



La Revolución del Amoníaco Verde: **Un Nuevo Horizonte Energético, Su Generación, Aplicaciones y el Rol de Chile y Latinoamérica**

AUTORES: DR. EDUARDO SCHOTT - DR. NÉSTOR ESCALONA

En contraposición a esta herencia industrial contaminante, el “amoníaco verde” emerge como una reinención sostenible de la misma molécula fundamental, preservando su composición química esencial, pero transformando por completo su origen en uno limpio y renovable. Este enfoque innovador se basa en la electrólisis del agua para generar hidrógeno puro, impulsada exclusivamente por fuentes de energía renovable como la solar o la eólica, y en la separación posterior del nitrógeno del aire mediante tecnologías eficientes, todo ello en plantas operadas con electricidad de bajo carbono. De esta manera, se produce amoníaco con una huella de carbono neta cero, posicionándolo no solo como una solución pivotal para la descarbonización de la industria química y la agricultura, sino también como un catalizador para la transición energética global³. Los avances recientes en electro-síntesis, que permiten sintetizar amoníaco directamente a partir de nitratos o incluso directamente del aire en procesos electroquímicos a temperaturas y presión ambiente, eliminan pasos intermedios costosos y reducen drásticamente el consumo energético en comparación con el Haber-Bosch tradicional, al tiempo que mitigan la contaminación de ríos y suelos causada por escorrentías de nitratos en la agricultura convencional. Estos progresos, destacados en informes de The Royal Society en 2020 y actualizados por Nature Reviews en 2024, subrayan como la electro-síntesis no solo optimiza la eficiencia, sino que abre puertas a la producción descentralizada y a pequeña escala, adaptable a regiones con abundancia de renovables.

La producción de amoníaco verde trasciende las meras ventajas ambientales para reconfigurar las dinámicas geopolíticas y económicas de la energía. En un mundo donde muchos países dependen de importaciones de fertilizantes nitrogenados, con Europa importando hasta el 30% de sus necesidades desde Rusia antes de 2022, esta tecnología fomenta la independencia energética al permitir la síntesis local con recursos autóctonos como el viento o el sol, reduciendo la vulnerabilidades ante fluctuaciones de precios y conflictos internacionales. Empresas como Fertiberia en España, Yara en Noruega (con operaciones consolidadas y planes de expansión a amoníaco bajo en carbono en Australia), CF Industries en EE. UU. y la china Envision Energy han liderado esta transición, demostrando viabilidad comercial y escalabilidad. Más allá de la agricultura, el amoníaco verde se perfila como un vector energético de alta densidad, con aproximadamente un 17,6% en peso de hidrógeno, superior al metanol, ideal para el almacenamiento y transporte de hidrógeno renovable sin las limitaciones de compresión extrema o licuefacción criogénica que encarecen el hidrógeno puro. En Asia, Envision Energy comisionó en julio de 2025 la planta de amoníaco verde off-grid más grande del mundo en Chifeng, Mongolia Interior, con una capacidad inicial de 320.000 toneladas anuales de amoníaco verde y 80.000 toneladas de hidrógeno verde, alimentada por 1 GW de capacidad eólica y solar integrada con IA para balanceo dinámico. La compañía proyecta escalar la capacidad de amoníaco hasta 1,5 millones de toneladas anuales para 2028, marcando un hito en la exportación de energía limpia hacia Japón y Europa⁴.

En esencia, esta transformación del amoníaco de un subproducto fósil a un pilar de la economía circular representa un viraje paradigmático hacia la sostenibilidad, respaldado por investigaciones punteras como las modelizaciones tecno-económicas de la Universidad de Wisconsin-Madison que validan su conversión eficiente en electricidad sin subproductos tóxicos.

2. Usos Actuales y Futuros: De los Fertilizantes a los Vectores Energéticos

La transición hacia el amoníaco verde no solo redefine la producción de esta molécula esencial, sino que promete revolucionar mercados mucho más allá de la agricultura, donde actualmente se consume cerca del 80% del amoníaco global para fabricar fertilizantes nitrogenados que aportan el nutriente clave para el crecimiento vegetal, mejorando drásticamente el rendimiento de cultivos como el trigo, el maíz y el arroz, y contribuyendo así a la seguridad alimentaria de una población mundial que supera los 8.000 millones de habitantes.

Según el informe Innovation Outlook: Renewable Ammonia de la Agencia Internacional de Energías Renovables (IRENA, 2022)⁵, estos fertilizantes derivados de amoníaco verde podrían reducir la huella de carbono de la agricultura responsable de hasta el 24% de las emisiones globales en un 80-90%, como ya demuestra la iniciativa de Yara en Noruega, que comercializa nitratos renovables con una huella reducida en esa magnitud, permitiendo a los agricultores cumplir con normativas europeas como el Green Deal y fomentar prácticas sostenibles sin comprometer la productividad. Esta evolución es crucial en regiones como América Latina y Asia, donde la demanda de fertilizantes crece un 2-3% anual, impulsada por la expansión de tierras cultivables, y donde proyectos como el de Fertiberia en España ya producen 100% amoníaco descarbonizado para exportación, integrando hidrógeno verde de electrólisis renovable para mitigar la dependencia de importaciones fósiles.

Sin embargo, el potencial del amoníaco verde trasciende la mera nutrición vegetal para irrumpir en sectores de difícil electrificación, posicionándose como un vector energético versátil que resuelve los dilemas logísticos del hidrógeno puro, cuya baja densidad volumétrica apenas 0,07 kg/m³ a presión atmosférica exige criogenia extrema a -253 °C o compresiones superiores a 700 bares, lo que encarece su almacenamiento y transporte en un 30-50% más que alternativas químicas. En contraste, el amoníaco se licua fácilmente a -33°C y presiones moderadas de 8-10 bares, aprovechando la extensa infraestructura global ya existente para su comercio como fertilizante con más de 200 millones de toneladas anuales movidas por mar, y ofrece una densidad de hidrógeno cercana al 17,6% en peso, superior al metanol, actuando como una “batería química” eficiente para exportar energía renovable desde zonas ricas en sol y viento, como el norte de África o Australia, hacia centros de demanda en Europa y Asia. Un estudio de IRENA (2022) proyecta que, para 2050, el amoníaco verde podría transportar hasta el 25% del hidrógeno global requerido, con un mercado de comercio internacional que alcanzaría los 100 millones de toneladas anuales, facilitado por avances en el craqueo, el proceso de descomposición en hidrógeno y nitrógeno que recuperan hasta el 99% de la energía original sin emisiones adicionales⁶.

Esta versatilidad se manifiesta con particular fuerza en el transporte marítimo, donde el amoníaco verde emerge como un combustible esencial para descarbonizar un sector que emite cerca del 3% de las emisiones de CO₂ globales y mueve el 90% del comercio internacional, bajo la presión de regulaciones como el FuelEU Maritime de la UE, que exige una reducción del 80% en emisiones para 2050. La combustión directa del amoníaco genera solo nitrógeno y vapor de agua, sin dióxido de carbono, alineándose con los objetivos de la Organización Marítima Internacional (OMI) y atrayendo

inversiones en motores duales que queman amoníaco con bajo NOx mediante inyección selectiva de urea. En 2025, hitos como la finalización del primer motor comercial a amoníaco de Japan Engine Corporation (J-ENG), el motor 7UEC50LSJA-HPSCR de siete cilindros financiado por el Green Innovation Fund de NEDO, marcan el inicio de operaciones a escala en buques de contenedores, demostrando reducciones significativas de emisiones durante pruebas en bancos de ensayo y rutas piloto de la región Asia-Pacífico⁷. Paralelamente, DNV reporta 39 buques con propulsión a amoníaco en orden, con capacidad para escalar a 14 millones de toneladas anuales de producción azul y verde para 2030, aunque barreras como la toxicidad y el proceso de suministro y almacenamiento (bunkering) de combustible en puertos persisten, requiriendo estándares armonizados en instalaciones como los puertos de Singapur y Rotterdam⁸. Empresas como Maersk y Trafigura impulsan esta adopción mediante cartas abiertas a la Comisión Europea, urgiendo incentivos para un 70% de combustibles renovables en la flota para 2050, con proyecciones de mercado que elevan el valor del amoníaco como fuel marítimo a 34.000 millones de dólares para 2033, a un CAGR (por su inglés Compound Annual Growth Rate) del 62%.

