

TRABAJO DE INVESTIGACIÓN FINAL

Impacto y viabilidad económica de la utilización del amoníaco verde para la producción de fertilizantes nitrogenados en Provincia de Buenos Aires

Autor/es:

Alvarez, María Guadalupe - LU: 1135947

Ferrero, María Antonella - LU: 1150453

Marzovilla, Maite Camila - LU: 1160371

Carrera:

Licenciatura en Administración de Empresas

Tutor/es:

Jablonka, Patricia Edith

Año:

2025

Índice

DECLARACIÓN DE ORIGINALIDAD	4
AGRADECIMIENTOS	5
RESUMEN	6
ABSTRACT	8
Introducción	11
Justificación	14
Preguntas de investigación	17
Objetivos	18
Alcance	19
ESTADO DEL ARTE / MARCO TEÓRICO	20
CAPÍTULO 1: VIABILIDAD ECONÓMICA DE LA PRODUCCIÓN DE AMONÍACO VERDE PARA FERTILIZANTES	20
1.1. Amoníaco verde y sus derivados	20
1.1.1 Esquema de producción de amoníaco verde	20
1.1.2 Uso de amoníaco verde para la producción de fertilizantes nitrogenados	22
1.1.3 Infraestructura necesaria para producir amoníaco verde y derivados del mismo	23
1.2 Costos de producción	24
1.2.1 Costos de hidrógeno verde como insumo (USD/kg)	24
1.2.2 Costos por kilogramo de amoníaco verde producido	26
1.2.3 Comparación de costos de producción de fertilizantes contaminantes y verdes	28
1.3 Rentabilidad esperada	29
1.3.1 Inversión estimada para la construcción de una planta de amoníaco verde	29
1.3.2 Índices de precios de venta de fuentes de energía convencionales y renovables	32
1.3.2.1 Hidrógeno gris:	32
1.3.2.2 Hidrógeno verde:	33
1.3.2.3 Amoníaco:	34
1.3.2.4 Amoníaco verde:	35
1.3.2.5 Urea:	36
1.3.2.6 Nitrato de urea y amonio (UAN):	37
1.3.3 Desarrollo económico de casos éxito	38
1.3.4 Situación actual comercial de amoníaco en Argentina	40

1.3.5 Análisis de transición futuro para Argentina	42
CAPÍTULO 2: POTENCIAL DE DESARROLLO INDUSTRIAL VERDE EN LA REGIÓN DE BAHÍA BLANCA	44
2.1 Contexto actual e histórico	44
2.1.1 Análisis regional de la provincia de Buenos Aires	44
2.1.2 Contexto actual de la ciudad de Bahía Blanca	46
2.2 Transición de hidrógeno gris a verde	49
2.2.1 Contexto	49
2.2.1.1 Hidrógeno gris	51
2.2.1.2 Hidrógeno verde	51
2.2.2 Transición energética	53
2.2.2.1 Niveles de emisión de dióxido de carbono producción de amoníaco convencional y verde	54
2.3 Oportunidades	56
2.3.1 Oportunidades del amoníaco verde	56
2.3.2 Normativa Argentina	57
2.3.3. Normativa internacional	60
2.3.4 Interés de países extranjeros en los productos renovables argentinos	62
2.4 Desafíos	64
2.4.1 Modernización del puerto de Bahía Blanca	64
2.4.2 Espacio físico necesario	65
2.4.3 Aceptación social y justicia ambiental	65
2.4.4. Limitaciones regulatorias	66
CAPÍTULO 3: COMPETITIVIDAD DEL SECTOR AGROINDUSTRIAL ARGENTINO	68
3.1 Eficiencia y rendimiento de fertilizantes limpios	68
3.1.1 Desarrollo del sector agroindustrial	68
3.2 Comercio internacional de fertilizantes	70
3.2.1 Exportaciones de amoníaco en el año 2023 en Sudamérica	70
3.2.1.1 Brasil	72
3.2.1.2 Argentina	72
3.2.2 Exportaciones a Nivel mundial	73
3.2.3 Importaciones de amoníaco en el año 2023 ¹⁰	73
3.3. Iniciativas actuales para competir en el futuro	75

3.3.1. Hychico.....	75
3.3.2. Fortescue	77
3.3.3. Proyecto Gaucho	78
3.3.4. Consorcio H2Ar	79
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	81
CAPÍTULO 4: ANÁLISIS DE RESULTADOS	87
4.1 Análisis de datos reunidos a través de entrevistas a expertos	87
4.2 Análisis de datos recogidos mediante cuestionarios a profesionales	95
4.2.1 Análisis semántico de Osgood	99
4.3 Análisis de casos de éxito y de fracaso	110
4.3.1. Caso de éxito: Iberdrola	110
4.3.2. Caso de fracaso: Proyecto GRAMLI.....	113
TRIANGULACIÓN METODOLÓGICA	116
CONCLUSIÓN.....	120
ANEXOS.....	134
ANEXO 1: Preguntas de investigación a expertos	134
Entrevista 1: Bárbara Chantieri.....	134
Entrevista 2: Pedro Orbaiz.....	142
Entrevista 3: Felipe Gallardo y Florencia Paula Fagiano	147
ANEXO 2: Preguntas de investigación a profesionales	155
Cuestionario 1 - Emilio Martin.....	155
Cuestionario 2 - Santiago Rodríguez Bauza	160
Cuestionario 3 - Regina Ranieri.....	164
Cuestionario 4 - Tomás Berney.....	167
Cuestionario 5 - Gustavo Herrá	171
Cuestionario 6 - Mariano Hernán Cassina	175
ANEXO 3: CASOS DE ÉXITO Y FRACASO	180
Caso de éxito - Iberdrola:.....	180
Caso de fracaso - Proyecto GRAMLI.....	184

DECLARACIÓN DE ORIGINALIDAD

Documento firmado por las autoras donde declaran que el trabajo es original y no ha sido presentado en otra instancia académica, contemplando la normativa de honestidad académica exigida por la Universidad Argentina de la Empresa (UADE).

Ciudad de Buenos Aires, 19 de noviembre de 2025.

Alvarez, María Guadalupe

Ferrero, María Antonella

Marzovilla, Maite Camila

AGRADECIMIENTOS

Queremos expresar nuestro más sincero agradecimiento a nuestra estimada tutora Patricia Jablonka por su constructiva y valiosa orientación a lo largo de este trabajo de investigación. Su acompañamiento constante, recomendaciones y apoyo académico fueron esenciales para concretar el presente proyecto.

Además, nuestros profundos agradecimientos a nuestras familias y amigos, por acompañarnos en este camino y estar presentes en los momentos más difíciles.

Agradecemos a todos y cada uno de los expertos y profesionales por su predisposición y colaboración con nuestro trabajo, su aporte fue de suma importancia en la investigación.

Por último, agradecemos a nuestros compañeros de clase que atravesaron este cuatrimestre junto a nosotras, destacando la importancia del trabajo en equipo y el apoyo en conjunto en todas las etapas.

RESUMEN

La presente investigación tiene como objetivo analizar el impacto y la viabilidad económica de utilizar amoníaco verde para producir fertilizantes nitrogenados en la provincia de Buenos Aires, frente a la necesidad de descarbonizar sectores clave como las industrias en el marco de la crisis climática mundial.

A partir de un enfoque mixto se exploraron las diferencias entre amoníaco e hidrógeno verde y gris en términos de costos, emisiones de carbono generadas y proceso de producción. Luego se analizó el potencial de desarrollar estas sustancias en Bahía Blanca puntualmente por sus características geográficas, climáticas, industriales y recursos disponibles; analizando las oportunidades y desafíos que posee. Por último, se desarrolló el potencial de competitividad del sector agroindustrial argentino frente al escenario planteado. Los hallazgos evidencian falta de regulaciones nacionales, una buena oportunidad de mercado, pero con ausencia de clientes u offtakers definidos, dificultad de los productos verdes para competir con los grises por ser más costosos, y proyectos en etapa de exploración que prometen un desarrollo futuro en el país.

Como trabajo de campo se realizaron entrevistas a expertos, cuestionarios a profesionales en el área y el estudio de un caso de éxito y un caso de fracaso.

La investigación concluye que la producción de amoníaco verde en Bahía Blanca es económicamente viable, pero solo en el mediano y largo plazo, debido a la necesidad de grandes inversiones, modernización del puerto y adecuación de infraestructura para exportar grandes volúmenes. El desarrollo dependerá de consorcios y financiamiento compartido para reducir riesgos, mientras que la región presenta un alto potencial productivo y comercial, aunque enfrenta

desafíos regulatorios, sociales y logísticos que requieren tiempo y cooperación público-privada para concretarse.

Palabras clave: amoníaco verde - hidrógeno verde - fertilizantes nitrogenados - transición energética – descarbonización

ABSTRACT

The aim of this research is to analyse the impact and economic feasibility of using green ammonia to produce nitrogen fertilizers in the province of Buenos Aires, in light of the need to decarbonize key sectors such as industry amid the global climate crisis.

Using a mixed-methods approach, the study explored the differences between green and grey ammonia and hydrogen in terms of costs, carbon emissions generated, and production processes. It then analysed the potential for developing these substances specifically in Bahía Blanca, based on its geographic, climatic, industrial characteristics and available resources—assessing both opportunities and challenges. Finally, the competitiveness potential of Argentina’s agro-industrial sector was examined in the context of this scenario. The findings reveal a lack of national regulations, a promising market opportunity, but an absence of defined clients or offtakers, difficulty for green products to compete with grey ones due to higher costs, and exploratory-stage projects that suggest future development in the country.

Fieldwork included expert interviews, questionnaires to professionals in the field, and the study of one success case and one failure case.

The research concludes that green ammonia production in Bahía Blanca is economically viable, but only in the medium and long term, due to the need for large investments, port modernization, and infrastructure adaptation to export large volumes. Development will depend on consortia and shared financing to reduce risks, while the region presents high productive and commercial potential, although it faces regulatory, social, and logistical challenges that require time and public-private cooperation to be accomplished.

Keywords: green ammonia – green hydrogen – nitrogen fertilizers – energy transition – decarbonization

Línea de investigación

Sustentabilidad aplicada a los negocios.

Tema

Impacto y viabilidad económica de la utilización del amoníaco verde para la producción de fertilizantes nitrogenados en Provincia de Buenos Aires.

Problemática

La crisis climática internacional despierta la necesidad de descarbonizar sectores claves como las industrias. Una de las más contaminantes es la industria energética, que basa su matriz principalmente en el uso de combustibles fósiles o hidrógeno gris. Este último es el mayor responsable de las emisiones de Gas de Efecto Invernadero (GEI), ante lo cual surge como alternativa descarbonizante el hidrógeno verde. Sin embargo, el alto costo de desarrollo de hidrógeno verde, junto a otras dificultades, limita el avance hacia una economía sustentable y lo vuelve poco atractivo para competir con vectores energéticos tradicionales. Esta situación impacta en la industria química, afectando directamente al sector agroindustrial, especialmente al uso de amoníaco verde para producir fertilizantes nitrogenados, uno de los principales derivados del hidrógeno. Adicionalmente, compromete el desarrollo económico de zonas estratégicas en Argentina, como Bahía Blanca, que cuenta con infraestructura clave para la transición energética.

Hipótesis

El reemplazo de hidrógeno gris por hidrógeno verde en la producción de amoníaco verde mejora la competitividad internacional de los productos agrícolas argentinos, reduce la dependencia de insumos importados y contribuye al desarrollo económico en el sector agroindustrial.

Introducción

Una de las industrias más relevantes de Argentina es la química, no solo por su capacidad de abastecer múltiples industrias como la agroindustrial, la alimenticia y la petrolera, sino también por su contribución en la fabricación de productos químicos esenciales a nivel global, tales como fertilizantes, materias primas industriales y aditivos alimentarios.

Actualmente, la industria en cuestión utiliza diversas fuentes de energía entre las tradicionales y las renovables, las cuales aún están en fuerte expansión en nuestro país. En cuanto a las convencionales, incluyen al gas natural, el hidrógeno gris y el petróleo, las cuales continúan siendo predominantes, aunque producen altas emisiones de carbono. Las energías limpias incluyen el hidrógeno verde, la energía eólica, la solar o la hidroeléctrica, están en expansión y representan una oportunidad para avanzar hacia una matriz energética más sustentable.

Argentina posee un gran potencial para el desarrollo de energías limpias, especialmente en regiones como la Patagonia y la costa bonaerense. En este marco, se ha establecido una normativa nacional que exige a las entidades con alto consumo energético incorporar al menos un 20% de energías renovables a su matriz productiva, demostrando que es esencial realizar un cambio más sustentable que genere beneficios económicos a largo plazo y su compromiso creciente con la transición energética.

A pesar de los avances mencionados, la industria química argentina se presenta actualmente como el segundo sector productivo con mayor uso de hidrógeno gris en sus procesos. Esta situación va en contra de las tendencias globales que promueven lograr una transición energética hacia fuentes más limpias como lo es el hidrógeno verde. Este último, aunque aún enfrenta desafíos económicos y tecnológicos, como sus elevados costos de implementación y

desarrollo, se presenta una oportunidad estratégica para el país, tanto en términos comerciales como ambientales y también se define como una alternativa clave para la descarbonización industrial.

Dentro de la industria química, uno de los productos más significativos es el amoníaco, que es fundamental para la producción de fertilizantes, como portador de hidrógeno, y en el almacenamiento de energía.

Tradicionalmente, su producción se basa en combustibles fósiles, pero existe un creciente interés global en desarrollar amoníaco verde, producido a partir de hidrógeno verde y energías renovables. En caso de desarrollarse en nuestro país, este proceso permitiría reducir significativamente las emisiones de gases de efecto invernadero y posicionar a Argentina como un actor competitivo en el mercado internacional de productos químicos sostenibles.

El amoníaco producido por fuentes renovables, como el hidrógeno verde, no solo se destaca por su bajo impacto ambiental, sino también por su potencial como vector energético y como portador eficiente de hidrógeno, facilitando su almacenamiento y transporte en el marco de una economía de hidrógeno, siendo una alternativa sostenible para la industria química. En este contexto, su desarrollo representa una oportunidad para el país, que posee abundantes recursos renovables y capacidad tecnológica para liderar proyectos de producción sostenible.

A su vez, la aplicación del amoníaco en fertilizantes nitrogenados presenta una gran relevancia estratégica para el desarrollo agroindustrial argentino, dado que el país es uno de los principales exportadores de productos agrícolas y necesita de grandes cantidades de fertilizantes para su producción. La incorporación de insumos más sostenibles podría mejorar la competitividad

internacional de estos productos, alineándose con las exigencias ambientales de los mercados globales.

Frente a este panorama, el presente trabajo se enfocará en la investigación del impacto del amoníaco verde en la industria de fertilizantes nitrogenados; analizando sus implicancias económicas, ambientales y estratégicas para la República Argentina, y evaluando su contribución al desarrollo agroindustrial y a la competitividad internacional de los productos agrícolas argentinos. Particularmente se estudiará el caso del sector Petroquímico de Bahía Blanca, una zona clave por su infraestructura industrial, acceso a recursos energéticos y su potencial para liderar proyectos de producción sostenible. Esta región se presenta como un centro estratégico para la implementación de tecnologías limpias y para el desarrollo de una economía química más sostenible.

La transición hacia insumos más sostenibles no solo podría reducir la huella ambiental de la industria, sino también fortalecer la competitividad internacional de los productos argentinos. Asimismo, se plantea la posibilidad de generar nuevas oportunidades de inversión y desarrollo tecnológico en regiones clave como Bahía Blanca. Por ende, el amoníaco verde se presenta como una gran alternativa entre la descarbonización industrial y el crecimiento económico sustentable. A través del análisis de este caso, se buscará comprender cómo la innovación energética podría integrarse a la estrategia productiva nacional y qué condiciones serían necesarias para promover un modelo de desarrollo más eficiente y menos contaminante.

Justificación

En el contexto de la crisis climática internacional y la creciente presión por reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, las industrias se ven obligadas a transformar sus procesos productivos hacia modelos más sostenibles, buscando alternativas que generen beneficios económicos y ambientales. Esta transformación podría implicar una mejora ambiental para el territorio argentino y contribuir a mejorar la Responsabilidad Social Empresaria de las compañías involucradas.

En ese marco, el hidrógeno verde surge como una gran oportunidad para reemplazar el uso de combustibles fósiles debido a las características de su obtención y los recursos disponibles en las diferentes regiones de nuestro país. Su obtención mediante electrólisis alimentada por fuentes renovables, como la solar y la eólica, permite reducir significativamente las emisiones de carbono. Argentina, por sus condiciones geográficas y climáticas, posee un gran potencial para la producción de hidrógeno verde, especialmente en regiones como la Patagonia y la costa bonaerense, lo que lo convierte en un recurso clave para el desarrollo energético nacional.

Una de las múltiples aplicaciones que se le puede dar a este tipo de hidrógeno es mezclarlo con nitrógeno para producir amoníaco verde, una sustancia más fácil de almacenar y transportar que el hidrógeno puro y con diversos usos industriales. Actualmente, el amoníaco se produce en gran mayoría a partir de gas natural, lo que genera altas emisiones de carbono. La transición hacia amoníaco verde permitiría descarbonizar procesos industriales críticos, como la producción de fertilizantes, aditivos alimentarios y materias primas químicas.

Dentro de las aplicaciones del amoníaco verde, se ha decidido enfocar el trabajo de la investigación final en los fertilizantes nitrogenados debido a su rol estratégico en el desarrollo del

sector agroindustrial argentino. Nuestro país se presenta como uno de los principales exportadores de productos agrícolas; por ese motivo es que el uso del insumo mencionado podría mejorar la sostenibilidad de los recursos utilizados en este sector, que podrían fortalecer su competitividad internacional, alineándose con las exigencias ambientales de los mercados globales.

Asimismo, se ha seleccionado como zona de estudio el polo petroquímico de Bahía Blanca por ser uno de los principales centros industriales del país, por la adecuada infraestructura que posee, el acceso a recursos energéticos y la capacidad tecnológica óptimamente instalada. Esta región concentra organizaciones del sector químico y energético, lo que la convierte en un centro estratégico para la implementación de proyectos de producción de amoníaco verde y para evaluar su viabilidad técnica, económica y ambiental.

Desde el punto de vista técnico, Bahía Blanca presenta condiciones altamente favorables para el desarrollo de proyectos vinculados al amoníaco verde. La ciudad cuenta con un puerto de aguas profundas que facilita la logística de exportación, una red consolidada de distribución de gas natural, acceso cercano a parques eólicos en el sur bonaerense y una infraestructura industrial que incluye plantas químicas, refinerías y centros de investigación. Además, la presencia de empresas del sector energético y petroquímico permite generar iniciativas orientadas a la implementación de tecnologías limpias. Estas características convierten a Bahía Blanca en un polo estratégico para evaluar la viabilidad económica y técnica de la producción de amoníaco verde en Argentina.

