones.</p>	<p>como el financiamiento de proyectos de origen nacional.</p> <p>A.11. Desconocimiento de las regiones a nivel nacional donde se llevarán a cabo los proyectos de desarrollo.</p> <p>A.12. Competencia en el uso de la tierra para instalar granjas solares y eólicas con la producción primaria nacional.</p> <p>A.13. Cuestionamiento sobre qué tan verde es la producción del hidrógeno y su trazabilidad hasta llegar al mercado final.</p> <p>A.14. Cuestiones éticas ambientales sobre la sostenibilidad de la producción de energía por medio de hidroeléctricas y paneles fotovoltaicos y las baterías de litio.</p>
--	---

Estrategias del Análisis FODA

Estrategias N°1 Fortalezas + Oportunidades

1. Crear equipos de trabajo multidisciplinarios en el campo del hidrógeno verde que ayuden a potenciar la infraestructura de la tecnología en Costa Rica.
2. Relacionar a los sectores público-privado para la construcción de una agenda nacional del hidrógeno verde.
3. Evaluar la creación de políticas nacionales que integren las tecnologías de la información y comunicación como herramientas que apoyen la toma de decisiones en el desarrollo de nuevas tecnologías que impacten positivamente el país.



Estrategias N°2 Debilidades + Oportunidades

1. Aprovechar el atractivo costarricense para la implementación del hidrógeno verde con el fin de posicionar proyectos de desarrollo de la tecnología que garanticen la continuidad de este proyecto piloto.
2. Identificar las instituciones públicas y privadas, así como empresas interesadas en invertir en investigación sobre el tema del hidrógeno verde en Costa Rica, con el fin de obtener estudios técnicos serios y de calidad que posibilite ver los efectos positivos y negativos del hidrógeno a nivel nacional, regional y mundial.
3. Relacionar los entes interesados en el desarrollo del hidrógeno verde en Costa Rica, con el fin de mejorar la cadena de suministros del mismo y así fortalecer el desarrollo de la tecnología en el país.

Estrategia N°3 Fortalezas + Amenazas

1. Apoyar a los diferentes sectores involucrados en el desarrollo del hidrógeno verde en cuanto a la construcción de proyectos de ley que permitan adaptar los precios de la electricidad costarricense con el fin de buscar la rentabilidad para la producción del hidrógeno verde.
2. Proporcionar información a los sectores involucrados en el desarrollo del hidrógeno verde en Costa Rica, para que puedan impulsar proyectos de ley que mejoren la infraestructura pública que permita la transición en el uso del hidrógeno verde.
3. Establecer alianzas público-privadas para que trabajen en la realización de estudios técnicos que permitan aprovechar el potencial costarricense en la producción de energías renovables (sol y viento).

Estrategia N°4 Debilidades + Amenazas

1. Alertar a las autoridades competentes sobre el riesgo inminente que tiene Costa Rica ante el cambio climático y así mismo, expresar la importancia de invertir en proyectos nacionales que proporcionen información y que gestionen proyectos que busquen la implementación de nuevas tecnologías que ayuden a contrarrestar los efectos del cambio climático, como el caso del hidrógeno verde.
2. Informar a la población sobre la importancia de invertir en el fortalecimiento de la infraestructura del hidrógeno verde con el fin de crear un encadenamiento económico que beneficia a múltiples actores dentro de la sociedad.



3. Defender la realización de estudios técnicos que proporcionen información sobre la disponibilidad de agua para llevar a cabo el proceso de electrólisis para la producción de hidrógeno en el país.
4. Crear mecanismos estatales que permitan el aprovechamiento del excedente energético nacional con el fin de abaratar los costos de la energía para la producción del hidrógeno verde en el territorio nacional.