En paralelo, experimentos en generación de energía, liderados por Japón, exploran la co-combustión de amoníaco con carbón en plantas termoeléctricas para una transición gradual hacia la neutralidad de carbono, donde el sector eléctrico japonés, aún dependiente del 30% del carbón, busca reducir emisiones sin demoler infraestructuras existentes. En la estación Hekinan, JERA inició en 2024 la primera demostración comercial a escala de 1 GW mediante la co-combustión de una mezcla del 20% de amoníaco en una unidad de carbón pulverizado, logrando una caída del 20% en sus emisiones de CO₂ durante tres meses de operación estable, gracias a quemadores especializados de IHI Corporation que controlan los NOx emitidos mediante combustión en dos etapas⁹. Este enfoque, respaldado por el Consorcio de Amoníaco Verde de Japón, planea elevar la mezcla a 50% para 2030 y 100% para 2050, aunque críticos como BloombergNEF (2022) advierten de costos elevados hasta 168 USD/MWh para operación 100% amoníaco y emisiones residuales que triplican los benchmarks de gas natural, recomendando priorizar renovables directas sobre esta “solución transicional”¹⁰. A pesar de ello, el mapa vial de METI para amoníaco combustible proyecta 100 millones de toneladas exportadas anualmente a Asia para 2050, integrando turbinas de gas y celdas de combustible de óxido sólido (SOFC) para una generación limpia, como valida el consorcio con Woodside Energy.

Por tanto, el amoníaco verde está expandiendo su rol tradicional en la agricultura (donde ya representa cerca del 80-85% de su demanda actual, según IRENA (2022)) hacia un componente estratégico en la transición energética. Las proyecciones de mercado más optimistas estiman que la demanda global de amoníaco verde podría superar los 5 millones de toneladas anuales para 2030, con tasas de crecimiento anual compuesto (CAGR) que diversos análisis sitúan entre el 60% y 80% en el escenario de despliegue acelerado, impulsadas por su facilidad para el almacenamiento a gran escala y el transporte global, junto con su potencial para generar energía limpia en aplicaciones estacionarias y móviles.

Esta multifuncionalidad lo convierte no solo en un fertilizante renovable que fortalece la resiliencia alimentaria ante el cambio climático, sino en una solución integrada para descarbonizar industrias recalcitrantes, desde el shipping pesado hasta la generación térmica, apuntalando tanto la mitigación de emisiones como la creación de cadenas de valor circulares que podrían generar 1,2 billones de dólares en oportunidades económicas para 2050, según IRENA, siempre que se superen desafíos como la escalabilidad de producción y regulaciones unificadas para un despliegue equitativo y acelerado.

3. El Contexto Latinoamericano: • Potencial y Estrategias Regionales

América Latina se erige en una posición estratégica privilegiada para liderar la industria del amoníaco verde, respaldada por la abundancia y calidad excepcional de sus recursos renovables, que posicionan a la región como una de las más competitivas del mundo para la generación de electricidad limpia a costos inferiores a los 20 USD/MWh en zonas clave, según el informe del Banco Interamericano de Desarrollo sobre hidrógeno verde en la región¹¹.

Con irradiación solar que supera los 3.000 kWh/m² anuales en el desierto de Atacama y factores de capacidad eólica superiores al 60% en la Patagonia, la región puede producir hidrógeno verde y por ende amoníaco a precios que oscilan entre 1,5 y 3 USD/kg, competitivos con el gris fósil y atractivos para exportaciones a Europa y Asia, donde la demanda de derivados descarbonizados podría alcanzar 10 millones de toneladas anuales para 2030. Estudios del Banco Mundial destacan que, con más de 70 proyectos específicos de amoníaco verde en desarrollo y 13 operativos a nivel regional, América Latina podría exportar hasta 20 millones de toneladas de amoníaco verde al año para 2040, generando ingresos por 50.000 millones de dólares y creando 500.000 empleos directos, siempre que se resuelvan cuellos de botella en infraestructura portuaria y financiamiento¹². En este panorama, países como Chile, Brasil y Argentina lideran con iniciativas ambiciosas que integran políticas nacionales de descarbonización, atrayendo inversiones extranjeras por más de 50.000 millones de dólares en los últimos tres años.

Proyectos emblemáticos como H₂ Magallanes, liderado por TotalEnergies (a través de su filial dedicada, originalmente desarrollado por Total Eren), ingresaron al SEIA en mayo de 2025 contemplando alrededor de 5 GW de capacidad eólica, cerca de 3,85 GW de electrólisis y una producción de hasta 1,9 millones de toneladas anuales de amoníaco verde, con una inversión estimada de 16.000 millones de dólares que incluye una planta desalinizadora y un terminal portuario multipropósito¹³. En el sur, el megaproyecto HNH Energy de AustriaEnergy, con 11.000 millones de dólares, incorpora 1,4 GW de eólica y una planta de procesos para aproximadamente 1 millón de toneladas anuales de amoníaco verde, habiendo ingresado a evaluación ambiental en 2024 con aprobación ambiental originalmente proyectada para finales de 2025, aunque el proceso continúa en evaluación¹⁴. Otro hito es HyEx en Antofagasta, de Enaex y Engie, que inicialmente proyectaba un piloto de aproximadamente 18.000 toneladas con miras a escalar progresivamente, financiado parcialmente por CORFO con 50 millones de dólares para de-risking tecnológico, aunque su cronograma ha sido ajustado en revisiones posteriores¹⁵. Estos avances, que podrían posicionar a Chile como exportador del 10% del amoníaco global para 2040, subrayan la integración de renovables locales con cadenas de valor internacionales, aunque enfrentan desafíos ambientales como el impacto de desalinizadoras en ecosistemas patagónicos¹⁶.

Brasil, por su parte, consolida su estatus como potencia agrícola al priorizar el amoníaco verde para blindar su soberanía en fertilizantes, importando actualmente el 85% de sus necesidades nitrogenadas y vulnerable a shocks como la guerra en Ucrania que elevaron precios un 300% en 2022. La

consultora CELA calcula que el costo nivelado de amoníaco (LCOA) en Brasil oscila entre 539 y 1.103 USD/tonelada con renovables, ya competitivo con el gris fósil (361-1.300 USD/ton), gracias a eólica en el noreste y solar en el centro con LCOH de 2,83-6,16 USD/kg¹⁷. Este posicionamiento podría transformar al país en una “Arabia Saudita verde”, con proyectos como el de FRV en Ceará para 300.000 toneladas anuales desde 2027, integrando 2 GW de solar y eólica, y alianzas con Petrobras para hidrógeno en refinerías que reduzcan emisiones del agro (responsable del 24% de las del país) en un 50% para 2030. En tanto, Argentina capitaliza su recurso eólico excepcional en la Patagonia, con velocidades promedio de 10-12 m/s que permiten LCOA por debajo de 400 USD/tonelada, ideal para exportaciones y descarbonización agrícola interna. El proyecto Gaucho de RP Global (rebautizado New Energy Argentina) despliega 4,2 GW de eólica y 3 GW de electrólisis para 1,7 millones de toneladas anuales desde 2025, con foco en Europa¹⁸, mientras Pampas de Fortescue Future Industries generará 3,5 millones de toneladas para 2030 en Santa Cruz, atrayendo 8.700 millones de dólares en inversiones¹⁹. Sin embargo, como señala Agora Energiewende, el desarrollo enfrenta barreras en financiamiento con tasas de capital del 12-15% y estabilidad macroeconómica, que disuaden inversiones pese a un potencial de 20 GW eólicos para 2030²⁰.

Colombia y Paraguay también avanza con proyectos que aprovechan recursos hídricos y eólicos para insertarse en la cadena global, fomentando políticas de desarrollo específicas. En Colombia, Monómeros firmó en 2024 un memorando con Alumbrado Público de Barranquilla para una planta de 300 millones de dólares que producirá amoníaco verde desde 2027, alimentada por el primer parque eólico marino offshore del país 1 billón de dólares de inversión con Copenhagen Infrastructure Partners, reduciendo importaciones en un 30% y asegurando fertilizantes para el 40% de cultivos nitrogenados²¹. Paralelamente, Ecopetrol opera un piloto en Cartagena con paneles solares para hidrógeno en refinerías, escalable a amoníaco²². En Paraguay, Go-Energy Group aterrizó en 2025 con 700 millones de dólares para una planta solar-hidroeléctrica que produce amoníaco para fertilizantes, posicionando al país como hub regional gracias a su 99% de matriz hidroeléctrica²³. México, con su vasto potencial solar hasta 3.000 kWh/m² anuales en Sonora, explora etapas iniciales con pilotos como Marengo I en Campeche, de 1.200 millones de euros para 170.000 toneladas anuales desde 2027, enfocado en exportaciones a Europa vía el Corredor Interoceánico²⁴. La guía de PTX Hub para proyectos mexicanos resalta a Mexicali como sitio óptimo con LCOA por debajo de 1.000 USD/ton para 2025-2040, pese a retos en agua desalinizada²⁵.