El presente trabajo surge de la necesidad de evaluar la factibilidad de producir amoníaco verde en Argentina y su aplicación en la industria de fertilizantes nitrogenados, considerando los beneficios potenciales desde una perspectiva económica y ambiental. A través del análisis del caso de Bahía Blanca, se pretende comprender cómo la innovación energética podría integrarse a la

estrategia productiva nacional, y qué condiciones serían necesarias para promover un modelo de desarrollo eficiente. Además, se busca contribuir al cuerpo académico sobre transición energética en Argentina, abordando un área aún poco explorada como lo es la producción de amoníaco verde en la zona. La investigación propone un enfoque integral, que combina aspectos técnicos, económicos y ambientales, con el objetivo de generar conocimiento aplicable tanto en el sector productivo y empresarial como en el ámbito científico.

Para validar la hipótesis del presente trabajo, se estudiará la viabilidad de producir amoníaco verde en Argentina y usarlo para reemplazar aquel obtenido con fuentes fósiles, analizando sus efectos desde la mirada económica. Se buscará obtener resultados tanto a nivel microeconómico, a través del análisis de corporaciones específicas, como también evaluando su contribución al desarrollo nacional.

Preguntas de investigación

Pregunta general

¿Cuál es la viabilidad económica de producir amoníaco verde para fertilizantes nitrogenados en provincia de Buenos Aires?

Preguntas específicas

¿Cuál es el potencial de reducción de la huella de carbono de los fertilizantes nitrogenados argentinos mediante la adopción del amoníaco verde y el valor de exportación de los productos agrícolas nacionales?

¿Qué impacto tendría esta transición en el desarrollo del sector agroindustrial argentino y en el país a nivel nacional?

¿Cuáles son las oportunidades y desafíos clave que presenta la implementación a gran escala de la producción de hidrógeno y amoníaco verdes en la región de Provincia de Buenos Aires Bahía Blanca, considerando su infraestructura actual y potencial en energías renovables?

¿Qué resultados se pueden extraer de casos exitosos de producción e implementación de amoníaco verde en países limítrofes y a nivel global para el desarrollo de políticas públicas y estrategias de inversión en Argentina?

Objetivos

Objetivo general

Analizar la viabilidad económica de la producción de amoníaco verde a partir de hidrógeno verde en la región de Bahía Blanca, con el fin de proponer estrategias que impulsen la competitividad y sostenibilidad del sector agroindustrial argentino.

Objetivos específicos

Evaluar la viabilidad económica de la producción de amoníaco verde a partir de hidrógeno verde en la región de Bahía Blanca, considerando la disponibilidad de recursos renovables y la infraestructura existente.

Comparar el rendimiento, los costos y la huella de carbono del amoníaco verde frente al amoníaco convencional utilizado en fertilizantes nitrogenados.

Cuantificar el potencial de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero y el impacto en la competitividad de las exportaciones agrícolas argentinas derivado de la implementación del amoníaco verde en la industria de fertilizantes nitrogenados.

Identificar y analizar las oportunidades y los desafíos técnicos, económicos y regulatorios para la producción a gran escala de hidrógeno y amoníaco verdes en la región de Bahía Blanca.

Investigar casos exitosos de producción e implementación de amoníaco verde en otros países, para formular recomendaciones aplicables para Argentina en términos de inversión y desarrollo industrial.

Alcance

En base a las limitaciones de la presente investigación, se tuvo ciertas restricciones, sobre todo en valores numéricos durante la recolección de datos, como costos unitarios y precios de venta actualizados.

Analizamos proyectos tanto nacionales como internacionales, considerados como eje clave para estudiar la temática seleccionada, donde la principal barrera fue el impedimento de poder observarlos presencialmente debido a la distancia geográfica, no solo en Argentina, sino también a nivel global.

Un aspecto que no se tuvo en cuenta en la investigación realizada fue un profundo análisis sobre el impacto que los proyectos en evaluación podrían causar a nivel social y ambiental, en consecuencia, de enfocar el tema de investigación se hizo hincapié únicamente en el impacto económico, mencionado detalles claves sobre los otros dos parámetros sin hacer mucho énfasis en los mismos.

Dentro de la metodología de investigación elegida, se contemplaron exclusivamente a personas que tienen gran trayectoria en la industria energética renovable evitando datos de miembros de la industria petroquímica, por no ser éste el eje central de la investigación. En diversas respuestas obtenidas no se recibieron las esperadas, lo cual limitó el avance del proyecto de investigación.

ESTADO DEL ARTE / MARCO TEÓRICO

CAPÍTULO 1: VIABILIDAD ECONÓMICA DE LA PRODUCCIÓN DE AMONÍACO VERDE PARA FERTILIZANTES

1.1. Amoníaco verde y sus derivados

1.1.1 Esquema de producción de amoníaco verde

El amoníaco verde (NH_3) se considera como una alternativa sustentable frente al amoníaco convencional ya que surge a partir de fuentes de energía renovable, evitando la dependencia de combustibles fósiles, como lo es el gas natural y el hidrógeno gris, utilizados en el proceso Haber-Bosch convencional (MacFarlane, 2020).

Este compuesto es esencial para reducir las emisiones de carbono, avanzar sobre la descarbonización de la industria y contribuir con los objetivos climáticos a nivel global. Esto es, en vista de que el amoníaco genera alrededor del 1% de las emisiones de carbono en el mundo (Brown, 2016), y que se trata de un compuesto esencial para sostener a la población mundial ya que aproximadamente el 85% del amoníaco producido globalmente se utiliza como fertilizante en la agricultura (Boreum, 2022). Por lo tanto, destaca la oportunidad de transformarlo en un compuesto completamente verde.

Su producción sucede a partir de un proceso más limpio y eficiente, al utilizar dos elementos fundamentales:

En primer lugar, el hidrógeno verde (H_2), el cual se obtiene a través de la electrólisis del agua, un proceso que separa el hidrógeno del oxígeno al utilizar electricidad generada exclusivamente a partir de fuentes de energía renovables, como lo son la solar, eólica o

hidroeléctrica. El proceso en cuestión permite transformar el hidrógeno, considerado un recurso contaminante, por un vector energético limpio. En segundo lugar, se utiliza el nitrógeno (N_2), el cual se extrae del aire mediante técnicas de separación y purificación, asegurando su calidad para poder ser usado en el proceso Haber-Bosch (MacFarlane, 2020).

La producción de amoníaco verde radica en una versión no convencional del proceso Haber-Bosch, donde el hidrógeno verde y el nitrógeno purificado se combinan bajo condiciones de alta presión y temperatura. Esta reacción química da lugar a la formación de amoníaco (NH_3), sin generar emisiones de carbono asociadas al uso de combustibles fósiles (Boreum, 2022).

Este enfoque permite concluir en un ciclo de producción sustentable, donde el amoníaco verde puede ser utilizado como fertilizante nitrogenado o como materia prima en el sector agroindustrial, contribuyendo significativamente a la transición energética y a la construcción de una economía baja en carbono (MacFarlane, 2020).

En la siguiente ilustración, se demuestra el ciclo de producción y uso del amoníaco verde, desde la generación de energía renovable hasta la síntesis de amoníaco verde que se puede usar, como indica la imagen, como combustible de cero emisiones, entre otros usos:

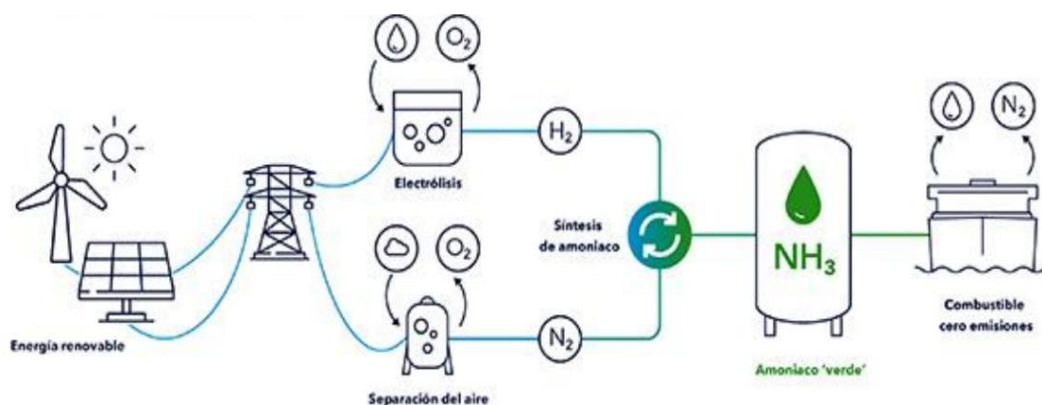


Figura 1. Cadena de valor del amoníaco verde, extraído de (Brinks, H., 2022).

1.1.2 Uso de amoníaco verde para la producción de fertilizantes nitrogenados

Una vez obtenido el amoníaco verde mediante fuentes renovables, este puede utilizarse para producir fertilizantes nitrogenados, siendo la urea uno de los más utilizados a nivel mundial (Bastarrica et al., 2023). El amoníaco verde, permite generar impacto positivo en el ambiente, contribuyendo a la sostenibilidad y transición energética.

En el presente trabajo de investigación se focalizará en la urea, ya que es considerada la principal fuente de fertilización nitrogenada en el mundo (Bastarrica et al., 2023), debido a las ventajas que posee en comparación con otros fertilizantes: mayor contenido de nitrógeno y bajo costo de transporte por unidad del insumo mencionado.

En la siguiente figura se presenta el proceso productivo de urea verde, donde, como se mencionó anteriormente, se combinan tecnologías limpias, como la electrólisis del agua y la separación del aire para obtener los insumos esenciales que son el hidrógeno y el nitrógeno. Ambos se mezclan para formar amoníaco, que luego reacciona con dióxido de carbono para producir urea, completando un ciclo sustentable de fertilización.

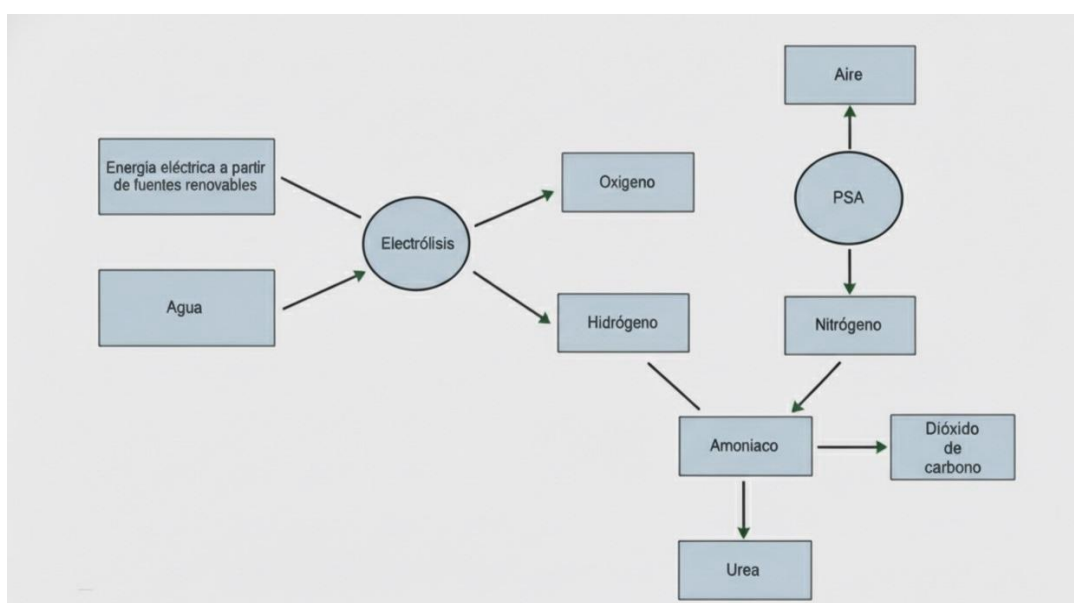


Figura 2: Proceso de elaboración de Urea verde. Elaboración propia adaptada de (Bastarrica et al., 2023)

1.1.3 Infraestructura necesaria para producir amoníaco verde y derivados del mismo

La producción de amoníaco verde requiere de una infraestructura determinada que permite transformar insumos como lo son el agua, energía renovable e hidrógeno verde en amoníaco a través de procesos industriales.

A continuación, se especifican los principales elementos que forman parte de la infraestructura necesaria para la producción de amoníaco verde (Salas Jara, 2024):

- **Planta desalinizadora:** en zonas cercanas a costas o con acceso a agua, se necesita de una planta para obtener agua que pueda utilizarse para el proceso de electrólisis, el mismo permite transformar el agua eliminando sales y otros compuestos.
- **Electrolizadores.** Equipo que permite separar el agua en hidrógeno y oxígeno mediante electricidad obtenida de fuentes renovables. El hidrógeno adquirido es esencial para obtener amoníaco verde.
- **Sistema de suministro eléctrico renovable:** como se mencionó anteriormente, la electrólisis requiere de fuentes de energía renovable, por ende, se deberán construir parques eólicos o solares; incluyendo sistemas de conexión a la red.
- **Compresores de hidrógeno:** el hidrógeno se tiene que comprimir para poder almacenarlo o transportarlo. El compresor hp permite alcanzar el nivel de presión necesario para poder llevar a cabo el proceso productivo de amoníaco verde.

- Sistema de almacenamiento de hidrógeno: se utilizan tanques para almacenar el hidrógeno producido, considerando los estándares de seguridad y estabilidad térmica.
- Planta de síntesis de amoníaco (Haber – Bosch): permite que el hidrógeno y el nitrógeno frente a condiciones de alta presión y temperatura reaccionan para formar amoníaco.
- Sistema de refrigeración y condensación: el amoníaco producido debe ser condensado y enfriado para poder almacenarlo.
- Tanques de almacenamiento de amoníaco: el amoníaco obtenido se almacena en tanques diseñados para contener amoníaco a los niveles de presión y temperatura adecuados.
- Infraestructura logística y de transporte: para poder distribuir o exportar el amoníaco, se necesitan sistemas de cargas, tuberías y conexiones a terminales portuarias.

Cada uno de los elementos mencionados son fundamentales para la cadena de producción de amoníaco verde.

1.2 Costos de producción

1.2.1 Costos de hidrógeno verde como insumo (USD/kg)

El 12 de septiembre de 2023, la Secretaría de Asuntos Estratégicos de la Nación presentó su “Estrategia Nacional para el desarrollo de la Economía del Hidrógeno de bajas emisiones” (ENH, 2023), donde se indica que el costo de hidrógeno verde en Argentina es “totalmente dependiente de la zona y la tecnología utilizada”. Actualmente se estima que su costo se encuentra entre los 2,8 y 6,4 USD/kg (ENH, 2023), dependiendo de la región y la calidad de los recursos renovables. Las cifras reflejan el potencial como a su vez los desafíos que enfrenta el país para realizar una transición energética más limpia y competitiva.

Argentina cuenta con zonas de alto potencial renovable como la Patagonia, donde se estima que el costo podría descender a valores aproximados de a 1,7 USD/kg hacia el año 2030, e incluso alcanzar los 1,4 USD/kg para el año 2050. Estas proyecciones se basan en el aprovechamiento de los recursos naturales estratégicos y en el desarrollo de infraestructuras energéticas adecuadas, lo que podría lograr posicionar al país como un actor competitivo en el mercado internacional de vectores energéticos sostenibles (ENH, 2023).

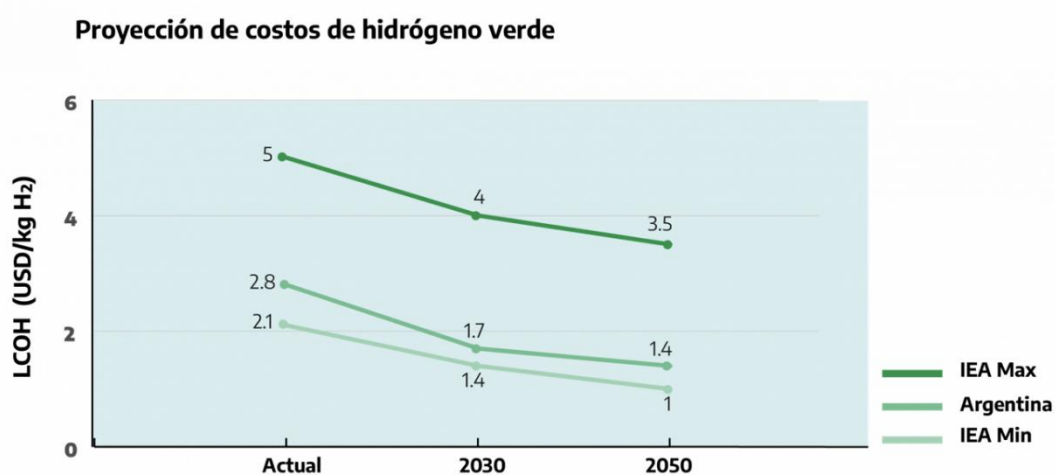


Figura 3: Gráfico de proyección de costos de hidrógeno verde (ENH, 2023)

Nota: LCOH significa costo nivelado del hidrógeno (*Levelized cost of hydrogen*), IEA significa Agencia Internacional de Energía. La proyección reflejada en esta figura fue realizada por la Secretaría de Asuntos Estratégicos de la Nación en su Proyecto de desarrollar una economía de hidrógeno de bajas emisiones (2023).

A continuación, en la siguiente tabla se comparará los costos del hidrógeno verde por país (USD/kg)

País	Costo estimado (USD/kg)
Argentina ¹	2,8- 6,4 (actual) 1,7 (2030) 1,4 (2050)
Chile ²	1,2 – 1,6 (proyección 2030)

Brasil ³	2,0 - 3,5 (actual)
Alemania ⁴	3,0 - 5,0 (actual)
Australia ⁵	2,0 - 4,0 (actual)

Tabla 1: Comparación de costos de Hidrógeno verde. Elaboración propia en base a datos extraídos de: ¹ (ENH, 2023); ² (Bernal, 2021); ³ (Bernal, 2021); ⁴ (Spohn, 2023); ⁵ (Spohn, 2023)

1.2.2 Costos por kilogramo de amoníaco verde producido

Los costos de producción de amoníaco verde se relacionan a dos factores previos, por un lado, el costo nivelado del hidrógeno (LCOH), ya que el amoníaco verde es producido a partir de hidrógeno verde, éste último se convierte en el insumo principal. Por otro lado, el costo nivelado de la electricidad, debido a que el hidrógeno verde se produce por electrólisis, un proceso que demanda una gran cantidad de electricidad que, en este caso, proviene de fuentes renovables que pueden ser solar o eólica.

El costo de producción del amoníaco verde varía según el país y las condiciones locales. Según el índice LCOA desarrollado por la consultora CELA (*Clean Energy Latin America*), en Brasil el costo de producción se encuentra entre USD/kg 0,539 y USD/kg 1,103, lo que lo posiciona como uno de los países más competitivos en la región sudamericana debido a su favorable marco regulatorio y la abundancia en recursos renovables que posee (CELA, 2023).

Sin embargo, Argentina tiene un costo promedio de USD/kg 0,9153 de amoníaco verde, posicionándolo como el costo más alto del Cono Sur. Este valor fue estimado por un estudio publicado en la revista AVERMA (Coutsiers et al., 2024). El análisis se realizó utilizando el software PtX Business Opportunity Analyzer, considerando factores como la tasa de riesgo país, la infraestructura energética disponible y el estado de desarrollo de proyectos de energía renovable en el país.