10. Posibles aliados estratégicos o licenciarios

Nombre empresa	Presencia en países	Descripción	Potencial interés	Contacto	Sitio web
ProNova Energy, S.R.L.	Costa Rica	Empresa costarricense que se dedicará a desarrollar soluciones de hidrógeno verde para clientes de todo el mundo.	Su enfoque inicial estará en América Latina. Combinará el historial de excelencia de la firma administradora de fondos de capital privado, de la empresa de Mesoamérica The Pearl Trading Group Corp., en la estructuración de proyectos y gestión financiera con el conocimiento técnico y la experiencia de una década en la implementación, mantenimiento y operación de energías renovables y ecosistemas de hidrógeno de Ad Astra Rocket Company Limitada.	pronova@adastrarocke.com	No se identificó



Kadelco	Australia, con presencia en Sídney, Singapur y Londres.	Empresa australiana que se desempeña en el desarrollo de infraestructura y proyectos industriales.	Instalación en Costa Rica de una nueva planta industrial con capacidad para producir 50.000 toneladas anuales de hidrógeno verde, a partir de las energías renovables del país.	No se identificó	https://kadelco.com/
Siemens	En 190 países alrededor del mundo, con sedes en Berlín y Múnich.	Empresa líder mundial en la fabricación de equipos electrolizadores de alta calidad para uso industrial.	Aporte de soluciones innovadoras.	International (English): +49 (89) 3803 5491 Germany (German): +49 (800) 225 53 36	https://www.siemens.com/
Fundación Costa Rica-Estados Unidos para la Cooperación (CRUSA)	Costa Rica	Fundación que crea las condiciones para acelerar el cambio y el desarrollo		Central telefónica: +(506) 2246 5656 info@crusa.cr	https://crusa.cr/



		sostenible en Costa Rica.			
Grupo ICE (Instituto Costarricense de Electricidad)	Costa Rica	Institución estatal de Costa Rica, quien cuenta con cuatro empresas públicas dedicadas a desarrollar proyectos de vanguardia en electricidad y telecomunicaciones para la población costarricense.	Grupo ICE como referente mundial en la investigación y desarrollo de energía geotérmica, y cuenta con una matriz eléctrica que combina diversas fuentes: hidroeléctrica, geotérmica, solar, eólica y biomásica.	Central telefónica: +(506) 2000 7720 ICELEC@ice.go.cr	www.grupoice.com
Ministerio de Ambiente y Energía (MINAE)	Costa Rica	Es la institución rectora encargada del manejo, conservación y	El MINAE como institución rectora encargada de la conservación y el buen uso de los recursos naturales para el desarrollo de Costa Rica es un	Central telefónica: +(506) 2233 4533 info@minae.go.cr	https://minae.go.cr



		desarrollo sostenible de los elementos, bienes, servicios y recursos ambientales y naturales del país.	socio estratégico, ya que en ella recae la responsabilidad por medio del decreto N° 43366-MINAE de regular el excedente energético producido por las plantas generadoras de energía.		
Ministerio de Relaciones Exteriores y Culto	Costa Rica	Institución rectora de la política internacional del país	Como parte de los objetivos del Ministerio de Relaciones Exteriores y Culto es atraer cooperación para el país, según las prioridades de desarrollo de la Nación, en los campos social, cultural, educativo, deportivo, ecológico, turístico, tecnológico, comercial, económico y otros. Es por ello que la Cancillería ha creado el mecanismo “Diplomacia del Hidrógeno” el cual da prioridad de promover el tema del hidrógeno verde en los	Central telefónica: +(506) 2539-5300 contacto.mrec@rree.go.cr	https://www.rree.go.cr/



			distintos consulados y embajadas para atraer inversión extranjera.		
Refinadora Costarricense de Petróleo (RECOPE)	Costa Rica	Es una institución estatal que se encarga del abastecimiento de combustibles y asfaltos en el país.	Como parte del Plan Estratégico Institucional 2020-2030, RECOPE como estrategia de valor público busca alcanzar la incorporación de energías alternativas mediante la transformación de la Empresa, contribuyendo al cambio de la matriz energética del país, con sustentabilidad ambiental y satisfacción de las necesidades de los consumidores.	Central telefónica: +(506) 2550 3737 recopecomunicacion@recope.go.cr	https://www.recope.go.cr/