La colaboración público-privada y la cooperación internacional emergen como pilares para superar desafíos como la infraestructura deficiente con solo el 20% de puertos adaptados para amoníaco y regulaciones fragmentadas, que limitan esta industria naciente valorada en 10.000 millones de dólares regionales para 2030. Iniciativas como H2LAC del BID facilitan alianzas transfronterizas, mientras fondos como el de la UE para Chile (225 millones de euros) y GIZ en Argentina catalizan de-risking, con énfasis en marcos regulatorios estables que incentiven off-takes y certificación de bajo carbono.

La coordinación regional, a través de foros como el de Eneryou, es vital para armonizar estándares y evitar solapamientos, capitalizando la ventaja comparativa de la región que produce el 40% de la electricidad renovable global y mitigando riesgos geoestratégicos como la competencia de Australia²⁶.

En definitiva, América Latina posee la geografía y recursos para erigirse como protagonista global en amoníaco verde, con un potencial de 50 GW renovables que podría descarbonizar el 15% de la demanda mundial para 2050. Con visiones estratégicas claras, alianzas multinacionales robustas como las de TotalEnergies y Fortescue y entornos normativos favorables que reduzcan el WACC al 8%, la región no solo asegurará su seguridad alimentaria y energética, sino que se convertirá en exportadora neta de tecnologías y productos descarbonizados, contribuyendo decisivamente a la mitigación climática y una industrialización sostenible que genere 1 billón de dólares en valor agregado para 2040, según proyecciones del BID.

FIGURA 2

MAPA DE
PROYECCIÓN DE
PRODUCCIÓN
DE HIDRÓGENO
EN AMÉRICA
LATINA ²⁷



4. Chile: Líder Emergente y Estrategia Nacional

En el escenario global de la transición energética, Chile destaca por sus excepcionales condiciones para el desarrollo de la industria del hidrógeno verde y sus derivados, particularmente amoníaco verde.

La combinación de recursos renovables de clase mundial, disponibilidad territorial y una estrategia nacional orientada a la descarbonización posicionan al país como uno de los actores con mayor potencial para participar en este mercado emergente.

No obstante, las proyecciones de costos han experimentado ajustes en los últimos años debido al aumento de los costos de capital, financiamiento y cadenas de suministro, por lo que las estimaciones más recientes sugieren valores superiores a los proyectados inicialmente. El Desierto de Atacama, en el norte, registra la radiación solar más alta del mundo con promedios anuales superiores a 3.000 kWh/m²,

ideal para despliegues masivos de fotovoltaica que alimenten electrólisis a gran escala, mientras que la Región de Magallanes, en el extremo sur, se beneficia de vientos constantes y potentes con factores de capacidad en parques eólicos que rozan el 65%, cifras que duplican el promedio internacional de 30-40% y permiten una generación estable y competitiva, según el estudio del Ministerio de Energía sobre potencial eólico en Magallanes. Esta dualidad norte-sur no solo optimiza la producción de hidrógeno verde (el precursor clave del amoníaco), sino que fomenta una diversificación territorial que equilibra el desarrollo económico con la descarbonización, alineándose con la meta nacional de neutralidad de carbono para 2050 y proyectando un impacto en la reducción de emisiones equivalente al 13% de la demanda global de hidrógeno renovable.

El Estado chileno formalizó esta visión con el lanzamiento de la Estrategia Nacional de Hidrógeno Verde en noviembre de 2020, estableciendo una hoja de ruta para el desarrollo de esta industria mediante el despliegue de capacidad de electrólisis, la atracción de inversiones y el fortalecimiento de capacidades tecnológicas y productivas. La estrategia fijó metas ambiciosas para posicionar al país como un actor relevante en el mercado global del hidrógeno verde; sin embargo, la evolución reciente del sector ha llevado a reevaluar algunos de los plazos y proyecciones económicas originalmente planteados. Aun así, Chile mantiene ventajas competitivas asociadas a la calidad de sus recursos renovables y continúa impulsando una cartera significativa de proyectos en distintas etapas de desarrollo. Esta visión trasciende la mera exportación de moléculas limpias para impulsar una industrialización local que genere valor agregado en los territorios, fomentando cadenas de suministro nacionales en componentes como electrolizadores y turbinas eólicas, y estimando la creación de hasta 100.000 empleos directos e indirectos para 2040, junto con inversiones acumuladas por 200.000 millones de dólares. Complementando la estrategia inicial, el Plan de Acción Nacional de Hidrógeno Verde 2023-2030, aprobado en julio de 2023 mediante Resolución Exenta N.º 11 tras un amplio proceso

participativo que involucró a cientos de actores de la sociedad civil, academia y sector privado, define una hoja de ruta en dos fases: la primera (2023-2026) enfocada en estándares ambientales, sociales y laborales, junto con incentivos tributarios y un sistema de permisos eficientes; y la segunda (2026-2030) en ordenamiento territorial y desarrollo del capital humano, asegurando una transición justa que integre comunidades indígenas y mitigue impactos en ecosistemas frágiles como la Patagonia²⁸.

Iniciativas de gran escala como el Proyecto H₂ Magallanes de TotalEnergies, ingresado al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA) en mayo de 2025 con una inversión estimada de US\$16.000 millones, contemplan alrededor de 5 GW de capacidad eólica en 72.000 hectáreas de la comuna de San Gregorio (de las cuales solo 4.000 se urbanizarán), integrando cerca de 3,85 GW de electrólisis, una planta desalinizadora y un terminal portuario multipropósito para producir hasta 1,9 millones de toneladas anuales de amoníaco verde, con un peak de empleo cercano a 10.000 trabajadores durante la construcción²⁹. Paralelamente, el Proyecto Gente Grande de Transitional Energy Group (TEG) Chile, en desarrollo en 38.000 hectáreas de Tierra del Fuego (comunas de Porvenir y primavera), prevé 3,2 GW eólicos para sintetizar 1,3-1,5 millones de toneladas de amoníaco anuales, con medición de vientos iniciada en 2022 mediante cuatro mástiles de 120 metros que confirman factores de capacidad excepcionales, y un enfoque en integración comunitaria que incluye proveedores locales y programas de capacitación. Otro hito es el consorcio HNH Energy, formado por AustriaEnergy, Ökowind y Copenhagen Infrastructure Partners, cuyo megaproyecto se ubica en el sector de Cabo Negro / Bahía Gregorio, en la comuna de San Gregorio (admitido al SEIA en julio de 2024 tras superar observaciones ambientales). El proyecto contempla una inversión de 11.000 millones de dólares en 1.640 hectáreas para generar 1,4 GW eólicos, 270.000 toneladas de hidrógeno y 1 millón de toneladas de amoníaco al año, con un puerto de acceso abierto capaz de manejar 10 millones de toneladas anuales y compromisos en mitigación de impactos como la protección de humedales patagónicos³⁰. Estos proyectos, que apuntan a mercados en Europa, Asia y Latinoamérica, no solo posicionan a Chile como actor clave en la seguridad energética global (con potencial para el 13% de la producción mundial de hidrógeno renovable), sino que catalizan alianzas como el memorándum entre HNH y Trammo para comercialización de fertilizantes verdes, reduciendo la huella de carbono en la agricultura chilena y marítima internacional³¹.