Ambos valores resultan esenciales para evaluar la viabilidad económica de producir amoníaco verde, ya que permiten comparar el contexto nacional con el de países limítrofes y proyectar escenario de inversión y competitividad.

La tabla a continuación demuestra la diferencia de costos de producción de los 3 tipos de amoníaco en el noroeste de Europa detallados en USD/kg.

Clasificación de amoníaco	Costo USD/kg
Gris (convencional)	0,40-0,55
Azul (con captura de CO ₂)	0,60-0,75
Verde (actual)	1,00-1,40

Tabla 2: Diferencia de costos de producción de tres tipos de amoníaco (USD/kg),
extraído de (Burgees, 2025)

Costos de capital (CAPEX): estos son los costos iniciales de construcción de la planta,

- Electrolizador: equipo tecnológico que produce el hidrógeno su costo es medido en USD/kW, es el segundo factor más importante de la electricidad.
- La planta de Síntesis (Loop Haber-Bosch): tecnología madura, con costo relevante.
- Unidad de separación de aire (ASU): necesaria para obtener el nitrógeno del aire
- Sistemas de almacenamiento: almacenamiento de hidrógeno o baterías.

Costos de operación (OPEX): costos continuos para operar la planta

- Electricidad renovable: factor dominante, la electricidad representa entre el 50% y el 70% del costo total del amoníaco verde.
- Mantenimiento: incluyendo el reemplazo periódicos de las celdas del electrolizador.
- Agua: costo del agua purificada o desalinizada para la electrólisis.

1.2.3 Comparación de costos de producción de fertilizantes contaminantes y verdes

En Argentina, la producción de fertilizantes nitrogenados se encuentra altamente concentrada en las grandes empresas, siendo la Urea el principal insumo utilizado, con una participación del 43% en el consumo nacional durante 2022 (CELA, 2023).

Los fertilizantes tradicionales se elaboran a partir de amoníaco gris que proviene del hidrógeno gris, derivado del gas natural lo que implica un elevado impacto ambiental por emisiones de gases de efecto invernadero (Boreum, 2022). Aunque su costo económico es menor, su impacto climático es significativo. En comparación, los fertilizantes verdes se obtienen a partir de amoníaco verde, producido con hidrógeno verde que es generado mediante electrólisis alimentada por fuentes renovables. Aunque su costo de producción es más elevado representa una alternativa estratégica para la transición energética hacia una agricultura más sostenible y competitiva en mercados internacionales (Bastarrica et al., 2023).

Argentina tiene condiciones favorables para producir fertilizantes verdes, aunque enfrenta desafíos de inversión y riesgo país.

Un informe escrito por el ex director de la Asociación de Fertilizantes de India demuestra que el costo de producción de fertilizantes convencionales, a partir de amoníaco gris, como lo es la urea se encuentra en aproximadamente 0,38-0,40 USD/Kg cálculo en base a que se necesitan 570kg de amoníaco para producir 1 tonelada de urea, se estima un sobre costo de USD 114 por tonelada de urea si se reemplaza en su totalidad con amoníaco verde se encontraría en los 0,524 USD/kg (Nand, 2024).

A continuación, se podrá observar una tabla comparativa de costos de producción de fertilizantes nitrogenados.

Tipo de fertilizantes	Materia prima principal	Costo estimado (USD/kg)	Impacto ambiental
Contaminante tradicional (urea)	Gas natural (hidrógeno gris)	0,38 – 0,40	Alta emisión de CO2
Verde (urea verde)	Hidrógeno verde CO2 capturado	0,524 (costo estimado)	Baja emisión de CO2

Tabla 3: Comparación entre fertilizantes tradicionales y verdes (Nand, 2024).

1.3 Rentabilidad esperada

1.3.1 Inversión estimada para la construcción de una planta de amoníaco verde

En cuanto a la inversión para el desarrollo de una planta de amoníaco verde a partir de hidrógeno verde, a continuación, se desglosan los principales componentes necesarios la maquinaria específica y los rangos de costo estimado generales informados por parte de la industria.

En primer lugar, una planta de amoníaco verde que produce aproximadamente 1.430 toneladas de amoníaco por día necesitará adquirir aproximadamente 9 componentes para la producción del mismo, que se presentará en el siguiente cuadro:

Componente	Función principal	Inversión estimada (en USD)
Planta fotovoltaica	Energía para una planta de electrólisis	1.260- 2.100 millones
Planta de electrólisis (2100 MW)	Producción de hidrógeno verde a partir de agua mediante electrólisis.	1500 - 2000 millones

Planta Haber - Bosch	Síntesis de amoníaco a partir de hidrógeno y nitrógeno	600 - 800 millones
Planta de separación de aire	Obtención de nitrógeno atmosférico para la síntesis de amoníaco	100-150 millones
Planta desalinizadora	Obtención de agua de mar para electrólisis	80 – 120 millones
Sistema de enfriamiento	Mantener condiciones operativas óptimas en procesos térmicos	50 – 70 millones
Tanques de almacenamiento de amoníaco	Almacenamiento del producto final a -33°C o presión	100 – 150 millones
Sistema de carga portuaria	Carga del amoníaco en barcos para exportación	50 – 100 millones
Bombas y ductos (12 km)	Transporte del amoníaco desde planta a puerto	30 – 50 millones
Antorcha de venteo de emergencia	Seguridad ante sobrepresión o fallas	30 – 50 millones

Tabla 4: Costos de los componentes principales de una planta de amoníaco (Salas Jara, 2024).

En conclusión, el primer escenario demuestra un rango mínimo de 3.800 millones de USD y un rango máximo de 5.590 millones de USD. Siendo un total de un costo entre los 3.800-5.590 millones de dólares.

A continuación, se detallarán los 7 componentes necesarios para instalar una planta fotovoltaica de 2100 MW necesaria para dar energía renovable a la planta de electrólisis.

Concepto	Valor estimado por MW	Costó total estimado (USD)
Costo por MW instalado	600.000 – 1.000.000 USD/MW	1.260 – 2.100 millones
Terreno requerido (aprox.)	6 – 8 acres por MW	12.600 – 16.800 acres (5.100 – 6.800 ha)
Paneles solares (monocristalinos)	35% del total	441 – 735 millones
Inversores y cableado	15% del total	189 – 315 millones
Obra civil y montaje	18% del total	189 – 315 millones
Conexión a red y subestaciones	10% del total	126 – 210 millones
Permisos, seguros y contingencias	7% del total	88 - 147 millones

Tabla 5: Costos de los componentes necesarios para instalar una planta fotovoltaica de 2100 MW (Salas Jara, 2024).

Finalmente, en el segundo escenario su costo se encuentra en un rango mínimo de 1260 millones de USD y un rango máximo de 2100 millones de USD. Siendo un total de un costo entre 1260-2.100 millones de dólares.

Debido a que la inversión es demasiado costosa para que una sola organización la privada enfrente, el sector agroindustrial está planificando realizar un consorcio con un número aproximadamente de 5 empresas con gran poder en la industria agroquímica para poder llevar a cabo este tipo de inversión y entre las corporaciones debido a la experiencia de cada una poder llevar a cabo la cadena de producción de amoníaco verde a través de toda la infraestructura que se

requiere para que funcione. Es una alternativa que encontraron diferentes corporaciones para evitar que este tipo de proyectos pueda ser viable y beneficiarse entre ellas trabajando colaborativamente y estableciendo convenios.

1.3.2 Índices de precios de venta de fuentes de energía convencionales y renovables

Para evaluar la viabilidad económica de producir amoníaco verde y fertilizantes derivados en Bahía Blanca es esencial conocer los precios de venta referenciales a nivel global que permitan proyectar ingresos y comparar con las alternativas convencionales existentes. Como se menciona anteriormente, en el presente trabajo de investigación se adopta como unidad de medida el dólar estadounidense por kilogramo de amoníaco (USD/kg) con el fin de mantener la misma unidad en todos los valores numéricos que se consideran pertinentes para analizar.

1.3.2.1 Hidrógeno gris:

La siguiente ilustración muestra la evolución del precio del hidrógeno gris desde marzo de 2018 hasta perspectivas futuras considerando diciembre de 2026; los precios analizados se expresan en dólares estadounidenses, convertidos al tipo de cambio vigente en el momento de su publicación.

El gráfico refleja la evolución del precio del hidrógeno gris en la Unión Europea, con un valor de 3,97 USD/kg aproximadamente.

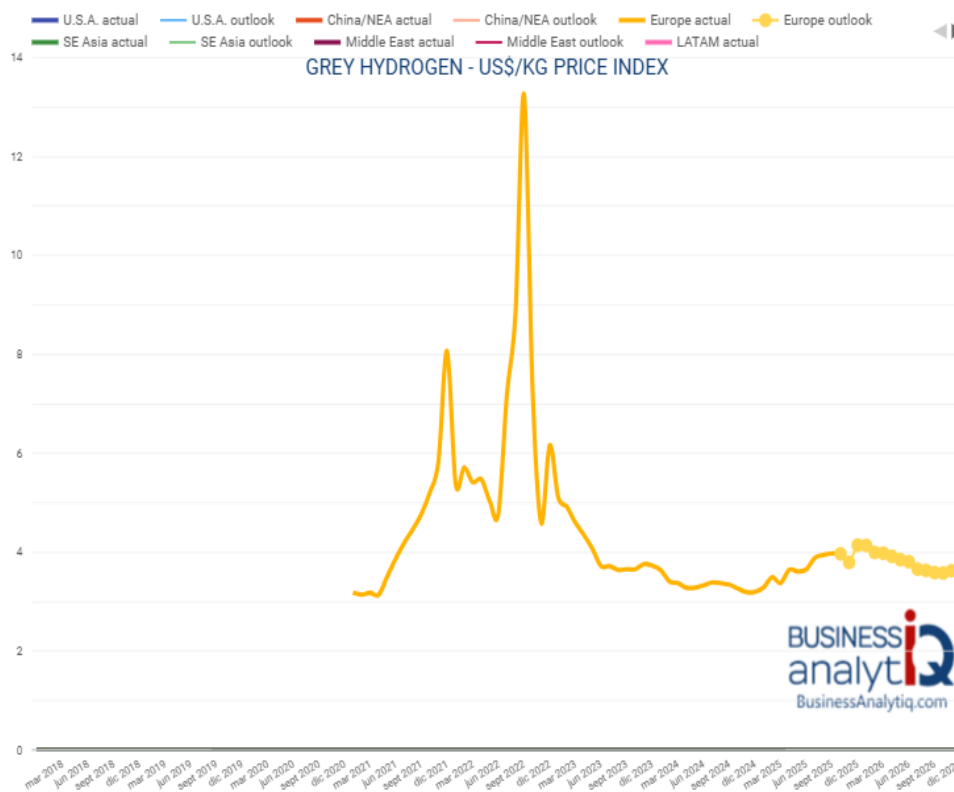


Figura 5: Evolución del precio de venta del hidrógeno gris¹

1.3.2.2 Hidrógeno verde:

Considerando el precio de hidrógeno verde, el mismo surge debido al costo de la electricidad renovable utilizado en el proceso mencionado anteriormente, la electrólisis. Según la variación del costo de la fuente de energía renovable, como la eólica y la solar, que se utiliza para su fabricación va a afectar directamente al precio del hidrógeno.

El siguiente gráfico demuestra el precio del hidrógeno verde en la región europea abarcando aproximadamente 7,49 USD/KG. Se pueden visualizar los precios históricos desde el mes de febrero de 2021 hasta perspectivas futuras para diciembre de 2026.

¹ Extraído de: <https://businessanalytiq.com/procurementanalytics/index/grey-hydrogen-price-index/>

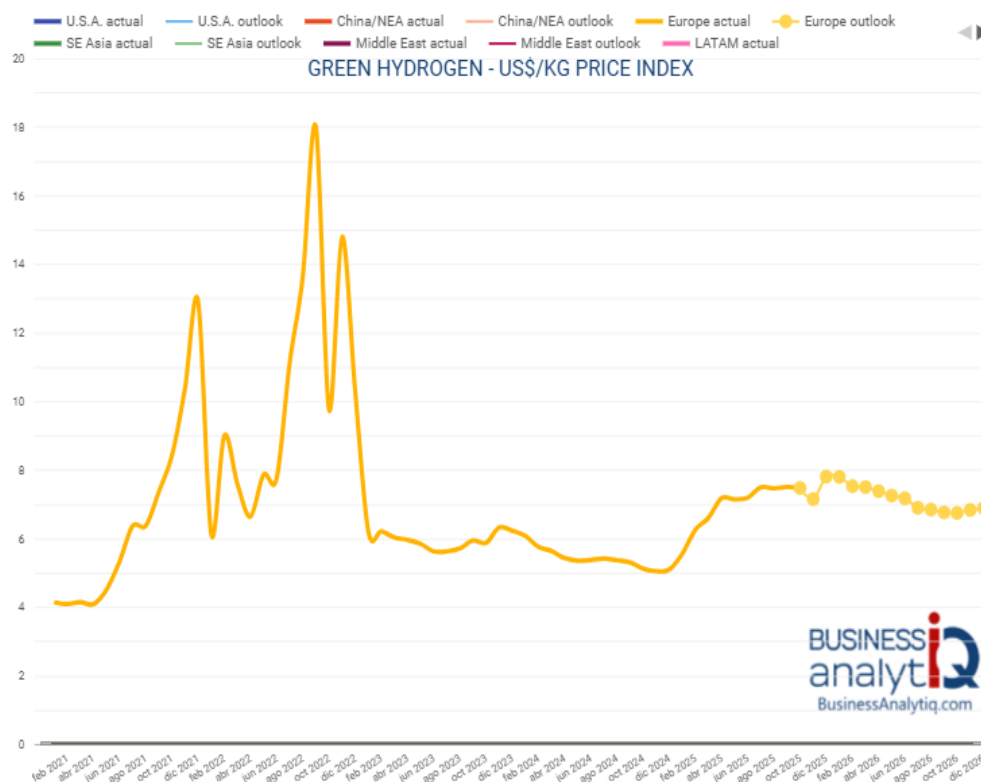


Figura 6: Evolución del precio de venta del hidrógeno verde²

1.3.2.3 Amoníaco:

El precio del amoníaco varía según la región la cual se analiza, el mismo está contemplado en dólares estadounidenses, establecidos según el tipo de cambio vigente en el momento del análisis.

Los valores se ubican entre los 0,27 USD/Kg con el precio más bajo para Asia nororiental hasta 0,57 USD/kg para Europa, representando el valor más alto a nivel mundial. A nivel regional de nuestro país, en Sudamérica el precio establecido según el gráfico ronda los 0,44 USD/kg.

² Extraído de: <https://businessanalytiq.com/procurementanalytics/index/green-hydrogen-price-index/>

El gráfico a continuación demuestra la evolución que tuvo el precio del amoníaco desde el año 2018 hasta diciembre de 2026 según diferentes regiones, analiza valores históricos y perspectivas futuras.

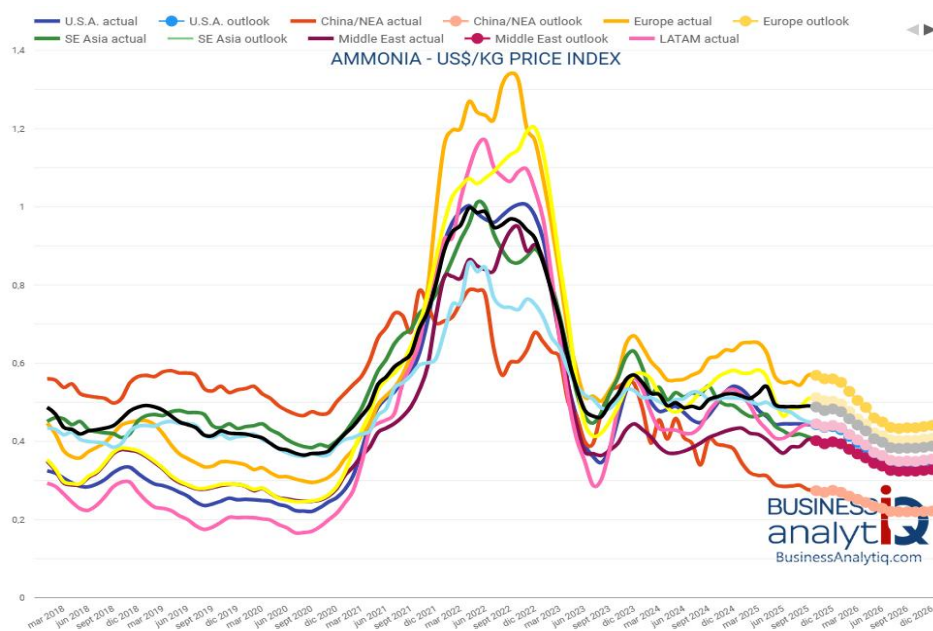


Figura 7: Evolución precio de venta del amoníaco³

1.3.2.4 Amoníaco verde:

El precio internacional competitivo registrado hasta el momento para el amoníaco verde surge a partir de la primera subasta nacional realizada en India en agosto de 2025, en el marco de la *National Green Hydrogen Mission*. En la licitación mencionada se establece un suministro de 75.000 t métricas de amoníaco verde a un precio de 641 USD/tn. (SECI, 2025).

Para convertir la tonelada en la unidad de medida utilizada en el trabajo de investigación, se aplica la siguiente fórmula:

³ Extraído de: <https://businessanalytiq.com/procurementanalytics/index/ammonia-price-index/>

$$\text{Precio en USD/kg} = \frac{\text{Precio en USD/t}}{1.000}$$

$$\text{Precio en USD/kg} = \frac{641}{1.000} = 0,641 \text{ USD/kg}$$

Fórmula 1: equivalencia de unidades de medida para obtener precio en dólares por kilo (donde 1 tonelada equivale a 1.000 kilogramos). Elaboración propia.

Como resultado de la fórmula utilizada, se obtiene un precio de venta referencial de amoníaco verde correspondiente a 0,641 USD/kg.

1.3.2.5 Urea:

La urea convencional cotizaba a 398 USD por tonelada el 31/10/2025 según datos publicados por *Trading Economics*⁴. Debido a que la urea verde surge a partir de energías renovables, se estima que su precio de venta internacional será más costoso, por sus altos costos de insumos. Para ello se considerará un sobreprecio del 20% respecto al fertilizante producido por energías contaminantes.

La fórmula para aplicar en este caso surge a partir de 2 pasos: en primer lugar, se aplica el sobreprecio al valor de la tonelada. Luego el resultado obtenido se convierte a kilogramos al dividirlo por 1000. La siguiente imagen demostrará la fórmula utilizada para las 2 situaciones mencionadas.

$$\text{Urea verde (USD/t)} = 398 * 1,20 = 477,6 \text{ USD/t}$$

Fórmula 2: sobreprecio sobre valor de la tonelada de urea. Elaboración propia.

⁴ Trading Economics, <https://tradingeconomics.com/commodity/urea>

$$\text{Precio en USD/kg} = \frac{477,6}{1.000} = 0,478 \text{ USD/kg}$$

Fórmula 3: equivalencia de dólares por tonelada a dólares por kilo (1 tonelada equivale a 1.000 kilogramos). Elaboración propia.