11. Conclusiones generales

11.1. Sobre los datos derivados de los tipos de inteligencia realizados

- Se observa que la economía de hidrógeno verde corresponde a un segmento que mueve distintos sectores de la sociedad, lo que se traduciría en un aumento de empleos e ingresos económicos para el país.
- La demanda de hidrógeno verde a nivel internacional será superior al que podrán ofertar algunos países, por lo que los países que se encuentran ubicados en climas tropicales tendrán las condiciones climáticas idóneas para producirlo y exportarlo a nivel internacional. Costa Rica podría producir 6 millones de toneladas anuales de hidrógeno verde, lo que se traduciría a largo plazo en empleos y un aumento anual del PIB.
- Se observa un interés creciente por parte de las empresas extranjeras en la construcción de plantas de producción de hidrógeno verde a partir de electricidad renovable costarricense; lo cual representa una oportunidad de expandir su producción a partir de las experiencias de países que lideran en el tema.
- Antes de llevar a cabo proyectos de hidrógeno verde se debe reconocer el o los sectores sobre el cual se busca impactar, así como identificar las posibles oportunidades, barreras y necesidades ante su implementación.

11.2. Sobre formas de protección de propiedad intelectual aplicables

- Al identificar que uno de los países con mayor producción de patentes en cuanto a métodos de producción de hidrógeno verde, se encuentra dentro de los países que lideran su producción a nivel mundial, se recomienda la presentación de una solicitud de patente en Costa Rica que cuente con el apoyo de empresas extranjeras.
- Se reconoce que la adquisición de una patente se puede realizar mediante dos estrategias, una patente a cargo de una única empresa o bien colaboraciones entre empresas; por lo tanto, se aconseja a las empresas costarricenses involucradas con diferentes procesos de producción de hidrógeno verde que no tienen el dinero para costear este tipo de producción industrial (patentes nacionales como internacionales) hacer colaboraciones con empresas extranjeras o nacionales para compartir costes legales.



12. Referencias Bibliográficas

- Alvarado, C. (23 de febrero de 2022). Grupo ICE firmó un memorando de entendimiento con la empresa australiana Kadelco para identificar condiciones de suministro eléctrico para la producción de hidrógeno verde en Costa Rica [Publicación de estado]. Facebook. Recuperado de: <https://www.facebook.com/100044609611573/posts/509899773840339/>
- Ambientum. (3 de marzo de 2020). *Las 10 principales tendencias en sostenibilidad para 2020*. Ambientum. Recuperado de: <https://www.ambientum.com/ambientum/construccion-sostenible/diez-principales-tendencias-en-sostenibilidad-para-2020.asp>
- Australian Government, Department of Industry, Science, Energy and Resources. (2019). *Australia's National Hydrogen Strategy*. Recuperado de: <https://www.industry.gov.au/data-and-publications/australias-national-hydrogen-strategy#:~:text=Australia's%20National%20Hydrogen%20Strategy%20sets,explores%20Australia's%20clean%20hydrogen%20potential>
- Energética. (14 de abril de 2021). *Siete tendencias que marcarán la transformación ecológica y energética de la industria*. Energética 21. Recuperado de: <https://energetica21.com/noticia/siete-tendencias-que-marcaran-la-transformacion-ecologica-y-energetica-de-la-industria>
- Federal Ministry for Economic Affairs and Climate Action. (2020). *The National Hydrogen Strategy*. Recuperado de: <https://www.bmwi.de/Redaktion/EN/Publikationen/Energie/the-national-hydrogen-strategy.html>
- France 24. (21 de mayo de 2021). *Estados Unidos se embarca en la revolución del hidrógeno 'verde'*. Recuperado de: <https://www.france24.com/es/programas/en-foco/20210521-estados-unidos-revolucion-hidrogeno-verde>
- Gobierno de Chile, Ministerio de Energía. (2020). *Estrategia Nacional de Hidrógeno Verde: Chile, fuente energética para un planeta cero emisiones*. Recuperado de: <https://energia.gob.cl/h2/Estrategia-nacional-de-hidrogeno-verde>
- Lanza. (22 de febrero de 2022). *MMYPEN colabora con la puesta en marcha de la planta de hidrógeno verde en Fertiberia*. Lanza digital. Recuperado de: <https://www.lanzadigital.com/economia/mmypen-colabora-con-la-puesta-en-marcha-de-la-planta-de-hidrogeno-verde-en-fertiberia/>