En el norte, el enfoque complementa la exportación con aplicaciones industriales locales que aprovechan la solaridad de Atacama, como la producción de explosivos verdes (nitrato de amonio derivado de amoníaco) para la minería cuprífera, sector que representa aproximadamente entre el 5 % y 7 % de las emisiones nacionales (y cerca del 10% considerando todas las actividades mineras asociadas) y busca descarbonizar mediante iniciativas como el Proyecto Volta de Mejillones Ammonia Energy (MAE), impulsado por el empresario estadounidense James Calaway. Ingresado al SEIA en febrero de 2024, Volta obtuvo el 12 de diciembre de 2025 la aprobación unánime (11 votos a favor, 0 en contra) de la Comisión de Evaluación Ambiental de Antofagasta, con una inversión cercana a los US\$1.800-2.000 millones, consolidándose como la primera planta de amoníaco verde a escala industrial del país. El proyecto se desarrollará en la comuna de Mejillones, Región de Antofagasta, donde se construirá una planta con capacidad de producción de 620.000 toneladas anuales de amoníaco verde, dividida en dos etapas de 310.000 toneladas por año cada una; la construcción está programada para comenzar en 2027, mientras que el inicio de la producción comercial se proyecta para 2029. La planta operará con energía 100% renovable, suministrada por un parque solar fotovoltaico de 600 MW instalado en una superficie de 900 hectáreas, complementado con sistemas de almacenamiento en baterías (BESS) y conexión a la red. En materia hídrica, Volta incorpora un enfoque innovador y de economía circular: reutilizará la totalidad de las aguas residuales de Mejillones que actualmente son descargadas al mar tras un tratamiento primario, contribuyendo a mejorar la calidad ambiental

de la bahía; de forma complementaria, la operación utilizará agua desalada proveniente de plantas existentes que ya cuentan con aprobación ambiental. En términos laborales, el proyecto estima la creación de 1.700 empleos durante su fase de construcción y cerca de 500 durante su operación, abarcando tanto puestos directos como indirectos; además, se proyecta que la planta permitirá evitar la emisión de más de 1 millón de toneladas de CO₂ al año, lo que equivale a las emisiones generadas por aproximadamente 200.000 vehículos de combustión interna anualmente³². Un caso emblemático y aleccionador para la política pública chilena es el del Proyecto INNA de AES Andes en Taltal (Región de Antofagasta), que durante 2024-2025 se posicionó como la mayor apuesta industrial de hidrógeno y amoníaco verde del país. INNA ingresó al SEIA el 20 de diciembre de 2024 y era una iniciativa que contemplaba una inversión de US\$10 mil millones, que buscaba producir anualmente 100 mil toneladas de hidrógeno verde y 650 mil toneladas de amoníaco verde, considerando utilizar una superficie de alrededor de 3 mil hectáreas, utilizando energía solar y eólica; específicamente, consideraba una capacidad de generación de aproximadamente 2,1 GW solares fotovoltaicos y 531 MW eólicos, complementada con sistemas de almacenamiento en baterías de gran escala. Sin embargo, AES Andes (parte del grupo estadounidense AES Corporation) informó que, tras un proceso de análisis estratégico de su cartera de iniciativas, decidió desistir de la ejecución del proyecto INNA, ubicado en Taltal, región de Antofagasta; la compañía explicó en un comunicado que la decisión responde a una priorización de recursos hacia proyectos de generación renovable y almacenamiento de energía, en línea con los lineamientos definidos por su matriz en Estados Unidos. La decisión, anunciada el 23 de enero de 2026, ocurrió tras meses de creciente oposición de la comunidad astronómica internacional: el proyecto se iba a ubicar entre 5 y 11 kilómetros de los telescopios de Paranal; a 11 kilómetros del Cerro Armazones (donde se construye el Extremely Large Telescope, ELT); y a cerca de 6 kilómetros del sitio planificado para el Cherenkov Telescope Array Observatory (CTAO-Sur). El Observatorio Europeo Austral (ESO) y astrónomos solicitaron detener el proyecto por el riesgo a la observación en el norte, advirtiendo impactos asociados a contaminación lumínica y otras externalidades, instalando una tensión de “compatibilidades” que se volvió estructural para la viabilidad social del plan. El tema también se coló en la agenda electoral: en el debate televisivo de diciembre, el entonces candidato José Antonio Kast se manifestó por privilegiar los cielos del norte para la astronomía, mientras la candidata oficialista Jeannette Jara defendió la iniciativa por su potencial en empleo, un contraste que amplificó la discusión y convirtió el desistimiento en una señal que excede a la empresa y toca el ordenamiento territorial de la transición energética. Actualmente, AES Andes está concentrada en el comisionamiento de Andes Solar III (una planta híbrida con 171 MW solares y 171 MW en baterías) y Bolero BESS (ligada a una planta solar de 146 MW), con el objetivo de obtener su operación comercial durante la primera parte del año; en paralelo, continúa avanzando en

FIGURA 3

PROYECTO VOLTA / MAE, MEJILLONES (ARRIBA); OBSERVATORIO POR EL CUAL SE FRENÓ EL PROYECTO INNA, ANTOFAGASTA (ABAJO), INICIATIVA DESISTIDA POR AES ANDES EN ENERO DE 2026.



la construcción de cuatro nuevos proyectos renovables y de almacenamiento: Arenales (un sistema de almacenamiento autónomo de 300 MW), Cristales (de 288 MW fotovoltaico y un sistema de almacenamiento de 340 MW), Pampas (que integrará 229 MW fotovoltaicos, 128 MW eólicos y 340 MW de almacenamiento en baterías) y Atacama BESS (que considera 250 MW de almacenamiento). El caso INNA ilustra una lección crítica: la necesidad de un ordenamiento territorial robusto que concilie tempranamente la transición energética con la protección de activos científicos estratégicos como los cielos del Desierto de Atacama. En esa dirección, en Antofagasta, el Gobierno Regional y actores locales han empujado marcos de planificación como la Hoja de Ruta de Hidrógeno Verde 2026–2035, diseñada para encauzar iniciativas futuras en un sector que requiere infraestructura, permisos y compatibilidad con otras actividades estratégicas del territorio³³.

Chile ha implementado un ecosistema robusto de políticas públicas que ha propulsado al amoníaco verde como eje de su descarbonización y transición energética, con la Estrategia Nacional de 2020 como pilar que promueve marcos regulatorios claros (incluyendo la Resolución Exenta N.º 11 de julio de 2023 que aprueba la hoja de ruta quinquenal) y metas como los 5 GW de electrólisis para 2025, ya impulsados por simplificación de permisos vía task-forces interinstitucionales y coordinación con el Comité Consultivo para revisiones periódicas³⁴. La colaboración entre la academia, el sector privado y el gobierno se materializa en consorcios tecnológicos como H₂ Chile, que ha facilitado más de 20 estudios científicos para pilotos, mientras que la planificación territorial incorpora evaluaciones ambientales rigurosas (con énfasis en riesgos como la escasez hídrica en Atacama y la compatibilidad con la astronomía) y análisis de prácticas internacionales, adaptando modelos europeos para evitar sobrecargas en el SEIA y asegurando sostenibilidad mediante certificaciones de bajo carbono. Estas políticas no solo elevan la producción, sino que habilitan mercados internos y externos mediante incentivos como la ronda de financiamiento de 50 millones de dólares adjudicada en 2021 a seis consorcios para 388 MW de electrólisis operativos para diciembre de 2025, atrayendo 1.000 millones en inversiones privadas y produciendo derivados como metanol y amoníaco verde. La velocidad regulatoria también muestra avances: en el caso emblemático de Volta, su tramitación se tardó 642 días, un 40% menos que el promedio anual de este año, y ya son tres las Resoluciones de Calificación Ambiental (RCA) para proyectos de hidrógeno verde, considerando las del Distrito Minero y la Planta de Combustible Sintético de Cabo Negro, ambas con una inversión acumulada de US\$3.771 millones³⁵.

En el ámbito financiero, Chile es pionero en modelos público-privados que mitigan riesgos y movilizan capitales, destacando el Fondo para el Desarrollo del Hidrógeno Verde lanzado en 2024 con 1.000 millones de dólares (aportados por BID, Banco Mundial, KfW alemán y la UE), que ofrece garantías, créditos tributarios imputables al impuesto de primera categoría y tasas preferenciales para proyectos con impacto ASG (Ambientales, Sociales y de Gobernanza), priorizando criterios de género y territorialidad para ejecución entre 2025 y 2030. Adicionalmente, regulaciones progresivas para el amoníaco como combustible abordan la seguridad en comercialización (con protocolos para bunkering en puertos como Punta Arenas) y eficiencia en exportaciones, facilitando off-takes con Europa vía el Green Deal. Este arsenal integral de políticas, junto con las lecciones aprendidas tras el repliegue de INNA y la consolidación de Volta como primer hito industrial, ha catapultado a Chile como líder emergente mundial en amoníaco verde. A fines de 2025, el país contaba con aproximadamente 83 proyectos relacionados con hidrógeno y amoníaco verde, de los cuales 17 se encontraban operacionales, representando una porción significativa de la capacidad renovable regional. Esta cartera sirve de modelo para Latinoamérica en políticas públicas que conjugan sostenibilidad energética, equidad territorial, protección del patrimonio científico y crecimiento inclusivo, y proyecta un PIB adicional del 0,4-0,5% anual hasta 2050 mediante la exportación de moléculas limpias y tecnologías asociadas.

5. Una hoja de ruta con foco en ejecución

A pesar del enorme potencial del amoníaco verde en Chile, que podría posicionar al país como exportador del 13% de la producción mundial de hidrógeno renovable para 2040 según proyecciones del Ministerio de Energía, su despliegue comercial a escala enfrenta múltiples barreras interconectadas que demandan soluciones integrales para no perder la ventana de oportunidad en la transición energética global.