El resultado que surge al realizar los cálculos reflejados anteriormente demuestra un estimado del precio de venta proyectado de urea verde de 0,478 USD/kg.

1.3.2.6 Nitrato de urea y amonio (UAN):

El nitrato de urea y amonio (UAN) es un tipo de fertilizante líquido que contiene urea y nitrato de amonio. La urea se produce a partir de la reacción entre el amoníaco y el dióxido de carbono a alta presión y temperatura en el proceso anteriormente mencionado Haber-Bosch; por su parte, el nitrato de amonio surge a partir de la mezcla de amoniaco con ácido nítrico. Ambos compuestos tienen como base el amoníaco, producido a través de fuentes de energía contaminantes.

A continuación, se presenta el índice de precios de la urea como referencia para analizar la evolución de los fertilizantes nitrogenados convencionales y su relación con los costos de producción de derivados como el UAN. Se puede visualizar la variación de precios desde marzo de 2018 hasta escenarios futuros como lo es diciembre de 2026.

El análisis se realizó para dos continentes diferentes, por un lado, Norteamérica que posee un precio de 0,39 USD/kg de UAN y por otro lado Europa abarcando un 0,28 USD/Kg.

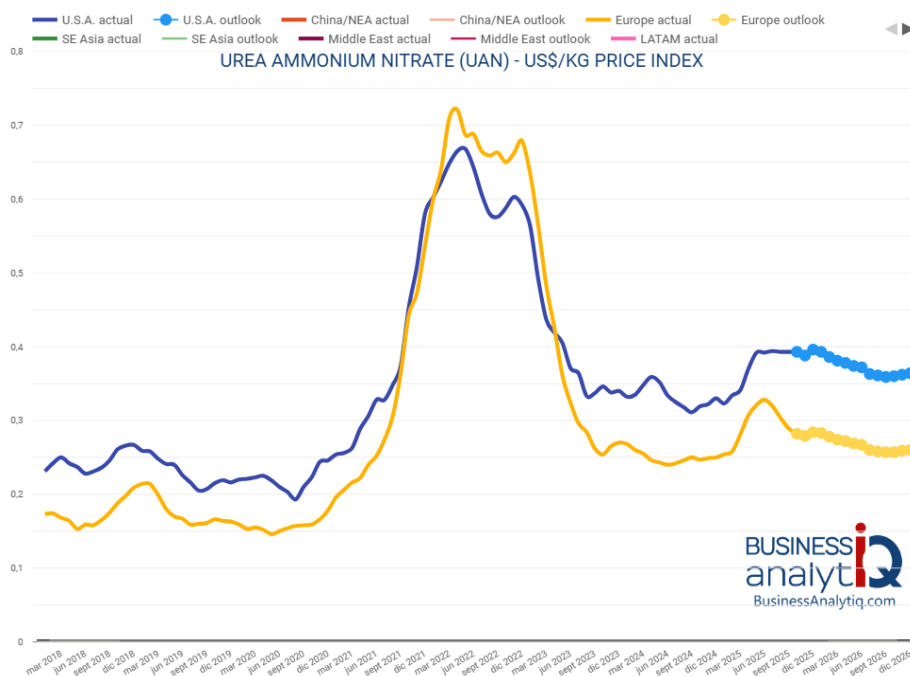


Figura 8: Índice de precios de nitrato de urea y amonio (UAN)⁵

Los precios detallados anteriormente son estimativos y pueden variar según la región, escala de producción y condiciones logísticas. Representan referencias basadas en fuentes internacionales y criterios técnicos.

1.3.3 Desarrollo económico de casos éxito

El caso de Arabia Saudita, a través del proyecto NEOM, constituye uno de los mejores ejemplos y más representativos del desarrollo económico asociado a la transición energética basada en el amoniaco verde. Este proyecto simboliza el cambio estructural que busca el país en la transición hacia una economía verde, menos dependiente del petróleo y con una clara proyección exportadora hacia mercados internacionales de energía limpia (NEOM, 2023).

⁵ Extraído de: <https://businessanalytiq.com/procurementanalytics/index/urea-ammonium-nitrate-uan-price-index/>

La inversión total de 8.400 millones de dólares, financiada por 23 bancos internacionales, el proyecto alcanzó su cierre financiero en mayo del 2023. Lo convirtió en el primer proyecto de hidrógeno y amoníaco verde a escala industrial que logra asegurar el financiamiento por completo, dando evidencia de su viabilidad económica y confianza de los mercados internacionales. Su capacidad instalada proyecta la producción de 1,2 millones de toneladas de amoníaco verde por año, utilizando 2,2 GW de electrolisis alimentados por 4 GW de energía solar y eólica. (NEOM, 2023)

Desde el desarrollo económico, NEOM genera efectos significativos sobre la economía de Arabia Saudita. Durante la fase de construcción, se estiman más de 10.000 empleados y entre 600 - 7000 empleos permanentes en el área operativa a su vez se suman todos los puestos de empleos indirectos, ingeniería, transporte y servicios portuarios asociados a la exportación de amoníaco verde (HC, 2022). Estas cifras demuestran un impacto positivo en el empleo y en la cadena productiva.

El amoníaco producido será destinado principalmente a la exportación hacia mercados de Asia y Europa, funcionando como vector de hidrógeno y permitiendo el transporte de energía limpia a largas distancias. Se proyecta que las exportaciones anuales alcancen entre 900 y 1.200 millones de dólares, dependiendo del precio internacional del amoníaco verde, estimado entre 750 y 1000 USD por 100kg (1 tonelada). De este modo, el proyecto podría aportar aproximadamente el 0,2% al PBI de Arabia Saudita; una vez que entre en la operación, fortalecerá la balanza de pagos y la posición internacional del país en el mercado emergente del hidrógeno (NEOM, 2023).

NEOM impulsa el crecimiento productivo de las empresas ya que en un 40-50% del contenido del proyecto proviene de empresas saudíes, lo que fomenta la transferencia tecnológica, la formación de mano de obra especializada y el desarrollo de nuevas industrias relacionadas a las

energías renovables fabricación de componentes y servicios logísticos. Como indican en su proyecto (2023), este proceso contribuye a consolidar una nueva matriz industrial y tecnológica, alineada con la estrategia nacional Saudí Vision 2030, que busca diversificar las fuentes de ingreso y reducir dependencia del petróleo.

Desde el análisis ambiental y económico global, el complejo reducirá la producción de CO₂, evitará 5 millones de toneladas por año, al sustituir la producción tradicional de amoníaco gris. Esta producción representa un valor económico adicional por los créditos de carbono y mejora la competitividad del producto saudí frente a los estándares europeos (NEOM, 2023).

En síntesis, el proyecto NEOM representa un caso exitoso de desarrollo económico sostenible basado en la producción y exportación de amoníaco verde. No solo impulsa la economía nacional a través de la inversión, el empleo y las exportaciones, sino que también posiciona a Arabia Saudita como un actor líder en el mercado global de hidrógeno verde, demostrando la factibilidad técnica, financiera y comercial de este tipo de proyectos. Su modelo de integración, su enfoque en la innovación y tecnología y su potencial para diversificar la economía lo convierte en un referente internacional de transmisión energética con impacto económico verde y tangible.

1.3.4 Situación actual comercial de amoníaco en Argentina

La situación comercial del amoníaco en Argentina en el periodo más reciente se caracteriza por una fuerte producción doméstica integrada a la industria de fertilizantes, dependencia limitada de importaciones de amoníaco y fertilizantes y exportación regional puntual. La planta de Profertil S.A., ubicada en Bahía Blanca, constituye el principal productor nacional, según reportes corporativos (Profertil, 2025), Profertil produce en la actualidad de 790.000 toneladas de amoníaco anuales y 1.320.000 toneladas de urea, lo que cubre una porción importante de la demanda doméstica de nitrogenados y reduce la necesidad de importaciones masivas de amoníaco anhidro.

Argentina está estrechamente ligada al sector agrícola y a la seguridad de insumos para fertilizantes nitrogenados. Un análisis del mercado de fertilizantes realizado por la Asociación Civil FERTILIZAR (Rotondaro, 2025) destaca que los fertilizantes nitrogenados como la urea y derivados representan un insumo crítico para la productividad agrícola Argentina. No obstante, los precios internacionales del amoníaco demuestran la vulnerabilidad del suministro global de fertilizantes y la importancia de contar con producción nacional competitiva.

Desde la perspectiva comercial y de mercado, Argentina es relativamente autosuficiente en amoníaco para abastecer la industria local de fertilizantes y existe una oportunidad e interés, principalmente por la empresa Profertil, que ha comunicado iniciativas, para producir hidrógeno verde y convertirlo en amoníaco con baja huella de carbono. Estas iniciativas posicionan a Argentina no sólo como consumidora y productora de amoníaco, sino también, como potencial actor en el desarrollo de amoníaco de bajo carbono con destino a mercados de exportación en fases futuras.

Finalmente, desde el enfoque de las políticas públicas, la evidencia nacional y las fuentes de mercado muestran que la transición hacia amoníaco con menor intensidad de carbono en Argentina dependerá de tres factores comerciales y regulatorios: acceso competitivo al hidrógeno verde, creación de incentivos, contenidos locales y logística exportadora, señales de precio y políticas de apoyo (Barrera et al., 2023).

Según los reportes corporativos de Profertil (memoria y reporte de sostenibilidad 2023-2024), la planta integrada de Bahía Blanca produce aproximadamente 790.000 t/a de amoníaco y 1.320.000 t/a de urea, cubriendo una parte significativa del consumo nacional de fertilizantes nitrogenados (PROFERTIL, 2024).

1.3.5 Análisis de transición futuro para Argentina

La transición hacia el amoniaco verde en Argentina representa una oportunidad estratégica tanto para el despegue del desarrollo económico teniendo efectos en el sector industrial y en el empleo. Tomando como referencia el caso de éxito del proyecto NEOM *Green hydrogen company* (Arabia Saudita) con una inversión de 8.4 millones, producción planificada de 1.2 millones de t/a de amoniaco verde y contratos de exportación internacional (NEOM, 2023), caso del cual hay lecciones claves para asumir y aplicar al contexto argentino.

En Argentina, la empresa Profertil, con una capacidad reportada de 790.000 t/a de amoniaco y 1.320.000 t/a de urea, constituye una base industrial estable para cimentar dicha transición. (PROFERTIL, 2024)

Dado este escenario, se identifican tres vectores estratégicos de transición: desarrollo económico y exportaciones, empleo y logística de exportación.

Desarrollo económico y exportación: Argentina puede aprovechar su base instalada en fertilizantes nitrogenados y la demanda agrícola interna para expandir su producción hacia amoniaco verde y posicionarse como exportador. Tenemos el claro ejemplo de Profertil, abre la posibilidad de generar nuevos flujos de ingresos por exportación y reducir la dependencia de insumos y mejorar la posición comercial.

La posibilidad de que Argentina lleve a cabo un proyecto de esta magnitud, que contiene la producción de energía renovable, electrólisis y síntesis de amoniaco verde, puede generar empleo directo en construcción y operación. A su vez generaría empleos en servicios, logística, ingeniería y mantenimiento. En Arabia Saudita, la creación de 10.000 empleos en construcción y cientos en operación fue parte del impacto relatado.

En el contexto argentino, al centrarse en Bahía Blanca, se puede lograr una fase de transición mediante inversiones relativamente moderadas comparadas a una instalación de cero.

Para que la transición sea exitosa, Argentina debe asegurar un entorno que favorezca la competitividad, acceso a electricidad renovable a bajo costo, incentivos para producción de hidrogeno verde y logística portuaria. Exportar amoniaco verde dependerá de la mejora de infraestructura logística, acuerdos de comercio internacional y relevancia en mercados que demanden productos de baja contaminación. El mercado de fertilizantes señala la participación en mercados globales de insumos nitrogenados, demandará la necesidad de marcos normativos acordes.

Dentro de los retos clave se encuentran la reducción de costos en la producción mediante electrólisis de energías renovables para producir hidrógeno verde, la competencia global en amoniaco verde, la escala e inversión requerida para alcanzar producción comercial significativa y el asegurar demanda internacional estable mediante contratos de largo plazo. Deberá diseñar políticas que mitiguen el riesgo de inversión y promuevan la competitividad internacional.

CAPÍTULO 2: POTENCIAL DE DESARROLLO INDUSTRIAL VERDE EN LA REGIÓN DE BAHÍA BLANCA

2.1 Contexto actual e histórico

2.1.1 Análisis regional de la provincia de Buenos Aires

La provincia de Buenos Aires contiene gran superficie territorial la cual el plan Buenos Aires hábitat realizó un análisis sobre la funcionalidad de la región. Hp el estudio identifica las zonas productivas, logísticas y ambientales diferenciándose según la capacidad para llevar a cabo proyectos industriales.

A continuación, se visualiza el mapa territorial de la Provincia de Buenos Aires y un breve análisis de su división de regiones.

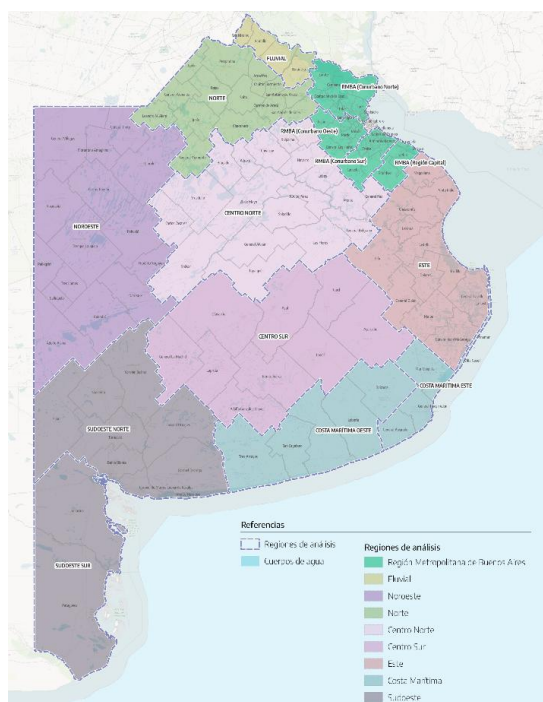


Figura 9: Regionalización provincia de Buenos Aires, extraída del Plan Bs. As. Hábitat⁶)

- Región metropolitana de Buenos Aires: posee poca disponibilidad de territorio para desarrollar procesos industriales de gran volumen. Aunque posee nodos logísticos relevantes, no posee las condiciones necesarias para instalar plantas de hidrógeno o amoníaco verde ya que las mismas requieren acceso a energías renovables, espacio físico medido en hectáreas y cercanía a puertos.
- Región fluvial: posee actividad portuaria y agroindustrial. A pesar de que posee infraestructura logística y fertilizantes convencionales, tiene acceso limitado a energías renovables.
- Noroeste, centro norte, centro y centro sur: suelen conocerse por su actividad agropecuaria, aunque poseen escasa infraestructura industrial. No poseen nodos portuarios ni tampoco infraestructura requerida para la producción de amoníaco verde.
- Región este: zona costera pero no puedo aprovechar la misma debido a que posee restricciones ambientales y urbanas que limitan el desarrollo de industrias energéticas.
- Región marítima: posee gran potencial eólico debido a sus localidades costeras, sin embargo, posee baja infraestructura portuaria profunda y tampoco tiene uno de logístico ni productivo establecido.
- Región sudoeste: contiene las condiciones óptimas para la producción de amoníaco verde. Esta región incluye al puerto de Bahía Blanca, el cual cuenta con aguas profundas y una alta capacidad de exportación de productos químicos y energéticos. A su vez posee una gran infraestructura energética establecida, con acceso a gasoductos, redes eléctricas y a parques

⁶ Plan Buenos Aires Hábitat, Ministerio de Hábitat y Desarrollo Urbano de la Provincia de Buenos Aires, <http://planbuenosaireshabitat.gba.gob.ar/download-plan-ba>

eólicos. Cabe mencionar que posee un clúster industrial consolidado, donde varias empresas petroquímicas tienen presencia y capacidad técnica para llevar a cabo procesos como el Haber - Bosch. Otro beneficio que incluye es la disponibilidad territorial que permiten que los proyectos en cuestión puedan seguir expandiéndose, evitando conflictos sociales y altos costos en el suelo.

Frente al escenario mencionado, se eligió a la región sudoeste y especialmente a la ciudad de Bahía Blanca, como centro de esta investigación, ya que reúne las condiciones territoriales, logísticas y productivas óptimas que se necesitan para instalar una planta que permita producir amoníaco verde.

La región en cuestión se destaca por su capacidad industrial instalada y su zona portuaria de escala nacional.

2.1.2 Contexto actual de la ciudad de Bahía Blanca

Actualmente, la ciudad de Bahía Blanca, ubicada al sur de la Provincia de Buenos Aires, se posiciona en el territorio argentino como uno de los principales polos industriales, logísticos y energéticos por la capacidad que posee instalada para producir, exportar y almacenar hidrógeno. Su infraestructura instalada y conectividad la definen como un centro clave para el desarrollo de vectores energéticos sostenibles, especialmente el hidrógeno y el amoníaco verde. Adicionalmente, posee activos tangibles, capacidad técnica establecida y planificación estratégica que la distinguen a nivel nacional (HVH, 2025).

La ciudad en estudio forma parte de los principales polos petroquímicos del país, el cual cuenta con capacidades técnicas e institucionales para implementar procesos industriales como lo es el Haber-Bosch. Su ubicación estratégica le brinda acceso directo al puerto, obteniendo al

alcance infraestructura especializada para la exportación de diversos productos, entre ellos fertilizantes y químicos. La conectividad portuaria brinda oportunidades para optimizar la inserción internacional de productos como el amoníaco verde, que requieren de logística y competitividad en mercados globales (HVH, 2025).

En términos energéticos, la región presenta condiciones favorables para la producción de hidrógeno verde. Bahía Blanca tiene acceso a fuentes de energía renovable, especialmente eólica, como el Parque Eólico Corti y el parque de Pampa y la solar, debido a su cercanía con parques de molinos de viento en la provincia y su potencial de radiación solar (HVH, 2025). La disponibilidad energética, acceso al agua y la infraestructura eléctrica existente, permiten proyectar esquemas de producción de hidrógeno mediante electrólisis a escala industrial. Asimismo, la posibilidad de integrar esta producción con procesos industriales existentes facilita la conversión de hidrógeno en amoníaco, utilizando tecnologías que gestiona el polo petroquímico.

A nivel logístico, Bahía Blanca cuenta con una infraestructura de transporte integrada, la cual incluye red de oleoductos y poliductos que conectan la región con yacimientos clave como Vaca Muerta, facilitando el abastecimiento de insumos energéticos. Adicionalmente, en esta ciudad se ubica el Puerto de Bahía Blanca, de aguas profundas con capacidad que permite operar con buques de gran calado, lo que convierte en una plataforma fundamental para la exportación de productos energéticos a gran escala. Este puerto es considerado el más avanzado del país en términos de preparación para recibir inversiones en hidrógeno y sus derivados. En la actualidad, cuenta con disponibilidad de terrenos para el desarrollo de plantas de electrólisis, infraestructura de servicios básicos, acceso directo a redes eléctricas y de gas y también cuenta con gobernanza institucional de factibilidad para la instalación de terminales para exportación de hidrógeno y amoníaco verde.