Lara, J.F. (21 de febrero de 2022). Tres firmas extranjeras valoran abrir en Costa Rica plantas de hidrógeno verde. *La Nación*. Recuperado de: <https://www.nacion.com/el-pais/infraestructura/tres-firmas-externas-valoran-abrir-en-costa-rica/OCBH7ADZCZGMVHEZQ7N476GKMU/story/>

Larrea, S., Echeverría, E. y Ernest, W. (15 de marzo de 2021). *Hidrógeno verde: oportunidad para liderar la descarbonización de Costa Rica*. Banco Interamericano de Desarrollo. Recuperado de: <https://blogs.iadb.org/energia/es/hidrogeno-verde-oportunidad-para-liderar-la-descarbonizacion-de-costa-rica/>

Madriz, A. (8 de marzo de 2022). Costa Rica está lista para iniciar fase de preparación del proyecto de hidrógeno verde. *La República*. Recuperado de: <https://www.larepublica.net/noticia/costa-rica-esta-lista-para-iniciar-fase-de-preparacion-del-proyecto-de-hidrogeno-verde>

Residuos profesional. (27 de enero de 2022). El proyecto ZEPPELIN desarrollará nuevas tecnologías de producción de hidrógeno verde a partir de residuos. *Residuos profesional*. Recuperado de: <https://www.residuosprofesional.com/zeppelin-hidrogeno-verde-residuos/>

Roca, J.A. (15 de junio del 2021). Australia cuenta con 35 proyectos de hidrógeno verde por una capacidad de 38 GW. *El periódico de la energía*. Recuperado de: <https://elperiodicodelaenergia.com/australia-cuenta-con-35-proyectos-de-hidrogeno-verde-por-una-capacidad-de-38-gw/>

Roca, J.A. (3 de febrero de 2022). El proyecto de hidrógeno verde más grande del mundo, con electrolizador de 150 MW, entra en funcionamiento en China. *El periódico de la energía*. Recuperado de: <https://elperiodicodelaenergia.com/el-proyecto-de-hidrogeno-verde-mas-grande-del-mundo-con-electrolizador-de-150mw-entra-en-funcionamiento-en-china/>

Saenz Diaz, C.S. (2020). *Análisis técnico económico de tecnología electrólisis tipo PEM para producción de hidrógeno en Colombia* [Tesis de grado, Universidad de los Andes, Colombia]. Repositorio Institucional Séneca-Universidad de los Andes, Colombia.

The Government of Japan, Official Magazine KIZUNA. (16 de septiembre del 2021). *Japan's Green Growth Strategy Will Accelerate Innovation*. Recuperado de: https://www.japan.go.jp/kizuna/2021/09/green_growth_strategy.html



Elaborado por:	Brigitte Jelitza Muñoz Soto, Escuela de Bibliotecología y Ciencias de la Información, Universidad de Costa Rica, 2022. Mary Cruz Pacheco Calderón, Escuela de Bibliotecología y Ciencias de la Información, Universidad de Costa Rica, 2022. José Andrés Zúñiga Chavarría, Escuela de Bibliotecología y Ciencias de la Información, Universidad de Costa Rica, 2022.
Con el apoyo de:	Nodo de Información Estratégica, PROINNOVA, Universidad de Costa Rica.
Fecha:	24 de abril de 2022.