Un desafío económico primordial radica en el elevado costo de capital (CAPEX) ligado a la adquisición de electrolizadores y la infraestructura para la síntesis de amoníaco, donde los CAPEX de sistemas de electrólisis PEM y alcalina oscilan actualmente entre 450 y 1.000 USD/kWe, representando hasta el 60% del costo nivelado de producción de hidrógeno (LCOH) que supera los 3 USD/kg en escenarios actuales chilenos, según un análisis de Fraunhofer Chile ³⁶. Esta barrera se agrava por tasas de financiamiento altas (alrededor del 8-12% en proyectos renovables) y la necesidad de reducir el CAPEX en un 30% para 2025 mediante economías de escala y subsidios, como anticipa BloombergNEF, para hacer viable la meta de hidrógeno a 1,5 USD/kg al 2030 ³⁷. En paralelo, la volatilidad de los mercados de off-takers (contratos de compra garantizada) genera incertidumbre, con solo cerca del 20% de los aproximadamente 83 proyectos de hidrógeno en Chile contando con acuerdos firmes, según el mapa de H₂ Chile, lo que desalienta inversiones por más de 50.000 millones de dólares anunciados pero pendientes de cierre financiero. A nivel logístico, regiones como Magallanes, epicentro de megaproyectos con vientos sostenidos con velocidades promedio de 8-12 m/s, ideales para eólica, carecen de infraestructura básica esencial (puertos profundos, caminos pavimentados y redes de transmisión eléctrica interconectadas), operando como una “isla energética” desconectada de la red nacional, lo que eleva los costos de construcción en un 20-30% debido a condiciones extremas como densidades poblacionales de 1,4 habitantes/km² y logística remota, como evidencia el proyecto HNH Energy con su inversión de 11.000 millones de dólares³⁸. Estas limitaciones subrayan la urgencia del apoyo estatal y privado, como el Fondo de 1.000 millones de dólares del BID para de-risking, para fortalecer la base física y habilitar exportaciones que podrían generar 5.000 millones de dólares anuales para 2040.

Desde la perspectiva social y ambiental, la producción y almacenamiento de grandes volúmenes de amoníaco (clasificado como tóxico por su potencial de liberación de NO_x y riesgos de fugas) plantea desafíos críticos en seguridad y aceptación comunitaria, particularmente en territorios sensibles como la estepa magallánica, hogar de ecosistemas únicos y comunidades indígenas como los kawésqar, donde 32 organizaciones han rechazado megaproyectos por impactos irreparables en humedales y biodiversidad sin líneas de base ambientales adecuadas³⁹. Proyectos emblemáticos como HNH Energy, con 194 aerogeneradores en 1.640 hectáreas de San Gregorio, han reconocido la imperiosa necesidad de integrar a las comunidades desde las fases iniciales mediante la implementación de mesas de trabajo y planes de participación ciudadana, pero enfrentan críticas por vacíos en el EIA (como deficiencias en predicción de impactos en agua y suelo) y la percepción de Magallanes como “zona de sacrificio”, similar a Quintero, donde la falta de licencia social ha paralizado iniciativas



por protestas locales^{26,40}. Esta dimensión es pivotal para mitigar conflictos, como evidencian las 10 reuniones previas de TEG Chile con autoridades locales para estudiar el desarrollo comunitario, y garantizar la permanencia mediante estándares de equidad que incluyan empleo local (hasta 10.000 puestos en construcción) y fondos como el propuesto FONDEMA para hidrógeno, que destinaría recursos a adultos mayores y hogares vulnerables en Magallanes⁴¹.

En el frente tecnológico, aunque la electrólisis acoplada al proceso Haber-Bosch tradicional domina (con eficiencias del 70-80%, pero altas temperaturas de 400°C), persisten investigaciones en métodos directos y eficientes como la síntesis electroquímica, que opera a temperaturas ambientales y presiones bajas, potencialmente reduciendo el consumo energético en un 50% y eliminando pasos intermedios para aplicaciones descentralizadas en minería o agricultura. En Chile, el Instituto Milenio en Amoníaco Verde (MIGA) lidera con avances en materiales electrocatalíticos para esta tecnología, presentando resultados preliminares en su congreso de enero 2024 que incluyen catalizadores de bajo costo para la fijación de nitrógeno, posicionando al país como pionero regional en una Red Latinoamericana de Investigación en Amoníaco Verde^{42,43}. Sin embargo, esta innovación permanece en fase temprana (con rendimientos de Faraday por debajo del 90% y escalabilidad limitada), requiriendo superar barreras técnicas como la estabilidad de electrodos y la integración con renovables variables, según el informe de GIZ sobre descarbonización del amoníaco. Como advirtió Asunción Borrás (H₂ Chile), si en este Gobierno no se concretan los primeros proyectos de hidrógeno verde, Chile tendrá un desfase⁴⁴, antes de que pueda lograrse una adopción comercial amplia que desbloquee pilotos en Atacama hacia 2030.

Adicionalmente, persisten retos regulatorios y de mercado, como la “permisología” que extiende trámites en el SEIA hasta 24 meses para complejos como HNH (el más grande ingresado con 11 componentes), y la ausencia de marcos específicos para bunkering de amoníaco o certificación de bajo carbono, pese a avances como la Ley 21.305 que declara al hidrógeno como combustible^{44,45}. Solo mediante un abordaje holístico que integre aspectos económicos (con fondos como el de 1.000 millones de dólares del BID), sociales (mediante participación bajo la Guía de Estándares del Ministerio de Energía), tecnológicos (acelerando I+D en proyectos de investigación de gran envergadura) y regulatorios (agilizando el SEIA y creando off-takers garantizados), se capitalizará el potencial del amoníaco verde como vector clave, alineado con la Estrategia Nacional de Hidrógeno Verde³⁴, pavimentando un modelo sostenible para Chile y Latinoamérica que genere 100.000 empleos y reduzca emisiones en un 15% anual hasta 2050.

Fomentar la demanda local (para el 80% de amoníaco usado en fertilizantes y explosivos mineros) mediante incentivos como el Facility de CORFO de 2024 para 388 MW de electrólisis operativa en 2025, y capacitar recursos humanos vía alianzas como Energía + Mujer, es esencial para la sostenibilidad a mediano plazo⁴⁶.

6. Perspectivas Globales y Competencia Internacional

¿Quién ganará la carrera del amoníaco verde?

Aunque América Latina, y especialmente Chile con su combinación inigualable de recursos solares en Atacama y eólicos en Magallanes, cuentan con ventajas naturales únicas que podrían permitir costos de producción de hidrógeno equivalente por debajo de 1,5 USD/kg para 2030, la competencia mundial por el dominio del amoníaco verde es feroz y se acelera a un ritmo vertiginoso, impulsada por inversiones que superan los 200.000 millones de dólares globales en proyectos anunciados hasta noviembre de 2025, según el último informe del Hydrogen Council.

Esta carrera no solo redefine las cadenas de suministro energéticas, sino que también reconfigura alianzas geopolíticas, con países que transitan de productores fósiles a exportadores de moléculas limpias, en un mercado proyectado para alcanzar entre 20 y 25 millones de toneladas anuales para 2030, aunque solo el 30-40% estará respaldado por contratos firmes, lo que genera una ventana crítica de oportunidad para regiones con bajos costos como Latinoamérica⁴⁷. En este contexto, los principales contendientes emergen con estrategias diferenciadas: Australia apuesta por su vasto desierto de Pilbara y su estabilidad regulatoria para capturar mercados asiáticos; Arabia Saudita transforma su dependencia petrolera en un hub de hidrógeno renovable; Noruega posiciona su hidráulica abundante como la “batería de Europa”; China escala su dominio manufacturero para liderar en volumen; y Estados Unidos inyecta incentivos fiscales masivos para revitalizar su industria química, todo ello en una pugna donde la velocidad de ejecución, la certificación de bajo carbono y los acuerdos de offtake determinarán al ganador, potencialmente desplazando a Latinoamérica si no se resuelven brechas en financiamiento y permisos antes de 2028.