La ciudad también es reconocida por su contexto científico, ya que posee instituciones como LAPIQUI (Planta Piloto de Ingeniería Química), el Grupo de Estudios sobre Energía (GESE) de la UTN Bahía Blanca, y el CONICET local las cuales estudian la producción de hidrógeno y tecnologías de hoy electrólisis. Aunque actualmente no existe producción comercial de amoníaco verde en la zona, se está estudiando la factibilidad y el territorio de Bahía Blanca para poder generar la cadena de valor (HVH, 2025).

La viabilidad técnica de reconvertir parte de la capacidad instalada hacia la producción de amoníaco verde surge por la existencia de cadenas de valor consolidadas, especialmente en el sector de fertilizantes. La transición hacia insumos de origen renovable permitiría reducir la huella de carbono del producto final y también ampliar las oportunidades de exportación hacia mercados que demandan insumos agrícolas bajos en emisiones como la Unión Europea y Asia.

En este contexto, Bahía Blanca no solo cuenta con la infraestructura instalada para producir amoníaco verde, sino que se proyecta como un centro estratégico para la transición energética nacional. Su ecosistema industrial, logístico y energético, en conjunto con el respaldo institucional y planificación territorial generan un entorno adecuado para atraer inversiones, desarrollar tecnología y posicionarse como líder regional en la producción y exportación de fertilizantes sostenibles, los cuales, elaborados a partir de amoníaco verde, representan una gran oportunidad para reducir la huella de carbono y ampliar las capacidades de exportación hacia mercados internacionales (HVH, 2025).

A continuación, se demuestra una imagen satelital de uno de los principales Polos Petroquímicos del país ubicado en la Ciudad de Bahía Blanca



Figura 10: Polo Petroquímico de Bahía Blanca (Marquinez, 2025)

2.2 Transición de hidrógeno gris a verde

2.2.1 Contexto

El hidrógeno se presenta como el elemento más abundante del universo, pero no se encuentra existiendo por sí mismo, sino que se lo encuentra en la naturaleza acoplado en moléculas, por ejemplo, en el agua se encuentra mezclada con oxígeno (H_2O), o en hidrocarburos se encuentra mezclado con carbono (Levi, 2023).

El mismo se puede aislar como un gas incoloro, inflamable e inodoro. Es utilizado en la industria para llevar a cabo diferentes procesos y también funciona como un vector energético: puede almacenar energía y liberarla de forma controlada cuando se necesita. Esta característica lo convierte en un aliado estratégico para complementar las fuentes renovables no convencionales, como la solar o la eólica, que tienen una producción variable según el clima, la hora del día o la estación del año (Carabio et al., 2023). Según un estudio del CONICET (Carabio et al., 2023), la producción de hidrógeno en Argentina para el año 2019 rondaba las 395.000 toneladas para los cuatro procesos industriales principales: “1) Fertilizantes basados en amoníaco / urea (33%) 2)

Procesos de hidrotratamiento en las refinerías de petróleo (27%) 3) Reducción directa de óxidos de hierro en la industria siderúrgica (16%) y 4) producción de metanol (15%)”. El 10% restante se usa como subproducto de otros procesos químicos. Sobre el total de esa producción, el 78% proviene del Reformado de Gas Natural y el 22% restante como subproducto de otros procesos químicos. Si bien estos números suenan prometedores, no tienen relevancia al compararse con la demanda mundial, que se estima en 90 millones de toneladas por año, donde Argentina representa sólo el 0,44% del total (Carabio et al., 2023).

Según un estudio del CONICET (Carabio et al., 2023), la producción de hidrógeno en Argentina para el año 2019 rondaba las 395.000 toneladas para los cuatro procesos industriales principales: “1) Fertilizantes basados en amoníaco / urea (33%) 2) Procesos de hidrotratamiento en las refinerías de petróleo (27%) 3) Reducción directa de óxidos de hierro en la industria siderúrgica (16%) y 4) producción de metanol (15%)”. El 10% restante se usa como subproducto de otros procesos químicos. Sobre el total de esa producción, el 78% proviene del Reformado de Gas Natural y el 22% restante como subproducto de otros procesos químicos. Si bien estos números suenan prometedores, no tienen relevancia al compararse con la demanda mundial, que se estima en 90 millones de toneladas por año, donde Argentina representa sólo el 0,44% del total (Carabio et al., 2023).

Ahora bien, dependiendo la forma en que se obtenga ese hidrógeno es que se lo clasifica con diferentes colores: “es negro si se obtiene quemando carbón; gris corresponde al gas natural; azul si la fuente es gas, pero compresada con la tecnología de captura de carbono (CCUS); rosa si usa la energía nuclear; y verde si se produjo a partir de energías renovables” (Levi, 2023). Todos ellos pueden ser sometidos al proceso Haber-Bosch para obtener amoníaco, donde el compuesto químico final será el mismo, pero la diferencia principal estará en las emisiones de carbono que

produzca (Boreum, 2022). A los fines de esta investigación, resulta relevante identificar únicamente las diferencias entre el gris y el verde.

2.2.1.1 Hidrógeno gris

Como se mencionó previamente, el proceso Haber-Bosch permite que el amoníaco se produzca a partir de una mezcla de nitrógeno e hidrógeno. Tradicionalmente, esta mezcla de gases se produce al someter al gas natural a un reformado de metano con vapor. Este proceso “genera alrededor de 1,8 toneladas de CO₂ por tonelada de amoníaco producida, lo cual convierte a la síntesis de amoníaco en un importante generador de emisiones de gases de efecto invernadero a nivel global” (Barrera et al., 2023).

Entre el 96% y el 98% del Hidrógeno producido mundialmente se obtiene de combustibles fósiles, principalmente de gas natural (Carabio et al., 2023). Se entiende, entonces, que el margen para el crecimiento del hidrógeno verde es muy amplio, y al no ser una tecnología madura, su desarrollo a gran escala permitiría reducir las emisiones de carbono.

2.2.1.2 Hidrógeno verde

En su libro *Las energías renovables y la transición energética justa* (2024), Navarrete Báez destaca al hidrógeno como un “vector energético versátil y prometedor”.

Se le llama "verde" porque se produce a partir de fuentes de energía renovable, como la energía solar y eólica, a través de un proceso de electrólisis del agua, donde se separan los átomos que la componen (hidrógeno y oxígeno) y se obtiene un gas limpio y eficiente como vector energético. Además, puede utilizarse en una variedad de aplicaciones, desde la industria pesada

hasta el transporte y la generación de energía. Su versatilidad lo hace esencial para la descarbonización de sectores difíciles de electrificar.

Sin embargo, según el autor, la producción de hidrógeno verde todavía enfrenta desafíos técnicos y económicos, como pueden ser la eficiencia de la electrólisis y los costos asociados a su producción a gran escala, lo cual dificulta la competitividad del mismo frente al hidrógeno gris. La inversión en investigación y desarrollo es crucial para superar estos obstáculos. Según la “regla 1 - 10 - 20 - 30” planteada por Levi (2023) en su guía para hablar de Hidrógeno verde, la producción de un millón de toneladas de este vector requiere de 10 GW de electrolizadores, que corresponden a 20 GW de energías renovables, y eso implica 30 mil millones de dólares en inversión.

Varios países y empresas líderes, principalmente europeas, están invirtiendo en proyectos de hidrógeno verde y desarrollando una infraestructura sólida para su producción, almacenamiento y distribución. Estas iniciativas tienen el potencial de cambiar la dinámica energética global y reducir nuestra dependencia de los combustibles fósiles.

El hidrógeno verde es una pieza fundamental en la transformación de nuestro sistema energético hacia uno más limpio y sostenible; tiene un potencial significativo en la lucha contra el cambio climático y la descarbonización.

Ahora bien, en la producción de fertilizantes, el hidrógeno verde surge como oportunidad estratégica sustentable al poder mezclarse con nitrógeno y transformarse en amoníaco, una sustancia más fácil de almacenar y transportar que el hidrógeno. De esta manera, el amoníaco verde obtenido puede ser mezclado con una serie de químicos y minerales diferentes que dan vida a los fertilizantes verdes, en vista de que, como indica Barrera (2023), el proceso Haber-Bosch es

totalmente adaptable en relación con el origen de la mezcla de gases. Entonces, se pueden diseñar plantas nuevas para esta operación flexible, donde se obtenga amoníaco verde y convencional adaptándose a los requerimientos deseados. De esta manera, se podría producir amoníaco verde para exportar, así como amoníaco convencional para usos domésticos, en la medida en que continúe siendo una opción más económica, en comparación con la alternativa verde.

En la actualidad, según este artículo de Agora Industry (Barrera et al., 2023), la salida dominante para el amoníaco verde está haciendo fertilizantes debido a la tendencia global hacia la agricultura sostenible. Como ya se mencionó, los fertilizantes clásicos a base de amoníaco emiten grandes cantidades de GEI, por lo que el amoníaco verde ofrece una alternativa ecológica que tiene una huella de carbono reducida drásticamente en conjunto con los problemas de seguridad alimentaria y cambio climático. La transición se ve mejorada por algunos incentivos gubernamentales, así como los subsidios agrícolas que fomentan las prácticas de bajas emisiones. Sin embargo, se anticipa que la fuerza adicional para la demanda de este sector se mantiene robusta ya que la sostenibilidad en los sistemas de producción de alimentos aumenta en prioridad.

2.2.2 Transición energética

Frente a la crisis climática, este cambio de energías contaminantes a otras verdes se vuelve indispensable. A esto se lo conoce como transición energética, concepto que se volvió muy recurrente desde la creación de los Objetivos de Desarrollo Sostenible por parte de la Organización de las Naciones Unidas en 2015.

La Fundación de Ambiente y Recursos Naturales (FARN) define este concepto como la “transformación estructural de los sistemas energéticos, abarcando tanto cambios en las fuentes de energía como la reconfiguración de su producción, distribución y consumo y la disposición final

de residuos y materiales asociados”. En la actualidad, este concepto se fundamenta en la urgencia de abordar la crisis climática y ecológica que atraviesa el planeta, y en la necesidad de llevar a cabo una transformación de los sistemas energéticos basados en combustibles fósiles hacia modelos con bajas emisiones de carbono.

Se entiende que esta transición no implica pequeños cambios o tomarse la situación a la ligera, sino que requiere de un cambio de paradigma a nivel social que nos dirija a todos hacia el mismo lado, esto es, hacia un futuro verde. Para llegar a este cambio de paradigma en Argentina, primero se explicarán las bases de estos conceptos claves.

Pasar de fertilizantes grises a verdes generaría un impacto positivo ambiental sustancial, mejoraría la producción de alimentos, contribuiría a la descarbonización de la industria y nos diferenciaría de los demás países latinoamericanos por ser pioneros en un cambio revolucionario.

2.2.2.1 Niveles de emisión de dióxido de carbono producción de amoníaco convencional y verde

Para poder llevar a cabo una transición energética eficiente, Argentina deberá establecer diversas políticas que promuevan la expansión de una economía basada en energías renovables e hidrógeno con el fin de desarrollar un posicionamiento competitivo en el mercado, además de enfrentar el cambio climático.

El país cuenta con el recurso de gas natural, muy considerado en el mercado internacional, que le permite producir diversos productos, entre ellos el amoníaco y fertilizantes. Frente al contexto actual, Argentina deberá formular estrategias con el fin de adoptar alternativas más

sustentables, reemplazando en el corto y mediano plazo el gas natural con fuentes más limpias que impulsen el desarrollo de una economía sustentable.

El proceso Haber-Bosch mencionado anteriormente, tiene flexibilidad para producir el amoníaco a través de diferentes fuentes de energía. Como se puede observar en la Figura 11, el convencional se produce a partir de una mezcla de nitrógeno e hidrógeno que surge al usar gas natural. Este proceso emite alrededor de 1,8 toneladas de dióxido de carbono por tonelada de amoníaco producida, convirtiéndolo en un gran emisor de gases de efecto invernadero en todo el mundo.

Como alternativa, y debido a lo flexible que es el proceso Haber-Bosch, existe una técnica adicional donde se divide el agua separando el oxígeno e hidrógeno a través de la electricidad renovable. Luego, el hidrógeno se mezcla con el nitrógeno y surge el amoníaco de manera climáticamente neutra y apto para utilizarlo como combustible renovable y materia prima de diferentes industrias, como lo son la química y los fertilizantes. Al producto obtenido, se lo define como amoníaco verde.

Dentro de los fertilizantes, uno de los casos más relevantes es el de la urea, la cual surge al mezclar amoníaco con dióxido de carbono. Considerando plantas industriales donde se utilice el hidrógeno verde en el proceso productivo, el uso de dióxido de carbono, considerado como un combustible fósil ya no será necesario gracias a las fuentes de dióxido de carbono biogénico sustentable, el cual reemplazará al CO₂ contaminante, ya que posee neutralidad climática.

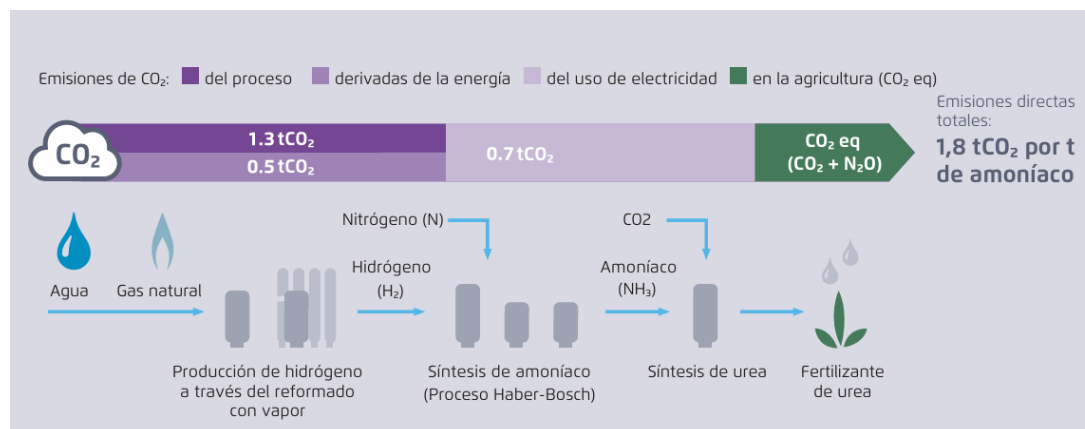


Figura 11: síntesis de amoníaco convencional con gas natural (Barrera et al., 2023)

2.3 Oportunidades

2.3.1 Oportunidades del amoníaco verde

Según (Barrera et al., 2023), como consecuencia del nivel de desarrollo actual de las tecnologías de producción de amoníaco verde y de la demanda asociada del mercado, el amoníaco verde es más costoso que su equivalente convencional, en particular, debido a la diferencia de precios entre el hidrógeno fósil y el renovable. No obstante, en situaciones en las que la electricidad renovable puede generarse a bajo costo, como en Argentina, o en las que los precios del gas natural y de las emisiones de CO₂ son elevados, como en Europa, la diferencia de precios es mucho menor.

Para reducir esta brecha, es importante desarrollar nuevas plantas de producción a gran escala y, así, continuar disminuyendo el costo de la producción de hidrógeno y energías renovables, mejorar la eficiencia de los electrolizadores, e impulsar la construcción de infraestructura destinada al transporte y almacenamiento de hidrógeno y amoníaco.

Por otro lado, los nuevos mecanismos internacionales para el mercado del carbono que se están desarrollando de acuerdo con el artículo 6 del Acuerdo de París podrían ayudar también a promover el amoníaco verde. Si bien los responsables políticos todavía están debatiendo sobre las reglas que regirán el desarrollo y registro de proyectos, así como el comercio de los denominados “resultados de mitigación de transferencia internacional”, el mecanismo podría resultar adecuado para promover el uso de amoníaco verde a nivel doméstico, en lugar de impulsar su exportación.

No obstante, todos los mecanismos de apoyo detallados previamente consisten en subsidios “basados en rendimientos” y no constituyen una asistencia directa para las inversiones necesarias para construir nuevas plantas de amoníaco o modernizar las ya existentes. Lamentablemente, movilizar capitales de inversión es un gran desafío para Argentina debido a su entorno de inversión de alto riesgo y al alto costo del capital.

Sin embargo, Argentina posee una oportunidad única para aprovechar el apoyo de la comunidad internacional y aventurarse en un esfuerzo estratégico para desarrollar una industria doméstica de fertilizantes e hidrógeno verde. Un esfuerzo político de esta índole no solo generaría importantes beneficios para la economía argentina, sino que también ayudaría a mitigar la crisis actual, marcada por los altos precios de la energía y los alimentos, y la creciente amenaza del cambio climático (Barrera et al., 2023).

2.3.2 Normativa Argentina

La ley 27.191, sancionada en Argentina en el año 2015 establece una oportunidad normativa y reglamentaria para contribuir a la transición energética y producción de energías renovables en el país. La misma surge a partir de la ley 26.190 la cual establecía metas e incentivos para transformar la matriz energética nacional la cual dependía de combustibles fósiles. El objetivo

de la ley es lograr que un 20% del consumo eléctrico nacional provenga de fuentes de energía renovables para el año 2025 demostrando la conciencia y compromiso por la descarbonización.

Estratégicamente la ley mencionada anteriormente ofrece un marco regulatorio atractivo para inversores nacionales e internacionales interesados en desarrollar proyectos renovables. La normativa considera beneficios fiscales y mecanismos de promoción para reducir los riesgos asociados a la inversión de la infraestructura energética necesaria. Este aspecto es esencial para el contexto global ya que la demanda de vectores energéticos limpios está en crecimiento, surgiendo una gran oportunidad para Argentina ya que posee ventajas competitivas en sus recursos naturales como lo son el eólico y solar.

Adicionalmente, la ley establece obligaciones para las organizaciones del mercado eléctrico, las cuales deberán incorporar un porcentaje mínimo de energía renovable en su consumo. Este escenario genera una demanda que implica dinamismo para el mercado y estimula el surgimiento de nuevos proyectos especialmente en regiones con alto potencial para llevar a cabo este tipo de proyectos energéticos.

La normativa no sólo permite generar una expansión de la capacidad actual instalada, sino que también contribuye al posicionamiento de Argentina en el mercado mundial como un actor emergente de energías limpias. Su implementación podría generar diferentes beneficios para facilitar la exportación de diferentes moléculas, como lo es el amoníaco verde, aprovechando la ventaja de contener la infraestructura portuaria necesaria y la cercanía a mercados estratégicos. Por este motivo, la ley 27.191 representa una gran oportunidad para que el país pueda avanzar hacia un modelo energético sostenible, competitivo y alineado con los compromisos climáticos globales.

Por otra parte, en la previamente mencionada “Estrategia Nacional para el desarrollo de la Economía del Hidrógeno de bajas emisiones” (ENH), destaca que los tres ejes que guían su visión son “el impulso del desarrollo tecnológico y productivo en toda la cadena de valor, la decisión de utilizar distintas tecnologías para la producción y el despliegue de la demanda interna y el mercado de exportación”.

En líneas con estos ejes, la Secretaría de Energía del Ministerio de Economía lanzó dos Resoluciones: la Resolución n° 1036/2021 que aprueba los “Lineamientos para un Plan de Transición Energética al 2030” y toma al sector hidrocarburífero como fuente de energía primaria estratégica, como complemento para la expansión de las energías renovables y como un posible impulsor para el desarrollo del hidrógeno azul. Luego, la Resolución n° 517/2023 que aprueba el “Plan de Transición energética al 2030” que se hizo en vista de la oportunidad de aprovechar los recursos naturales del país y contempla específicamente el hidrógeno de bajas emisiones (Valenzuela et al., 2025).

La ENH estima que el 20% de la producción estará destinada al mercado local tanto para la descarbonización de los usos actuales (acero, petroquímica y refinación) como para atender los nuevos usos (combustibles sintéticos). El 80% restante estará destinado a las exportaciones con un costo competitivo de 1,4 US\$/kg de hidrógeno verde, para satisfacer la demanda del mercado internacional de vectores energéticos de bajas emisiones, como amoníaco y metanol.

Para poder acceder a mercados internacionales, la Cancillería Argentina también está trabajando en integrarse como país miembro del Programa de Hidrógeno (*Hydrogen TPC*) y de la IEA (*International Energy Agency* o Agencia Internacional de la Energía). De lograrlo, le ofrecería

a nuestro país una ventaja estratégica que le permitiría vincularse con mayor facilidad al mercado global e interactuar con empresas líderes del rubro.

Adicionalmente, el pasado 9 de septiembre del año en curso tuvo lugar una reunión conjunta de las Comisiones de Energía y combustibles, y Presupuesto y Hacienda donde avanzaron dos proyectos de ley sobre Hidrógeno Verde y energías renovables (Diputados Argentina, 2025). El proyecto de interés a los fines de esta investigación fue publicado con el objeto de “establecer un marco normativo y un régimen para la promoción de inversiones orientadas al desarrollo de la industria del hidrógeno de origen renovable y el hidrógeno de bajas emisiones y sus derivados en el país” (Villaverde, Maquieyra, & al, 2025). Si bien no es una Ley sancionada, es una oportunidad optimista ver avances en proyectos que impulsan el desarrollo de la industria.

2.3.3. Normativa internacional

En un artículo de la Escuela Nacional de Inteligencia (Ventimiglia & Alvarisqueta, 2023) sobre desafíos y oportunidades de la transición energética argentina se menciona que un hito sobre el tema analizado ocurrió en la segunda Cumbre de la Tierra realizada en 1992 en Río de Janeiro, Brasil, donde se dio origen al tratado Internacional de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio climático que actualmente se encuentra ratificado por 197 Estados denominados Parte de la Convención, o COP, por sus siglas en inglés. Este organismo cumple un rol clave hasta el día de hoy en el debate del cambio climático y la adopción de medidas a nivel internacional. Algunos hechos pertinentes de este organismo a los fines de esta investigación podrían ser:

COP 3 - Kyoto: se establecieron mecanismos de mercado sustentados en el comercio de derechos de emisión, entendiendo que lo primordial es reducir los gases de efecto invernadero,

independientemente de cuál sea el país donde se logre esa disminución. A su vez, entienden que los mecanismos de mercado tienen el beneficio adicional de estimular las inversiones “verdes” en los países en desarrollo e incluir al sector privado en este esfuerzo por reducir y mantener las emisiones de GEI a un nivel seguro.

COP 21 - París: realizada en 2015, dio como resultado el Acuerdo de París, el cual entró en vigor en noviembre de 2016 y cuenta con 193 partes (192 países más la Unión Europea). Su meta principal es disminuir las emisiones de gases de efecto invernadero para limitar el aumento de la temperatura global a un máximo de 2 °C, con el ideal de no superar los 1,5 °C respecto a los niveles preindustriales. A diferencia del Protocolo de Kyoto, es vinculante para todas las partes, sin discriminación por nivel de desarrollo de países. El mismo no detalla medidas sobre exportación de sustancias, pero sí fomenta la cooperación internacional en términos de investigación y desarrollo.

COP 26 - Glasgow: tuvo lugar en Escocia en el año 2021, y en ella se ratificaron puntos clave del Acuerdo de París, particularmente algunos que eran incumplidos (Ventimiglia & Alvarisqueta, 2023) como el acceso a fondos de financiamiento donde los países desarrollados proporcionarían USD 100.000 millones por año para la acción climática en países en desarrollo. Además, treinta países presentaron compromisos de que todas las ventas de automóviles nuevos sean de vehículos de emisiones cero para 2040 a nivel internacional y para 2035 en los mercados líderes, donde destaca como vector energético principal el hidrógeno verde.

Argentina formalizó su adhesión a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) en diciembre de 1993 mediante la sanción de la Ley 24.295. A partir de este compromiso, el país asumió responsabilidades orientadas a la mitigación del cambio

climático, entre ellas la elaboración de inventarios nacionales de gases de efecto invernadero y la implementación de programas específicos para reducir sus emisiones. En este contexto, también ratificó el Protocolo de Kioto a través de la Ley 25.438, consolidando su participación en los mecanismos internacionales de reducción de emisiones. Posteriormente, en 2015, Argentina firmó el Acuerdo de París junto con otras partes, y lo adoptó oficialmente mediante la Ley 27.270, reafirmando su compromiso con los objetivos globales de limitar el calentamiento del planeta y promover una transición energética sostenible.

Adicionalmente, en julio del 2021, la Comisión Europea propuso el llamado Mecanismo de Ajuste en Frontera por Carbono (MAFC), cuyo objetivo es “establecer unas condiciones de competencia equitativas entre los productores de la Unión y de terceros países fijando un precio del carbono para determinados productos importados y eliminando progresivamente la asignación gratuita de derechos de emisión a la industria europea” (C.E., 2022). El mismo se encuentra en fase transitoria hasta fines del 2025, volviéndose plenamente operativo a partir del 2026 (E.C., 2021). En principio, el MAFC solo se aplicará a un determinado número de productos con alto riesgo de fuga de carbono como el cemento, hierro y acero, aluminio, fertilizantes y electricidad (E.C., 2021).

Esta regulación representa una oportunidad para la Argentina ya que, si logra posicionarse como productor de insumos de bajas emisiones de carbono, la Unión Europea podría volverse un cliente clave dentro de este mercado en desarrollo.

2.3.4 Interés de países extranjeros en los productos renovables argentinos

La conciencia sobre el cambio climático y la creciente demanda internacional de vectores energéticos libres de emisiones de carbono generó un gran interés en el mercado europeo y asiático.

Alemania aprobó en el año 2024 su Estrategia Nacional de importación de hidrógeno y derivados, en la que proyecta que entre el 50% y el 70% de su demanda esté cubierta por importaciones hacia 2030 (Giz, 2023). En conjunto con Países Bajos, ambas naciones lanzaron una licitación conjunta de 600 millones de euros a través del mecanismo H2 Global, con el fin de asegurar contratos de largo plazo para adquirir hidrógeno verde y derivados del mismo, a través del mecanismo de doble subasta (H2Global, 2021). Argentina forma parte de los países candidatos debido a su competitividad en costos y a los proyectos piloto que posee en regiones como Bahía Blanca y la Patagonia.

De acuerdo con un informe publicado por Deloitte (2025) luego de la segunda subasta organizada por H2Global, este mecanismo “apoya la creación oportuna de mercados funcionales para el hidrógeno limpio y otros combustibles de bajas emisiones y la movilización de capital público y privado hacia estas nuevas clases de activos” (Deloitte, 2025). Una breve descripción de este sistema sería que intervienen vendedores (proveedores), compradores (*offtakers*) y un intermediario (Hintco) que establece los contratos entre ambos dentro de este nuevo mercado. El intermediario compra productos a un precio mayor que sus equivalentes contaminantes para venderlos a un precio menor en la subasta e impulsar así la demanda. La diferencia entre cada monto puede ser cubierta por fondo públicos, fondos climáticos, capital privado o una combinación de ambos (H2Global, 2021).

Si bien este es un sistema innovador que le da a la Argentina la oportunidad de ingresar como vendedor de productos verdes, existe el Dilema de salida o “*Offtake-Conundrum*”, que funciona al estilo el huevo y la gallina, donde no hay certeza de tener *offtakers* interesados a largo plazo en estos vectores energéticos verdes que aseguren cubrir los costos. Sin *offtake*, no hay decisión final de invertir, lo cual hace bajar los costos de producción y retrasa esa decisión. Sin

estímulos regulatorios, no hay necesidad ni deseo en el mercado de pagar por un producto verde a un precio “premium”. Y sin la seguridad de que se logren condiciones donde los precios sean competitivos con productos grises, no se genera demanda (Klenke, 2025).

Por lo tanto, por más que existe la oportunidad del interés de otros países en productos verdes producidos internacionalmente, donde Argentina puede involucrarse, en aún un mercado muy nuevo, en desarrollo y con mucha incertidumbre.

A pesar de que el país cuenta con desafíos financieros y alto costo de capital, el mismo se compensa a través de sus ventajas naturales, logísticas y regulatorias que lo posicionan como un actor primordial en el comercio internacional de moléculas verdes.

2.4 Desafíos

2.4.1 Modernización del puerto de Bahía Blanca

A pesar de que el puerto de Bahía Blanca presenta una gran oportunidad para exportar moléculas verdes hacia otros países, dado por su calado y aguas profundas, aún sigue teniendo limitaciones logísticas y de conectividad, ya que por más de la infraestructura que posee actualmente, para alcanzar niveles de exportación de gran escala, se requiere invertir en la modernización de la zona portuaria, con el objetivo de que pueda soportar un flujo acorde a los productos energéticos que poseen ciertas complejidades, por su proceso químico, como lo es el amoníaco verde. Además de ampliar la infraestructura que posee, para evitar cuellos de botella y garantizar condiciones seguras con el fin de gestionar de la manera óptima este tipo de sustancias químicas.

Es importante destacar que la zona industrial de Bahía Blanca opera con una lógica de enclave, y contiene una escasa articulación con el desarrollo local y mecanismos de control ambiental que son débiles, generando un desafío para poder desarrollar proyectos de amoníaco verde que sean capaces de cumplir con los estándares establecidos a nivel internacional de sostenibilidad ambiental, especialmente si el objetivo es exportar a mercados europeos (Heredia, 2024).

2.4.2 Espacio físico necesario

Este desafío logístico está interconectado con la necesidad de garantizar un suministro energético renovable de gran escala, que obliga a instalar parques eólicos o solares en zonas cercanas al nodo industrial. A pesar de que el sur de la provincia de Buenos Aires posee condiciones favorables para producir este tipo de energías renovables, aún posee ciertas dificultades, debido a la disponibilidad física para situar aerogeneradores de gran tamaño y generar conexión con otras actividades productivas.

Además, la inversión necesaria para poder ejecutar este tipo de proyectos es elevada y genera un obstáculo considerable; cada aerogenerador tiene un costo aproximado entre 3 y 5 millones de dólares, sin contar los costos asociados a obras civiles, conexión eléctrica, mantenimiento y seguros.

2.4.3 Aceptación social y justicia ambiental

Para poder realizar cualquier tipo de expansión industrial, es crucial considerar la participación ciudadana y la transparencia en la toma de decisiones. Ignorar esta dimensión podría generar resistencias locales y comprometer la viabilidad de los proyectos energéticos.

Dado el historial del polo petroquímico, es necesario destacar los conflictos socio ambientales que ha enfrentado dado la contaminación y el uso repetitivo de recursos naturales; por ende, la instalación de nuevas industrias energéticas, por más de que tengan como objetivo la descarbonización, podría generar nuevas tensiones en caso de excluir a la comunidad local en los procesos de planificación y decisión.

2.4.4. Limitaciones regulatorias

Como se mencionó previamente, a diferencia de otros países, la Argentina no cuenta con una Ley Nacional de Hidrógeno. A mediados del 2006 se sancionó la Ley 26.123 de Promoción del Hidrógeno, la cual establece “de interés nacional el desarrollo de la tecnología, la producción, el uso y aplicaciones del hidrógeno como combustible y vector de energía” (InfoLEG, 2006). En ella se creó el Fondo Nacional de Fomento del Hidrógeno con la finalidad de financiar los planes del Programa Nacional del Hidrógeno que resulten aprobados. Sin embargo, se ha acusado que ese fondo nunca se constituyó ni recibió recursos, se le criticó que no diferencia a los diferentes tipos de hidrógeno, y que nunca se coordinaron esfuerzos entre el Gobierno Nacional, el Provincial, universidades ni empresas, por ejemplo, en el 2021, la Facultad de Derecho de la Universidad de Buenos Aires publicó un manifiesto llamado “La transición energética y la imperiosa necesidad de reforma de la ley nro. 26.123 de Promoción del Hidrógeno” (Scasserra, 2021).

Por lo tanto, se concluye que Argentina posee una limitación regulatoria en el marco que la ley principal que debería reglamentar el vector energético en estudio es obsoleta y atrasa al país en comparación a los demás de la región.

Cabe destacar que tanto el hidrógeno como el amoniaco son clasificados como sustancias peligrosas bajo estándares internacionales, como el documento de Recomendaciones Relativas al

Transporte de Mercancías Peligrosas de las Naciones Unidas (2009). Como indica Valenzuela (2025), el “hidrógeno es clasificado como gas inflamable debido a su alta reactividad y amplio rango de inflamabilidad, mientras que el amoníaco es considerado peligroso debido a su toxicidad y potencial impacto sobre la salud humana y el ambiente”. Por lo tanto, resulta vital no perder de vista los controles de seguridad, protocolos de manipulación, almacenamiento y transporte a la hora de distribuir y exportar estos vectores energéticos, así como las normas laborales y ambientales.

En ese marco y frente a este desafío, a la hora de insertarse en mercados internacionales debe analizarse minuciosamente el método de transporte del amoníaco, particularmente considerando sus propiedades como sustancias peligrosas. En el caso del transporte por ductos, actualmente no existe una regulación específica en Argentina aplicable al hidrógeno ni al amoníaco. Por su parte, el transporte por carretera o ferrocarril se encuentra regulado bajo el régimen general de transporte de mercancías peligrosas, bajo la autoridad de la Comisión Nacional de Regulación del Transporte (CNRT). El transporte interjurisdiccional en todo el país se rige principalmente por la Ley Nacional 24.449 de Tránsito y Seguridad Vial; y el Decreto n° 779/1995 que aprueba el Reglamento general para el transporte de mercancías peligrosas por carretera, incluyendo al hidrógeno como gas inflamable y al amoníaco como gas tóxico. Si bien existen estas regulaciones, aún no se ha desarrollado una normativa específica que contemple las particularidades físicas, químicas y de seguridad que implican el manejo de hidrógeno y amoníaco (Valenzuela et al., 2025), aspecto a tener en cuenta a la hora de exportar las sustancias mencionadas.

CAPÍTULO 3: COMPETITIVIDAD DEL SECTOR AGROINDUSTRIAL ARGENTINO

3.1 Eficiencia y rendimiento de fertilizantes limpios

3.1.1 Desarrollo del sector agroindustrial

La economía argentina tiene una oportunidad única de atraer inversiones internacionales en el sector de fertilizantes y amoníaco verde, partiendo de argumentos planteados por diversos autores en un informe realizado por la empresa Agora Industry que analiza a la Argentina como centro de producción de amoníaco verde (Barrera et al., 2023). En primer lugar, si el país logra fortalecer su producción local de fertilizantes, no solo podría cubrir su propia demanda, sino también contribuir a aumentar la oferta global. Esto ayudaría a bajar los precios y aliviar el impacto que los altos costos tienen en la producción de alimentos en otras partes del mundo.

Por otra parte, al incrementar la producción de amoníaco, Argentina podría reducir la presión sobre el consumo de gas natural en otras regiones, lo que sería un alivio para la crisis energética global. A nivel interno, esto también permitiría estabilizar el mercado de gas y dar un impulso importante a la recuperación económica del país. Por último, avanzar rápidamente hacia la producción y exportación de amoníaco verde tendría un impacto positivo en el consumo energético mundial, ya que se usaría menos gas natural. Esto se alinea con los esfuerzos internacionales para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y combatir el cambio climático. (Barrera et al., 2023)

En este marco, sería estratégico que la política de inversiones de Argentina reconozca el momento como una oportunidad para posicionarse como un referente global en agricultura sustentable, amoníaco verde y otros productos derivados del hidrógeno. Como parte de una visión

a largo plazo, el país debería comenzar por reducir su dependencia de fertilizantes importados y optimizar su uso interno. Luego, el siguiente paso sería desarrollar una industria nacional capaz de abastecer completamente la demanda local. Una vez logrado esto, se abriría la puerta para comenzar a exportar fertilizantes, amoníaco y otros productos basados en hidrógeno renovable, de forma gradual y sostenida, permitiéndole competir en el mercado internacional con una estrategia sólida y a largo plazo (Barrera et al., 2023).

Adicionalmente, el Informe del estado del ambiente 2020 sobre sustancias y productos químicos destaca que el mercado de productos químicos agrícolas es dominado por los fertilizantes. En Argentina, su utilización ha mostrado una tendencia creciente en los últimos años, especialmente en lo que respecta a los fertilizantes nitrogenados, que registran un aumento sostenido en la demanda. En términos de mercado, Barrera (2023) muestra que la Argentina utilizó más de 5,2 millones de toneladas de fertilizantes en el año 2020, de las cuales el 56 por ciento corresponde a productos nitrogenados. Entre los años 2010 y 2020, el uso de fertilizantes a nivel doméstico aumentó en promedio un 4.6 por ciento anual (Barrera et al., 2023). Debido a que la producción doméstica de Argentina no logró mantener el ritmo de este crecimiento en la demanda, hoy en día, más del 60% de todos los fertilizantes utilizados son importados.