Australia se erige como el frontrunner indiscutible en escala y madurez regulatoria, con más de 30 GW de capacidad renovable anunciada en proyectos de amoníaco verde que podrían exportar hasta 15 millones de toneladas anuales para 2030, aprovechando su proximidad a importadores clave como Japón y Corea del Sur, que demandan 5-7 millones de toneladas anuales en co-firing de carbón y combustibles marítimos bajo sus roadmaps nacionales de descarbonización. El buque insignia es el Australian Renewable Energy Hub (AREH), anteriormente conocido como Asian Renewable Energy Hub, un coloso de 26 GW eólicos y solares en 6.500 km² del desierto de Pilbara, con una inversión estimada en 22.000 millones de AUD (16.000 millones de USD). Originalmente liderado por British Petroleum (BP) con un 63,57 % de participación, junto a InterContinental Energy (26,39%) y CWP Global (10,04%), el consorcio sufrió un revés mayor en julio de 2025 cuando BP anunció su retirada del proyecto, dejando a InterContinental Energy asumiendo el control operacional y a la espera de nuevos socios estratégicos. A pesar de esta reconfiguración, el proyecto mantiene la meta de exportar 1,2 millones de toneladas anuales de amoníaco verde en 2027-2028, expandiéndose a 9 millones de toneladas anuales en fases posteriores mediante integración de electrólisis de 15 GW y almacenamiento en baterías para manejar la intermitencia renovable⁴⁸. Complementando esta megaestructura, el proyecto Yara-H2U en Gladstone, Queensland, ya en construcción con 500.000 toneladas anuales para 2026, asegura offtakes con Japón vía JERA y fortalece la posición australiana como

“supergigante verde”, respaldada por el Future Made in Australia Act que inyecta 15.000 millones de AUD en subsidios para hidrógeno hasta 2030, posicionando al país para capturar el 25% del mercado asiático de amoníaco bajo en carbono⁴⁹. Esta madurez, con aprobaciones ambientales completas y puertos como Dampier adaptados para bunkering, contrasta con las demoras latinoamericanas, aunque enfrenta críticas por impactos en comunidades indígenas y biodiversidad desértica.

Arabia Saudita, en su pivote ambicioso bajo Vision 2030, emerge como un disruptor geopolítico al convertir su vasto potencial solar (con irradiación superior a 2.200 kWh/m² anuales) en un exportador de amoníaco verde que podría alcanzar 10 millones de toneladas anuales para 2035, diversificando ingresos fósiles hacia moléculas limpias con inversiones que superan los 50.000 millones de dólares en renovables. El proyecto NEOM Green Hydrogen, un joint venture equitativo de 8.400 millones de dólares entre Air Products, ACWA Power y NEOM, representa el hito: con aproximadamente 4 GW de capacidad renovable combinada (alrededor de 2,2 GW solares y 1,65 GW eólicos, junto con almacenamiento en baterías), produce 600 toneladas diarias de hidrógeno verde equivalente a 1,2 millones de toneladas anuales de amoníaco, habiendo alcanzado el 80 % de construcción en junio de 2025, con energías renovables operativas a mediados de 2026 y primera producción en 2027, exportando vía un jetty dedicado en Oxagon para mercados europeos y asiáticos⁵⁰. Air Products, como offtaker exclusivo por 30 años, prioriza ventas de amoníaco verde hasta 2030 (mientras maduran regulaciones para hidrógeno puro), firmando contratos con Alemania y Japón que aseguran 500.000 toneladas anuales iniciales, y capturando 5 millones de toneladas de CO₂ equivalentes al año mediante CCS integrado, alineado con metas saudíes de neutralidad de carbono para 2060⁵¹. Este enfoque, que integra IA para optimizar la síntesis Haber-Bosch con hidrógeno renovable, no solo acelera la transición interna (descarbonizando petroquímicos) sino que fortalece la influencia saudí en la OMI, aunque enfrenta retos en escasez de agua desalinizada y dependencia de importaciones de electrolizadores chinos.

Noruega, con su matriz hidroeléctrica del 98% renovable y experiencia en química del amoníaco heredada de Yara (el mayor productor global), se consolida como la “batería verde de Europa”, enfocada en la electrificación total de su industria para exportar hasta 3 millones de toneladas anuales de amoníaco verde para 2030, mitigando la dependencia continental de importaciones rusas y cumpliendo el EU Green Deal. El proyecto HEGRA en Porsgrunn, un consorcio equitativo de Yara, Aker Clean Hydrogen y Statkraft, electrificará la planta de amoníaco existente con 500 MW de electrólisis alimentada por excedentes hidroeléctricos, produciendo 500.000 toneladas anuales de amoníaco cero emisiones desde 2026-2028, con potencial de expansión a 800.000 toneladas, cortando 800.000 toneladas de CO₂ al año (equivalente a 300.000 autos), y offtakes iniciales para fertilizantes europeos y bunkering marítimo⁵². Complementando esto, el Yara Birkeland (el primer buque contenedor autónomo 100 % eléctrico del mundo, operado por Yara para el transporte de fertilizantes desde la planta de Porsgrunn al puerto de Brevik) y el proyecto Halten en el Mar de Noruega, vinculado a una planta proyectada de amoníaco bajo en carbono integrada con captura de CO₂, posicionan a Noruega como pionera en cadenas de suministro circulares, con Enova financiando pilotos de bunkering en Brevik y alianzas con Hystar para electrólisis eficiente⁵³. Esta estrategia, que integra R&D en catalizadores de bajo NOx, asegura resiliencia ante volatilidades renovables, pero depende de precios de electricidad competitivos y armonización regulatoria con la UE.

China, como el titán indiscutido del amoníaco gris con cerca de 50 millones de toneladas anuales (aproximadamente el 25-28% de la producción global), pivotea hacia el verde con una escala manufacturera que podría inundar el mercado con 10-15 millones de toneladas para 2030, dominando alrededor del 80% de la cadena global de electrolizadores y atrayendo inversiones de 100.000 millones de yuanes en renovables del norte. La planta de Envision Energy en Chifeng, Mongolia Inte-

rior (el proyecto off-grid más grande del mundo), comisionada en julio de 2025 con 320.000 toneladas anuales de amoníaco verde y 80.000 de hidrógeno, impulsada por 1 GW eólico-solar e IA para balanceo dinámico, inicia exportaciones en Q4 2025 hacia Japón y Europa, habiendo obtenido la primera certificación ISCC Plus para amoníaco con métricas GHG y Bureau Veritas para sostenibilidad, con fase 2 expandiendo a 600.000 toneladas en 2027^{54,55}. Este hito, que incluye el primer bunkering marítimo de amoníaco verde en Dalian con COSCO en julio de 2025, cataliza alianzas como el MoU con Marubeni para offtakes a largo plazo, posicionando a China como “nueva OPEP verde” mediante su Northeast Asia Green Bunkering Alliance, aunque enfrenta escrutinio por opacidad en huellas de carbono y dependencia de carbón residual en la red⁵⁶.

Finalmente, Estados Unidos irrumpe con fuerza bruta fiscal vía el Inflation Reduction Act (créditos de 3 USD/kg para hidrógeno verde hasta 2032), atrayendo 20.000 millones de dólares en proyectos que podrían exportar 5 millones de toneladas anuales para 2030, revitalizando el Rust Belt como hub de amoníaco bajo en carbono. El proyecto de Air Products en Louisiana, el Louisiana Clean Energy Complex en Ascension Parish, con una inversión cercana a los 7.000 millones de dólares, contempla producir alrededor de 750 millones de pies cúbicos diarios de hidrógeno azul y aproximadamente 1,4 millones de toneladas anuales de amoníaco azul, capturando más de 5 millones de toneladas de CO₂ al año con CCS en Lake Maurepas. En mayo de 2025, Air Products anunció una pausa estratégica del proyecto para buscar socios de offtake y evaluar desinvertir parcialmente del componente de Captura y Almacenamiento de Carbono (CCS), con una decisión final esperada antes de fin de año, lo que podría reducir el riesgo financiero del proyecto mediante el aprovechamiento de incentivos del crédito tributario 45Q⁵⁷. Paralelamente, CF Industries en Donaldsonville avanza en alianza con JERA y Mitsui en un proyecto de amoníaco bajo en carbono (azul) con capacidad cercana a 1,4 millones de toneladas anuales para 2028, integrando captura y almacenamiento de carbono (CCS), fortaleciendo las exportaciones desde el Golfo de México hacia Asia y Europa bajo el marco de incentivos del Inflation Reduction Act y el portafolio de hidrógeno del DOE.

En este tablero global, donde el mercado de amoníaco verde podría valer 34.000 millones de dólares para 2033 con un CAGR del 62% según Mordor Intelligence, América Latina (con costos potenciales de 1,2-1,8 USD/kg H₂) podría capturar el 20-25% si cierra brechas en de-risking financiero y permisos antes de 2028, pero corre el riesgo de ser relegada si Australia y China ejecutan primero sus gigaproyectos, subrayando la necesidad de alianzas transpacificas y certificaciones como ISCC para competir en un ecosistema donde la velocidad y la certeza contractual definen al vencedor⁵⁸.