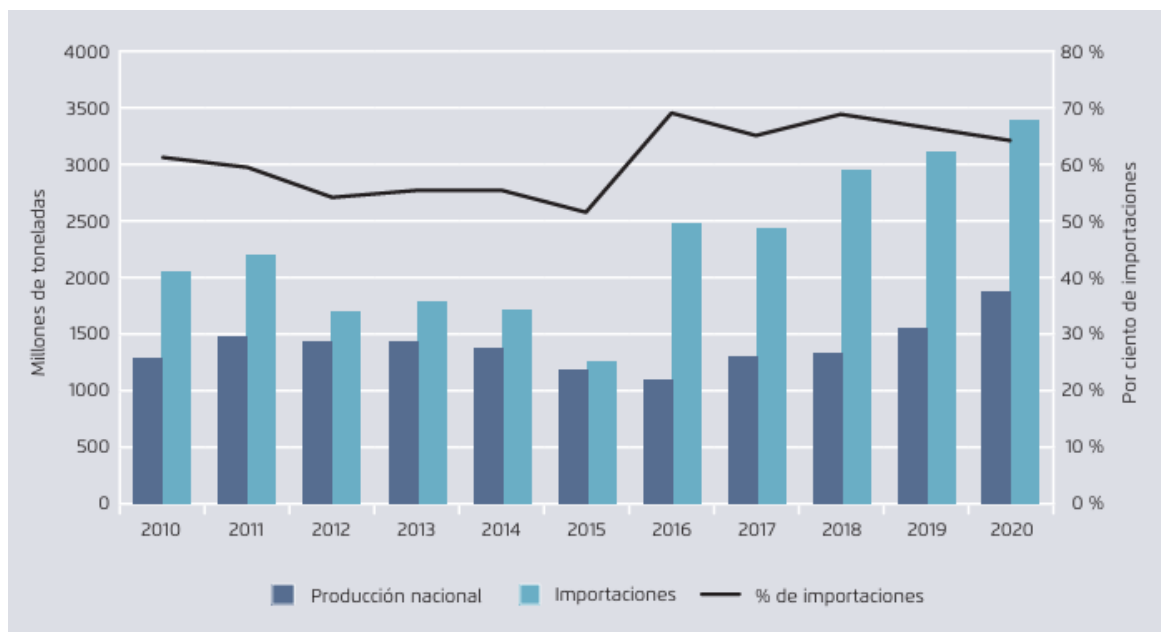


Figura 15: Balance del mercado de fertilizantes de Argentina entre el 2010 y el 2020, extraído de (ENH, 2023).

3.2 Comercio internacional de fertilizantes

3.2.1 Exportaciones de amoníaco en el año 2023 en Sudamérica

Como demuestra la Figura 13, la región sudamericana exporta grandes volúmenes de amoníaco recibiendo USD 56,3 millones. En primer lugar, se encuentra Brasil, cuyas divisas por vender al exterior esta molécula química equivale a USD 40,3 millones y en segundo lugar Colombia con USD 10 millones.

En tercer lugar, se encuentra Argentina, demostrando que tiene ingresos por exportación de amoníaco de USD 4,09 millones, posicionando al país como uno de los más importantes del cono sur para exportar este químico dado sus precios competitivos y los recursos naturales que posee para poder producirlo y lograr la conversión de ventas hacia el extranjero. A pesar de que la República no es el mayor exportador, dada sus condiciones infraestructurales, el potencial del

Puerto de Bahía Blanca y sus costas hacia el Atlántico, Argentina tiene una gran ventaja y oportunidad para optimizar sus exportaciones, aumentar su volumen de divisas en moneda estadounidense y ofrecer un diferencial al mercado, al brindar lo que realmente están buscando que son productos verdes y limpios de emisiones, especialmente en la Unión Europea.

Como se puede visualizar en el Figura 14, dos de los principales importadores de Europa en el año 2023 fueron Alemania y Países Bajos, en base al primero, como se mencionó en la variable 2, ha formulado estrategias y desarrollado regulaciones sobre su interés y concientización sobre las energías renovables y productos verdes para el año 2030.

Considerando al segundo país mencionado, ha realizado convenios junto con su país vecino para adquirir derivados del hidrógeno verde desde el exterior, demostrando su inventivo por importar vectores energéticos sustentables.

Ambas situaciones son alternativas que posee Argentina y que debería aprovechar para aumentar su participación en el mercado, y porcentaje de importación en la región de Sudamérica.

A continuación, la imagen refleja un gráfico de Sudamérica, indicando los países con mayor volumen de exportaciones en el año 2023. Demuestra el valor total de divisas que ingresaron a la región, y los montos de dinero en moneda estadounidense que ingresó a cada país.



Figura 12: países exportadores de amoníaco en Sudamérica en el año 2023⁷.

3.2.1.1 Brasil

El país limítrofe ocupa el primer puesto de exportaciones de amoníaco en el año 2023, al vender 504 toneladas de amoníaco, alcanzando los USD 40,3 millones. Brasil contiene un 71,6% de participación de las exportaciones realizadas en Sudamérica, vendiendo a diferentes países, entre ellos Uruguay, Paraguay y Noruega.

Su nivel alcanzado en ventas al exterior, según el ranking establece que fue un 0,46% del nivel de exportaciones mundiales⁸.

3.2.1.2 Argentina

Como se mencionó anteriormente, el país ocupa el tercer puesto a nivel de exportaciones de amoníaco en la región sudamericana, alcanzando un nivel de ingresos de USD 4,09 millones. Sus principales compradores y destinos a dónde se dirige el amoníaco son Estados Unidos, Uruguay, Paraguay y Bolivia.

Argentina contiene un 7,26% de participación de las exportaciones realizadas en Sudamérica; con una gran diferencia en comparación con Brasil y Colombia (19,2%)⁹.

⁷ Extraído de OEC (Observatorio de Complejidad Económica): <https://oec.world/es/profile/hs/anhydrous-ammonia?multihierarchySelector1736-value=sa&multihierarchySelector1736-type=Exporter+Continent%20incluye%20tambieb>

⁸ Extraído de OEC: <https://oec.world/es/profile/hs/anhydrous-ammonia?selector2367id=Year&selector1255id=tradeOption&selector1699id=usdOption&selector1777id=rankingOption&selector1140id=Exporter&multihierarchySelector1736-value=eu&multihierarchySelector1736-type=Exporter+Continent>

⁹ Extraído de OEC, <https://oec.world/es/profile/bilateral-product/anhydrous-ammonia/reporter/arg?selector1654id=percentage&selector1208id=LinePlot&selector1147id=growthOption>

3.2.2 Exportaciones a Nivel mundial

Durante el año 2023, los principales exportadores de amoníaco a nivel mundial fueron Trinidad y Tobago, alcanzando ingresos de USD 1,67MM, en segundo lugar, Arabia Saudita alcanzando los USD 1,37 MM) y en tercer lugar Indonesia con divisas de USD 902M¹⁰.

3.2.3 Importaciones de amoníaco en el año 2023¹⁰

Los principales importadores de amoníaco a nivel mundial fueron Estados Unidos (USD 1,36MM), India (USD 1,21 MM) y Marruecos (USD 877 M).

3.2.3.1 Importaciones de amoníaco en el continente europeo durante el año 2023.

Como se puede visualizar en la siguiente imagen, el total de dinero destinado a comprar amoníaco es de USD 2,31 MM. Dentro de las naciones que más participación tienen en porcentaje de importaciones a nivel continental están Alemania y Países Bajos, dos países que tienen grandes iniciativas y proyectos para importar productos provenientes de energías renovables.

Como se mencionó previamente en el apartado 3.2.1 Argentina deberá aprovechar la oportunidad que hay en el mercado. El interés del mismo por productos químicos y poder establecer convenios para seguir ampliando su cartera y entrada de divisas al país.

¹⁰ Extraído de OEC: <https://oec.world/es/profile/hs/anhydrous-ammonia?multihierarchySelector1736-value=sa&multihierarchySelector1736-type=Exporter+Continent&selector1777id=rankingOption>



Figura 13: principales importadores de amoníaco de la Unión Europea en 2023 ¹¹.

3.2.3.2. Exportaciones e Importaciones de amoníaco a nivel global en el año 2023

La siguiente ilustración muestra a través de colores los diferentes valores de exportación e importación de cada país a nivel mundial.

Los tonos verdes indican que se generó superávit comercial (exportación, mayor a importación), y los tonos rojos definen déficit comercial (importación mayor que exportación).

¹¹ Extraído de OEC: <https://oec.world/es/profile/hs/anhydrous-ammonia>

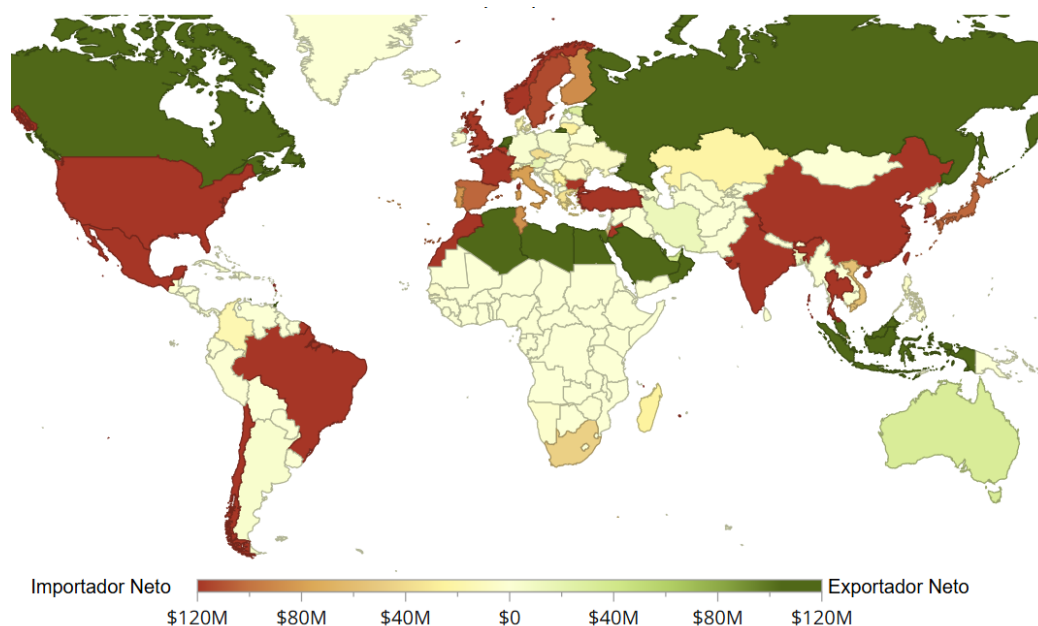


Figura 14: Balance comercial de amoníaco a nivel mundial en 2023¹²

3.3. Iniciativas actuales para competir en el futuro

Si bien en la presente investigación se analiza la viabilidad de producir amoníaco verde en Bahía Blanca, resulta relevante conocer qué proyectos e iniciativas se encuentran en marcha o en desarrollo en el país hasta el día de hoy para poder tomar parámetros de los mismos aprender de sus desafíos y decisiones.

3.3.1. Hychico

Hychico es una compañía fundada en 2006 en Comodoro Rivadavia, provincia de Chubut, dedicada a la generación de energía a partir de fuentes renovables y la producción de hidrógeno y oxígeno. Tiene dos parques eólicos instalados, Diadema I y II, con capacidad de 6.3 MW y

¹² Extraído de: <https://oec.world/es/profile/hs/anhydrous-ammonia>

27.2MW, cuyo off-taker es la empresa CAMMESA (Compañía Administradora del mercado Mayorista Eléctrico S.A.) (Hychico, 2025). También tiene una planta de hidrógeno inaugurada a fin del 2008, equipada con dos electrolizadores cuya capacidad de producción es de 120 Nm³/h de hidrógeno y 60 Nm³/h de oxígeno. Ese hidrógeno después se mezcla con gas natural y se usa para alimentar un moto-generator para comercializar el producto final como combustible (el 42% es hidrógeno verde).

Actualmente tienen tres proyectos en marcha. En primer lugar, están construyendo una planta piloto de almacenamiento subterráneo de hidrógeno dentro de un reservorio agotado de gas y petróleo¹³. En junio de 2016 presentaron los resultados obtenidos hasta ese momento en el Congreso Internacional de Hidrógeno que tuvo lugar en España. Su objetivo a largo plazo es ser líderes en el suministro de Hidrógeno y Metano verdes a mercados regionales internacionales, utilizando fuentes sostenibles de energía renovable y dióxido de carbono (Pérez et al, 2016).

Como complemento a ese proyecto, desarrollaron otro para transportar de forma segura el hidrógeno desde la planta hasta el almacenamiento subterráneo en proceso. Para esto, construyeron una tubería de 2,3km usando material polimérico¹⁴.

Por último, están explorando la posibilidad de expandir el rango de operación de los electrolizadores ya instalados conectándolos a un nuevo aerogenerador, adaptando la producción a la disponibilidad del recurso eólico. Con este proyecto buscan expandir la escala de su producción e integrar de forma más eficiente sus sistemas de gestión de potencia y energía¹⁵.

Uno de los principales desafíos de las energías renovables que el sol no siempre brilla y el viento no siempre sopla, entonces es difícil mantener a estas plantas funcionando 24/7. Una

¹³ Página oficial Hychico, <https://hychico.com.ar/almacenamiento-subterranco-de-h2/>

¹⁴ Página oficial Hychico, <https://hychico.com.ar/transporte-de-hidrogeno/>

¹⁵ Página oficial Hychico, <https://hychico.com.ar/conexion-de-un-aerogenerador-planta-h2/>

solución en desarrollo frente a esta situación es la producción “viento a hidrógeno”, una alternativa prometedora que Hychico ha demostrado que puede lograr (INNIO, 2022).

3.3.2. Fortescue

Fortescue es una empresa australiana fundada en 2003 con la misión de “eliminar el uso de combustibles fósiles en el mundo”¹⁶.

Actualmente están desarrollando en la provincia de San Juan los proyectos Nacimiento y Susana, donde hacen exploraciones de campo en busca de minerales como el cobre¹⁷.

Con relación al hidrógeno, en agosto de 2021, el Ministerio de Desarrollo Productivo de la Nación y el Gobierno de Río Negro firmaron con la empresa Fortescue Future Industries el Acuerdo Marco sobre Proyectos de Industria Verde en la Provincia de Río Negro (Kulfas, Carreras, & Pichot, 2021).

El mismo consistía en el Proyecto Pampas, con una inversión estimada en \$8.4 billones por parte de Fortescue Future Industries, anunciado en la COP26 en 2021 con el fin de aprovechar el recurso eólico de la Patagonia para producir hidrógeno verde y derivados, con una capacidad de producción de 2.2 millones de toneladas anuales y volver a Río Negro un polo exportador (UNIDO, 2024).

Algunos autores como el Doctor en Ciencias Naturales Leonardo Salgado (2023) han criticado este tipo de proyectos con inversores extranjeros diciendo que esas “inversiones” son realmente “lo que esas multinacionales estiman que les costará producir acá su hidrógeno”, diciendo que “unos pocos contemplan una fase inicial orientada al consumo local” y viendo como negativo que la mayoría de los proyectos de hidrógeno verde de nuestro país tengan una orientación

¹⁶ Página oficial Fortescue, <https://latinoamerica.fortescue.com/es/about-fortescue-latam>

¹⁷ Página oficial Fortescue, <https://latinoamerica.fortescue.com/es/our-projects/argentina>

exportadora. Esto lo justifica diciendo que “de nada sirve producir grandes cantidades de hidrógeno si solo se lo destina a exportación, en lugar de intentar reconvertir el sistema energético argentino (...)” (Salgado, 2023). Resulta interesante ver ambas perspectivas a la hora de analizar estas iniciativas.

3.3.3. Proyecto Gaucho

El proyecto Gaucho, originalmente llamado “Gaucho: Wind to Hydrogen & Green Ammonia Project”, es una iniciativa desarrollada por RP Global y GIZ (Sociedad Alemana para la Cooperación Internacional) con la Provincia de Santa Cruz. Firmado en noviembre del año pasado, el mismo proyecta desarrollar una planta a gran escala de hidrógeno y de amoníaco verde en dicha provincia (Barboza, Kasyanova, & Agüero, 2024).

Su implementación se basa en cuatro pilares que tienen lugar entre diciembre de 2024 y septiembre de 2026. Primero se realizará un análisis tecno-económico para analizar la cadena de producción y precios, así como la infraestructura disponible en la región para su potencial uso compartido (por ejemplo, el puerto). Luego se hará un análisis ambiental que abarca análisis de riesgo y planes de contingencia, protección de aves, evaluación del agua y desalinización. En tercer lugar, se examinará el marco regulatorio y permisos necesarios. Y, por último, la comunicación, programas de capacitación e involucramiento para compartir resultados y proyecciones con *stakeholders* (Barboza, Kasyanova, & Agüero, 2024).

En esta iniciativa se alimentarán 3GW de electrolizadores con un campo eólico con 6.2GM de capacidad, lo cual permitirá la producción de hasta 1.7 millones de toneladas de amoníaco al año¹⁸.

De todos los proyectos iniciados en el país sobre la materia en estudio, este es el de mayor escala y más innovador.

3.3.4. Consorcio H2Ar

El Consorcio H2Ar es un conjunto de más de 40 empresas y entidades con intereses en común nucleadas por Y-TEC, la empresa energética de investigación y desarrollo conformada por YPF y el Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET).

La empresa energética estatal IEASA (Integración Energética Argentina SA, la ex ENARSA) forma parte de este consorcio y en 2021 anunció un acuerdo con Instituto Fraunhofer de Alemania para el desarrollo del primer proyecto a gran escala de producción de hidrógeno verde en el país, en Puerto Rosales, Bahía Blanca, donde IEASA dispone de 200 hectáreas (Salgado, 2023).

El proyecto bonaerense del Fraunhofer apunta inicialmente a reemplazar por verde el hidrógeno gris que se consume actualmente en el Polo Petroquímico de Ingeniero White, principalmente para la refinación de petróleo crudo y la producción de fertilizantes. Luego iniciaría una segunda fase exportadora a partir del 2030. En una entrevista con Infobae, Agustín Gerez, presidente y CEO de IASA mencionó que en principio el parque eólico necesario para este proyecto implica una inversión de 200 millones de dólares y destacó que

¹⁸ Comunicado de prensa RP Global, Buenos Aires, Argentina, 2 de diciembre 2024, <https://www.rp-global.com/get-in-touch/press/press-release-rp-global-and-giz-join-forces-in-bmwk-s-h2uppp-programme-to-develop-a-pipeline-of-green-hydrogen-projects-in-the-south-of-argentina>

Este proyecto de energía sostenible será el vector de la transición energética en la Argentina y un gran aporte para la reducción de las emisiones de carbono a nivel global, mediante su aplicación industrial y eventual exportación de amoníaco verde, posicionando a nuestro país como un actor central en el objetivo de cero emisiones netas de carbono para 2050 (Infobae, 2021).

Este Consorcio, junto con sus empresas miembro, fue clave en el desarrollo de la Estrategia Nacional para el Desarrollo de la Economía del Hidrógeno que se citó numerosas veces en la presente investigación. Este suceso tuvo lugar en la Mesa Intersectorial del Hidrógeno creada por la Secretaría de Asuntos Estratégicos en el 2023, donde se plantó la Estrategia final, junto con la opinión de otros actores gubernamentales y de los sectores científicos, tecnológicos y académicos. En la misma se trazan líneas de acción y metas para el despliegue, desarrollo y escalado del hidrógeno limpio en Argentina (Y-TEC, 2023).

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

En el presente trabajo de investigación sobre *El impacto y viabilidad económica de la utilización del amoníaco verde para la producción de fertilizantes nitrogenados en Provincia de Buenos Aires*, se utilizó un enfoque mixto, considerando aspectos cualitativos, los cuales se basan en la necesidad de comprender las experiencias, significados y percepciones de los sujetos involucrados en el fenómeno estudiado, el cual se lo conoce por utilizar la recolección de datos sin medición numérica, con el objetivo de descubrir o afinar preguntas de investigación a lo largo del proceso de interpretación. Este enfoque permite explorar fenómenos en profundidad, atendiendo a los significados, experiencias y percepciones de los participantes (Sampieri, Fernández-Collado, & Lucio, 2022).