7. Conclusiones y Perspectivas Globales 2050: El Amoníaco Verde como Eje de la Economía Descarbonizada.

El amoníaco verde no es solo una alternativa técnica, sino el puente que conecta la seguridad alimentaria con la neutralidad de carbono del siglo XXI.

Según el escenario Net Zero by 2050 de la IEA, para alcanzar los objetivos del Acuerdo de París será necesario producir 170–270 millones de toneladas anuales de amoníaco bajo en carbono en 2050, de las cuales al menos 120 millones deberán ser completamente verdes 59. En ese horizonte, América Latina, y especialmente Chile, pueden capturar entre el 15% y el 20% del mercado global de exportación, equivalente a 25–40 millones de toneladas anuales, generando ingresos superiores a los 60.000 millones de dólares anuales y más de un millón de empleos directos e indirectos.

La clave del éxito radicará en cuatro pilares complementarios que aún no habían sido tratados explícitamente en las secciones anteriores:

1. el desarrollo de un esquema regional de certificación y trazabilidad de amoníaco verde armonizado con los estándares europeos CBAM y el estadounidense 45V, liderado por la plataforma H2LAC y el BID;
2. el desarrollo incipiente de un mercado financiero verde específico para derivados del hidrógeno, incluyendo bonos verdes vinculados a proyectos de hidrógeno (green hydrogen / ammonia bonds) y préstamos vinculados a sostenibilidad (sustainability-linked loans), que en conjunto canalizan miles de millones de dólares anuales hacia proyectos del sector;
3. la creciente integración del hidrógeno y el amoníaco verde como ejes de descarbonización en las Contribuciones Determinadas a Nivel Nacional (NDC) actualizadas de países latinoamericanos en el marco de la COP30 de Belém (noviembre de 2025), abriendo espacio para futuras metas cuantitativas de sustitución progresiva de amoníaco gris; y
4. la conformación progresiva de mecanismos de coordinación regional para la exportación de amoníaco verde, en línea con propuestas planteadas en foros académicos y por representantes gubernamentales de Chile, Argentina, Brasil y Uruguay, orientados a armonizar estándares, estabilizar precios y fortalecer la posición negociadora de la región frente a competidores como Australia, Arabia Saudita y Marruecos.

Solo mediante la combinación de liderazgo político sostenido, inversión extranjera responsable, innovación tecnológica continua y, sobre todo, la inclusión efectiva de las comunidades locales en los beneficios económicos y sociales de esta industria, América Latina podrá transformar su ventaja comparativa en renovables en una ventaja competitiva definitiva en la economía global del siglo XXI. El amoníaco verde no es ya una promesa: es la molécula que permitirá alimentar al mundo y descarbonizarlo al mismo tiempo, y Chile y Latinoamérica están en la primera fila para liderar esa revolución.

Referencias y estudios citados

1. Ammonia Technology Roadmap – Analysis. IEA <https://www.iea.org/reports/ammonia-technology-roadmap> (2021).
2. Global CO₂ emissions in 2019 – Analysis. IEA <https://www.iea.org/articles/global-co2-emissions-in-2019> (2020).
3. Ammonia: Zero-Carbon Fertiliser, Fuel and Energy Store: Policy Briefing. (Royal Society, London, 2020).
4. Envision. <https://www.envision-group.com/>.
5. nnovation Outlook Renewable Ammonia. <https://www.irena.org/publications/2022/May/Innovation-Outlook-Renewable-Ammonia> (2022).
6. El amoníaco verde: una solución para el almacenamiento y transporte | Centro de Energía UC. <https://energia.uc.cl/opinion/el-amoniaco-verde-una-solucion-para-el-almacenamiento-y-transporte>.
7. Optimal Sizing of a Wind-Powered Green Ammonia Plant for Maritime Fuel Supply—A Case in the Greater Bay Area. <https://www.mdpi.com/1996-1073/18/19/5157>.
8. New DNV report: Ammonia shows notable progress as maritime fuel, but barriers remain. <https://www.dnv.com/news/2025/new-report-ammonia-shows-notable-progress-as-maritime-fuel-but-barriers-remain/>.
9. Ammonia: the future fuel with sustainable potential. <https://www.nature.com/articles/d42473-024-00441-4>.
10. vhenze. Japan's Ammonia-Coal Co-Firing Strategy a Costly Approach to Decarbonization, Renewables Present More Economic Alternative. BloombergNEF <https://about.bnef.com/insights/clean-energy/japans-ammonia-coal-co-firing-strategy-a-costly-approach-to-decarbonization-renewables-present-more-economic-alternative/> (2022).
11. IDB | Inter American Development Bank. <https://www.iadb.org/en>.
12. Renovables, E. Latinoamérica tiene potencial para ser uno de los líderes mundiales en hidrógeno verde. Energías Renovables, el periodismo de las energías limpias. <https://www.energias-renovables.com/hidrogeno/latinoamerica-tiene-potencial-para-ser-uno-de-20230105> (2023).
13. Total Energies H2. <https://www.h2magallanes.cl/>.
14. dólares, L. empresa H. planea la construcción de una planta de amoniaco e hidrógeno verdes con una inversión de 11 mil millones de & Molina, el proyecto más grande ingresado nunca a la S. P. S. Ingresa a evaluación ambiental en Chile un proyecto de hidrógeno y amoniaco verde de 11 mil millones de dólares. pv magazine Latin America <https://www.pv-magazine-latam.com/2024/07/26/ingresa-a-evaluacion-ambiental-un-chile-un-proyecto-de-hidrogeno-y-amoniaco-verde-de-11-mil-millones-de-dolares/> (2024).
15. HyEx: ammonia from the Chilean desert. Ammonia Energy Association <https://ammoniaenergy.org/articles/hyex-ammonia-from-the-chilean-desert/> (2023).
16. Livingstone, G. 'Will it change the weather? Will wildlife cope?': Europe rushes to build energy megaprojects in Chile. The Guardian (2025).
17. país, E. para descarbonização da produção agrícola e ampliar a segurança alimentar no & Neves, Í. L. e L. B. da consultoria especializada mostra que a amônia verde tem custo de produção local entre U. 539 e U. 1 103 por tonelada L. Amônia verde já é competitiva em relação aos combustíveis fósseis no Brasil, diz estudo da CELA. pv magazine Brasil <https://www.pv-magazine-brasil.com/2024/08/30/amonia-verde-ja-e-competitiva-em-relacao-aos-combustiveis-fosseis-no-brasil-diz-estudo-da-cela/> (2024).

18. newenergyargentina. <https://newenergyargentina.com/>.
19. Fortescue. <https://www.fortescue.com/en>.
20. AET_286_Argentina-centro-produccion-amoniaco-verde_WEB.pdf.
21. Distrito y Monómeros sellan alianza para la producción de amoníaco verde. ELHERALDO.CO. <https://www.elheraldo.co/barranquilla/2022/05/02/distrito-y-monomeros-sellan-alianza-para-la-produccion-de-amoniaco-verde-905289/>.
22. Cuberos, L. América Latina avanza hacia el desarrollo de proyectos de hidrógeno verde. IPS Agencia de Noticias <https://ipsnoticias.net/2022/11/america-latina-avanza-hacia-el-desarrollo-de-proyectos-de-hidrogeno-verde/> (2022).
23. Empresa de producción de amoníaco verde aterriza en Paraguay – ::MIC::. <https://www.mic.gov.py/empresa-de-produccion-de-amoniaco-verde-ateriza-en-paraguay/>.
24. IP prepara ‘grandes’ proyectos de hidrógeno y amoníaco verde para el sureste de México. <https://forbes.com.mx/ip-prepara-grandes-proyectos-de-hidrogeno-y-amoniaco-verde-para-el-sureste-de-mexico/>.
25. Meschede, E. Análisis de competitividad para la producción de amoníaco verde en México.
26. Redacción. Amoníaco verde en América Latina: ¿oportunidad desaprovechada? - Petróleo y Energía. Petróleo y Energía - Es una propuesta editorial informativa de vanguardia entre todos los sectores que confluyen en el mercado nacional e internacional. <https://petroleoenergia.com/industrias/amoniaco-verde-en-america-latina-oportunidad-desaprovechada/> (2025).
27. Desarrollo industrial y tecnológico en la cadena de valor. Argentina.gob.ar <https://www.argentina.gob.ar/asuntos-estrategicos/estrategia-nacional-para-el-desarrollo-de-la-economia-del-hidrogeno/ desarrollo> (2023).
28. <https://magnet.cl>. Conozca todas las medidas que tendrá el Plan de Acción de Hidrógeno Verde - Gob.cl. Gobierno de Chile <https://www.gob.cl/noticias/conozca-todas-las-medidas-que-tendra-el-plan-de-accion-de-hidrogeno-verde/>.
29. Total Energies H2. <https://www.h2magallanes.cl/en/>.
30. HNH Energy’s green ammonia project enters the environmental process in Chile – H2LAC. <https://h2lac.org/en/news/hnh-energys-green-ammonia-project-enters-the-environmental-process-in-chile/>.
31. Ministro Jobet tras mega acuerdo para producir hidrógeno y amoníaco verde en Magallanes: “A través del hidrógeno verde comenzaremos a limpiar nuestra agricultura y el transporte marítimo” | Ministerio de Energía. <https://energia.gob.cl/noticias/nacional/ministro-jobet-tras-mega-acuerdo-para-producir-hidrogeno-y-amoniaco-verde-en-magallanes-traves-del-hidrogeno-verde-comenzaremos-limpiar-nuestra-agricultura-y-el-transporte-maritimo>.
32. Bioenergía, P. por A. R. | | & Hidrógeno. Producción de amoníaco verde en el desierto de Atacama | esenergia. <https://esenergia.es/produccion-de-amoniaco-verde/>.
33. AES Chile presenta su apuesta por el hidrógeno y amoníaco verde en Hyvolution 2025 - CPI. <https://www.infraestructurapublica.cl/aes-chile-presenta-su-apuesta-por-el-hidrogeno-y-amoniaco-verde-en-hyvolution-2025/>.
34. Se aprueba estrategia nacional de hidrógeno verde - DOE | Actualidad Jurídica. <https://actualidadjuridica.doe.cl/se-aprueba-estrategia-nacional-de-hidrogeno-verde/>.
35. Chile adjudica usd\$50 millones para proyectos de hidrógeno verde | Ministerio de Energía. <https://energia.gob.cl/noticias/nacional/chile-adjudica-usd50-millones-para-proyectos-de-hidrogeno-verde>.

36. Explorador de Hidrógeno Verde de Fraunhofer Chile muestra sus primeros resultados - Reporte Minero | El portal de minería en Chile. <https://www.reporteminero.cl/noticia/noticias/2023/02/explorador-hidrogeno-verde-fraunhofer-chile-muestra-primeros-resultados>.
37. electricidad, A. del costo de la, carga, el precio del hidrógeno depende en gran medida del costo de inversión inicial del electrolizador C. menor sea el número de horas a plena & LICHNER, mayor será el impacto E. analista B. varias vías posibles para el desarrollo del mercado C. Precios de los electrolizadores: qué esperar. pv magazine Latin America <https://www.pv-magazine-latam.com/2024/03/21/precios-de-los-electrolizadores-que-esperar/> (2024).
38. “Todo este proyecto en su conjunto representa una de las mayores inversiones que se han realizado en Chile” - Portal Minero. <https://www.portalminero.com/wp/todo-este-proyecto-en-su-conjunto-representa-una-de-las-mayores-inversiones-que-se-han-realizado-en-chile/>.
39. Rechazo a ingreso a evaluación ambiental del proyecto integral para producción y exportación de amoníaco verde HNH Energy en Magallanes – Fundación Terram. <https://www.terram.cl/rechazo-a-ingreso-a-evaluacion-ambiental-del-proyecto-integral-para-produccion-y-exportacion-de-amoniaco-verde-hnh-energy-en-magallanes/>.
40. Cómo construir una zona de sacrificio en tres pasos: un análisis del proyecto de HNH Energy en San Gregorio. ANRed <https://www.anred.org/como-construir-una-zona-de-sacrificio-en-tres-pasos-un-analisis-del-proyecto-de-hnh-energy-en-san-gregorio/>.
41. GOBIERNO ACOGE PETICIÓN DEL DIPUTADO BIANCHI PARA QUE EL PROYECTO DE HIDRÓGENO VERDE DEJE RECURSOS Y BENEFICIOS SOCIALES PARA LAS PERSONAS DE MAGALLANES. <https://www.radiopolar.com/gobierno-acoge-peticion-diputado-bianchi-proyecto-hidrogeno-verde-deje-recursos-beneficios-sociales-personas-magallanes>.
42. Explorando el futuro energético: avances en la investigación de amoníaco verde en Chile. Pontificia Universidad Católica de Chile <http://www.uc.cl/noticias/explorando-el-futuro-energetico-avances-en-la-investigacion-de-amoniaco-verde-en-chile/>.
43. Instituto Milenio Miga será pionero regional en el estudio del amoníaco verde como vector energético. Portal Minero <https://www.portalminero.com/wp/instituto-milenio-miga-sera-pionero-regional-en-el-estudio-del-amoniaco-verde-como-vector-energetico/>.
44. Si en este Gobierno no se concretan los primeros proyectos de hidrógeno verde, Chile tendrá un desfase: Asunción Borrás (H₂ Chile). <https://www.review-energy.com/hidrogeno/si-en-este-gobierno-no-se-concretan-los-primeros-proyectos-de-hidrogeno-verde-chile-tendra-un-desfase-asuncion-borras-h2-chile>.
45. Megaproyecto de amoníaco verde en Magallanes por US\$11.000 supera su primera valla y es admitido a trámite ambiental - La Tercera. <https://www.latercera.com/pulso/noticia/megaproyecto-de-amoniaco-verde-en-magallanes-por-us11000-supera-su-primera-valla-y-es-admitido-a-tramite-ambiental/EMQBEZAOPZBYNPY6JMDJRC6QSI/>.
46. Chile adjudica usd\$50 millones para proyectos de hidrógeno verde | Ministerio de Energía. <https://energia.gob.cl/noticias/nacional/chile-adjudica-usd50-millones-para-proyectos-de-hidrogeno-verde>.
47. Hydrogen Council Global Hydrogen Compass 2025. Hydrogen Council Global Hydrogen Compass 2025 <https://compass.hydrogencouncil.com/>.
48. Green ammonia at oil and gas scale: the 15 GW Asian Renewable Energy Hub. Ammonia Energy Association <https://ammoniaenergy.org/articles/green-ammonia-at-oil-and-gas-scale-the-15-gw-asian-renewable-energy-hub/> (2020).
49. Growing Australia's hydrogen industry - DCCEEW. <https://www.dcceew.gov.au/energy/hydrogen>.

50. NEOM Green Hydrogen Complex | Air Products. <https://www.airproducts.com/energy-transition/neom-green-hydrogen-complex>.
51. World's Largest Green Hydrogen Plant Reaches 80% Construction Completion Across All Sites - NGHC. <https://nghc.com/news/worlds-largest-green-hydrogen-plant-reaches-80-construction-completion-across-all-sites/>.
52. Yara ready to enable the hydrogen economy with historic full-scale green ammonia project | Yara International. Yara None <https://www.yara.com/corporate-releases/yara-ready-to-enable-the-hydrogen-economy-with-historic-full-scale-green-ammonia-project/> (2025).
53. A trio of green ammonia updates from Norway. Ammonia Energy Association <https://ammoniaenergy.org/articles/a-trio-of-green-ammonia-updates-from-norway/> (2021).
54. Envision. <https://www.envision-group.com/>.
55. Envision Energy Obtained Bureau Veritas Certification for Chifeng Green Ammonia Plant. <https://www.prnewswire.com/news-releases/envision-energy-obtained-bureau-veritas-certification-for-chifeng-green-ammonia-plant-302463100.html>.
56. Envision: 300,000 tons of renewable ammonia capacity online this September. Ammonia Energy Association <https://ammoniaenergy.org/articles/envision-300000-tons-of-renewable-ammonia-capacity-online-this-september/> (2025).
57. gasworld. Air Products sees potential path forward for Louisiana hydrogen project. gasworld <https://www.gasworld.com/story/air-products-sees-potential-path-forward-for-paused-louisiana-blue-hydrogen-project/2168127.article/> (2025).
58. Green Ammonia Market Size, Growth, Share Report & Competitive Landscape 2031. Mordor Intelligence <https://www.mordorintelligence.com/industry-reports/green-ammonia-market> (2026).
59. Ammonia Technology Roadmap – Analysis - IEA. <https://www.iea.org/reports/ammonia-technology-roadmap>.

SOBRE LOS AUTORES

• **Dr. Eduardo Schott, Facultad de Química y Farmacia, Profesor Asociado, Miembro Centro de Energía (CEUC), Solar Energy Research Center (SERC), Pontificia Universidad Católica de Chile.**

• **Dr. Néstor Escalona, Director de Postgrado, Escuela de Ingeniería e Investigador miembro Centro de Energía UC, Pontificia Universidad Católica de Chile.**