Según Sampieri et al. (2022), el enfoque cualitativo es adecuado para comprender fenómenos sociales complejos en su contexto natural, priorizando los significados que los actores otorgan a su realidad. Este enfoque está directamente relacionado con el objetivo de la presente investigación, la cual busca evaluar la viabilidad económica de la producción de amoníaco verde en Bahía Blanca, considerada una de las zonas más industriales del país.

Considerando el análisis cuantitativo, dentro de las metodologías seleccionadas, se obtuvieron valores numéricos que contribuyeron al estudio y medición de montos necesarios para poder validar la hipótesis y concluir en el proyecto de investigación, que permite conocer cifras exactas relacionados con costos unitarios, precios de venta y montos totales a invertir requeridos para llevar a cabo proyectos de amoníaco verde y evaluar su viabilidad económica.

Para abordar ambos métodos, se elaboraron entrevistas en profundidad a expertos y profesionales de diferentes organizaciones y experiencias en energías renovables, amoníaco, hidrógeno verde y sustentabilidad. Éstas proporcionaron información cualitativa y cuantitativa

detallada sobre los puntos de vista de cada individuo en relación con los fertilizantes nitrogenados y la industria química.

En cuanto al tipo de investigación adoptado fue el explicativo, ya que se buscó conocer las causas del fenómeno estudiado. Va más allá de la descripción o la correlación; están dirigidos responder por las causas de los eventos y fenómenos. Su interés se centra en explicar por qué ocurre un fenómeno y en qué condiciones se manifiesta (Sampieri, Fernández-Collado, & Lucio, 2022).

En el explicativo se intenta dar cuenta de la realidad o de hacerla comprender a través de leyes científicas o de teorías. Las leyes señalan aquellos hechos o fenómenos que se dan en determinadas condiciones. La teoría constituye un sistema explicativo global que culmina la comprensión de la realidad (Ader- Egg, 1995).



Figura 15: Triangulación metodológica. Elaboración propia.

Trabajo de campo

Para abordar los objetivos de investigación, se seleccionaron 3 técnicas de recolección de datos correspondientes al enfoque cualitativo y al carácter explicativo que permitieron recolectar datos cuantitativos. Se optó por realizar entrevistas a expertos, cuestionarios a profesionales del ámbito de estudio y por último, análisis de casos de éxito y de fracaso.

Entrevistas a expertos

Se realizaron tres entrevistas a expertos entre el 17 de octubre y el 12 de noviembre del año en curso, a través de reuniones virtuales realizadas en la plataforma de Teams. Cada entrevista se llevó a cabo a través de un cuestionario compuesto aproximadamente entre 7 (Siete) y 8 (ocho) preguntas abiertas, formuladas en el mismo orden para todos los entrevistados. El esquema de interrogaciones armadas tiene como fin que los participantes puedan expresarse libremente, aportando opiniones, percepciones y experiencias personales en su ámbito laboral y los conocimientos adquiridos en el mismo. El detalle de las preguntas realizadas está disponible en la sección anexos del presente trabajo.

Los expertos entrevistados fueron: Pedro Obraiz, Barbara Chantiri, Felipe Eusebio Gallardo y Florencia Fagiano; todos ellos, correspondientes a diferentes organizaciones, tales como La Universidad de San Andrés e YPF con puestos de trabajo en diversas áreas y gran trayectoria y experiencia en el ámbito del objeto de estudio.

Cuestionario a profesionales

Se llevaron a cabo seis entrevistas a profesionales que tienen una gran trayectoria en el sector agroindustrial y la industria química, especializándose en amoníaco y sus derivados. Las

entrevistas se llevaron a cabo entre el 17 de octubre y el 12 de noviembre del año en curso a través de formularios de Google que constaban de 10 preguntas con respuesta abierta más una recomendación. Este tipo de cuestionarios permite que los participantes comenten acerca de sus experiencias vividas y opiniones acerca del ámbito de estudio, ofreciendo información valiosa sobre desafíos, oportunidades y dinámica que atraviesan en el día a día, que se torna fundamental para el objeto de estudio seleccionado. Todas las respuestas recibidas de los profesionales se encuentran en el anexo.

Los profesionales seleccionados fueron: Santiago Rodríguez Bauza, especialista en HVAC con experiencia en energía; luego Regina Ranieri, Tomas Barney y Emilio José Martín personal de la empresa energética Fortescue; Mariano Hernán Cassina, Director de Sustentabilidad de la Universidad Argentina de la Empresa (UADE) y por último Gustavo Herrá, empleado de Nutrien con una antigüedad de 25 años en la empresa, especializado en agroservicios y Fertilizantes.

Análisis de casos de éxito y fracaso

En esta sección se investigó acerca de dos empresas con proyectos de plantas de amoníaco verde a partir de hidrógeno verde mediante el análisis comparativo de casos reales que tuvieron resultados diferentes y opuestos, en función a problemas de financiamiento.

La selección de casos, el de Iberdrola considerado de éxito y el de GRAMLI considerado de fracaso, contribuyó en la investigación cualitativa a través de la comparación. Estos casos se eligieron por tratarse de dos empresas líderes en materia energética y sustentabilidad, donde una pudo concretar sus proyectos de hidrógeno y amoníaco verdes con creces, mientras que el otro debió cancelarse por falta de fondos. En ambos se analizó la importancia de la certeza financiera

para asegurar que las inversiones proyectadas al principio del proyecto permitan que cada empresa pueda concretar sus objetivos.

Cuadro de metodología de investigación

La Figura 15 presenta el cuadro metodológico, donde se detallan las preguntas, objetivos, variables y dimensiones establecidas. También se incluyen los indicadores utilizados para el análisis de datos y los instrumentos empleados para la recolección de datos. El fin de tener el presente cuadro surge con el fin de facilitar su comprensión al visualizar cómo se combinan los distintos componentes metodológicos.

Preguntas	Objetivos	Variables	Dimensiones	Indicadores	Instrumentos
¿Cuál es la viabilidad económica de producir amoníaco verde para fertilizantes nitrogenados en provincia de Buenos Aires?	Evaluar la viabilidad económica de la producción de amoníaco verde a partir de hidrógeno verde en la región de Bahía Blanca, considerando la disponibilidad de recursos renovables y la infraestructura existente.	1. Viabilidad económica de la producción de amoníaco 2. Potencial de desarrollo industrial verde en la Región de Bahía Blanca	1.2. Costos de producción 1.3. Rentabilidad esperada 2.1. Contexto actual e histórico	Comparación de costos de producción de fertilizantes contaminantes y verdes. Inversión estimada para la instalación de una planta. Infraestructura existente en la ciudad de Bahía Blanca	Entrevistas a expertos Entrevistas a expertos Entrevistas a expertos
¿Qué resultados se pueden extraer de casos exitosos de producción e implementación de amoníaco verde en países limítrofes y a nivel global para el desarrollo de políticas públicas y estrategias de inversión en Argentina?	Investigar casos exitosos de producción e implementación de amoníaco verde en otros países, para formular recomendaciones aplicables para Argentina en términos de inversión y desarrollo industrial.	1. Viabilidad económica de la producción de amoníaco verde para fertilizantes	1.3. Rentabilidad esperada	Financiamiento requerido Proyección de producción de amoníaco verde anualmente	Entrevistas a profesionales Entrevistas a expertos
¿Cuál es el potencial de reducción de la huella de carbono de los fertilizantes nitrogenados argentinos mediante la adopción del amoníaco verde y el valor de exportación de los productos agrícolas nacionales?	Cuantificar el potencial de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero y el impacto en la competitividad de las exportaciones agrícolas argentinas derivado de la implementación del amoníaco verde en la industria de fertilizantes nitrogenados.	1. Viabilidad económica de la producción de amoníaco verde para fertilizantes 2. Potencial de desarrollo industrial verde en la Región de Bahía Blanca	1.3 Índice de precios de venta de fuentes de energía convencionales y renovables 2.2 Transición de hidrógeno gris a verde 2.3 Oportunidades	Precios de venta internacional de insumos energéticos Niveles de emisión de dióxido de carbono en la producción de amoníaco verde y convencional Interés de países extranjeros en los productos renovables argentinos	Entrevistas a expertos Entrevistas a expertos Entrevistas a expertos
¿Qué impacto tendría la transición energética en el desarrollo del sector agroindustrial argentino y en el país a nivel nacional?	Conocer las oportunidades que generará la transición energética a través de amoníaco verde para sus relaciones internacionales, el sector energético y agroindustrial	3. Competitividad del sector agroindustrial argentino	3.1 eficiencia y rendimiento de fertilizantes limpios 2.3 Oportunidades 2.4 Desafíos 3.2 Comercio Internacional de fertilizantes 2.3 oportunidades	Efectos sobre la economía argentina Marco regulatorio que contribuye con el comercio internacional en Argentina Impacto de los fertilizantes en el mercado internacional Cambios en la Normativa Argentina	Entrevistas a profesionales Entrevistas a profesionales Entrevistas a profesionales
¿Cuáles son las oportunidades y desafíos clave que presenta la implementación a gran escala de la producción de hidrógeno y amoníaco verdes en la región de Provincia de Buenos Aires Bahía Blanca, considerando su infraestructura actual y potencial en energías renovables?	Identificar y analizar las oportunidades y los desafíos técnicos, económicos y regulatorios para la producción a gran escala de hidrógeno y amoníaco verdes en la región de Bahía Blanca.	2. Potencial de desarrollo industrial verde en la Región de Bahía Blanca	2.4 Desafíos	Capacidad de Bahía Blanca y espacio físico necesario para gestionar prácticas sustentables Análisis de aceptación social y justicia ambiental	Entrevistas a profesionales

Figura 16: cuadro metodológico de la investigación. Elaboración propia

CAPÍTULO 4: ANÁLISIS DE RESULTADOS

4.1 Análisis de datos reunidos a través de entrevistas a expertos

Uno de los métodos de investigación fue la realización de entrevistas a expertos en el ámbito de estudio, amoníaco verde. Las personas elegidas para poder llevar a cabo las reuniones fueron, en primer lugar, Pedro Orbaiz, director de la carrera de Sustentabilidad en la Universidad de San Andrés, con gran trayectoria en la producción de hidrógeno verde a través de electrólisis; luego, Barbara Chantieri, quien tiene un puesto laboral en Y-TEC como tecnóloga, encargada de proyectos de nuevas energías, especialmente amoníaco verde y derivados del mismo. Por último, se realizó una entrevista en conjunto a Felipe Gallardo y Florencia Fagiano, ya que ambos trabajan en YPF en el estudio de producción de amoníaco verde.

Para poder analizar en profundidad los puntos de vista y percepciones de todas las personas mencionadas anteriormente, se utilizó el modelo de “semáforo” donde con los colores rojo, amarillo y verde se categorizan cada respuesta según su relación a los indicadores planteados. El color rojo, indica poco vínculo con el tema elegido; el amarillo, representa una posición neutral; y por último, el color verde refleja total similitud con el indicador correspondiente.

El siguiente cuadro comparativo demuestra las respuestas obtenidas de cada entrevistado, en base a los indicadores elegidos y las percepciones de cada uno.

Indicadores	Pedro Orbaiz	Bárbara Chantieri	Felipe Gallardo y Florencia Fagiano
Comparación de costos de producción de fertilizantes contaminantes y verdes	El NH ₃ verde es más caro que el fósil. Depende del costo de energía renovable y costo de capital.	La urea gris es menos costosa que la urea verde.	Los productos derivados de los combustibles verdes son más costosos que los fósiles.

Inversión estimada para la instalación de la planta	No cree en subsidios directos, sino en garantías para inversiones e infraestructura habilitante.	Aunque existe la producción de NH3 fósil, se debe prever ampliaciones de los sistemas para producir a gran escala para exportar.	Hay consorcios de 5 o 4 empresas que se hacen cargo de distintas partes del proyecto. Ya que, son muy caros, hay colaboración entre empresas.
Infraestructura necesaria para producir amoníaco verde existente en la ciudad de Bahía Blanca	Requiere de infraestructura que aún está en desarrollo. Dice que los electrolizadores alcalinos son mejores que los PEM y que Bahía Blanca es la opción lógica para producir amoníaco verde.	Bahía Blanca cuenta con su puerto. Pero, hacen falta ampliaciones para exportar NH3 verde en grandes volúmenes.	Necesidad de un puerto para recibir los equipos necesarios para energía, producción y exportación de productos. El estado debe involucrarse.
Proyección de producción de amoníaco verde anualmente	Económicamente depende de la existencia de un precio al CO2 de mercados que valoren la huella ambiental.	Hay en el país un proyecto "Gaicho" en Santa Cruz para producir NH3 verde. Con producción estimada de 3,51M de toneladas al año.	La instalación para la producción de NH3 verde se proyecta de 5 a 6 años, sin embargo, no hay certeza, porque no se sabe el tamaño del proyecto.
Precios de venta internacional de insumos energéticos	Es competitivo en mercados premium, el costo de H2 verde es alto y el de NH3 también.	El desafío es equiparar el precio de los productos verdes con los fósiles. Se espera que los desarrollos reduzcan los costos	Productos verdes más caros que los grises, se realiza una doble subasta (compras el H2 verde a un precio intermedio y se vende a un precio mayor)
Niveles de emisión de dióxido de carbono en la producción de amoníaco verde y convencional	Químicamente es igual, el rendimiento industrial es el mismo, la diferencia es en el proceso donde uno genera emisiones y el otro no. A la planta de producción en sí no le cambia nada.	No hay un nivel estimado pero el beneficio de uso de NH3 verde es simplemente para descarbonizar	La clasificación por colores es el método y emisión de la producción. Químicamente es igual. La molécula es la misma.
Interés de los extranjeros en los productos	Sería estratégico exportar fertilizantes verdes a Europa ya que cuenta con	Tenemos una limitación para exportar e importar ya	Producir productos de baja emisión permitiría entrar al mercado,

renovables argentinos	normas de contaminación. Lo más difícil es conseguir un offtaker.	que el costo es alto, dado que se considera la distancia a diferencia de otros competidores (África y EE. UU.)	mientras no haya precios competitivos, nadie va a pagar por algo premium. Para que la exportación funcione hay que competir con el gris.
--------------------------	---	---	---

Tabla 6: Cuadro comparativo de entrevistas a expertos. Elaboración propia

Al realizar el análisis del cuadro correspondiente a la figura 16, estudiado a través del modelo semáforo, se logró conocer las diferentes perspectivas de las cuatro personas entrevistadas, lo cual fue muy enriquecedor para poder llegar a diferentes conclusiones.

En general las respuestas de los cuatro entrevistados tienen una relativa coincidencia sobre el desarrollo de amoníaco verde para la producción de urea verde en la Provincia de Buenos Aires y su potencial de exportación al mercado internacional, considerando sus desafíos e implicancias respecto al amoníaco producido a través de combustibles fósiles.

Teniendo en cuenta el primer indicador, el cual hace referencia a los costos de producción de fertilizantes contaminantes y verdes, los cuatro expertos coinciden notablemente en sus respectivas respuestas. En primer lugar, Pedro Orbaiz, menciona que el alto costo surge en consecuencia de la energía renovable, asegurando que es un hecho que costo de producir amoniaco verde es mayor que producir el convencional, y en comparación con los demás, hizo énfasis en el costo de capital, característica que no se obtuvo en las otras entrevistas llevadas a cabo. Por otro lado, Bárbara Chantieri remarcó que la urea gris es menos costosa que la verde, haciendo foco en el fertilizante, en vez de en su insumo, que es el amoníaco. Finalmente, Florencia Fagiano y Felipe Gallardo tuvieron una opinión generalista al respecto, considerando más allá de los fertilizantes, sino a todos los posibles productos derivados de la energía verde.

En línea de los costos, se consultó acerca de la inversión estimada para la instalación de una planta de amoníaco verde. En este apartado, Pedro, Felipe y Florencia tienen pensamientos similares, por un lado, Pedro no cree en los subsidios directos, sino que considera las garantías para los inversores y que es necesaria una infraestructura que esté apta en términos de habilitación, y afirma que lo más importante es asegurarse de tener un *offtaker* asegurado antes de iniciar el proyecto. En cuanto a la respuesta de Bárbara sigue haciendo hincapié en la exportación y que es necesario invertir en ampliación de los sistemas de producción de amoníaco ya existentes y de los puertos para poder comercializarlo.

Respecto a la respuesta de Florencia y Felipe se describe en el capítulo 1.3, donde se señala exactamente lo que mencionaron los entrevistados, acerca de llevar a cabo grandes inversiones que necesitan como mínimo 5 o 6 empresas en consorcio para enfrentar grandes cantidades de dinero y poder dividirse diferentes partes del proceso, generando alianzas estratégicas y colaboración entre ellas. Es la mejor alternativa que analizaron ambos empleados de YPF para hacer el proyecto viable.

Considerando la infraestructura necesaria para evaluar la viabilidad de producir amoníaco verde, se tomó como objeto de estudio la ciudad de Bahía Blanca, por ende, se realizaron preguntas a los expertos sobre ello, para conocer sus puntos de vista. En principio Pedro tuvo una respuesta neutral en comparación con los otros tres expertos, ya que comentó que es necesario contar con energía renovable y si bien falta desarrollo, ya se cuenta con la planta de separación de aire. Por otro lado, Bárbara describe los atributos de Bahía Blanca, especialmente su puerto de aguas profundas, sin embargo, explicó que todavía hace falta expansión en el mismo, con el fin de que en un futuro se pueda exportar amoníaco verde en grandes volúmenes. Estas características fueron mencionadas en el capítulo 2.1 donde se describe el contexto actual de Bahía Blanca, también la

dimensión 2.4, donde se mencionan los desafíos respecto a las condiciones actuales del puerto en cuestión. Por último, Felipe y Florencia coinciden con la respuesta de Bárbara, mencionando que el puerto aún no cuenta con las capacidades necesarias para recibir de importaciones los equipos necesarios para instalar una planta, desarrollar energías renovables y exportar amoniaco verde en un futuro. La principal diferencia de la entrevista de ambos con Pedro y Bárbara es que mencionaron que el Estado argentino debe involucrarse en estos aspectos.

En relación con la proyección de producción de amoníaco verde anualmente, se seleccionó este indicador para realizar un análisis mixto, cualitativo y cuantitativo. Se eligió el tema mencionado en base al proyecto *NEOM Green Hydrogen Company* de Arabia Saudita, mencionado en el capítulo 1.3, con el fin de conocer si los entrevistados tuvieron alguna experiencia en casos similares ya sea dentro de Argentina o a nivel global, para que comenten valores numéricos respecto a cantidad de producción alcanzada.

No se obtuvieron las respuestas esperadas, sino que sólo Bárbara pudo proveer una devolución concreta, mencionando que en la provincia de Santa Cruz actualmente existe un “Proyecto Gaucho” destinado a producir NH₃ verde, el cual tiene una proyección estimada de producción de 3,51 millones de toneladas al año. En comparación, Florencia y Felipe no brindaron respuestas numéricas específicas, sino que hablaron de la proyección en años y que no cuentan con la certeza de la proyección de producción, debido a que no conocen proyectos y mucho menos tamaños de los mismos. Teniendo en cuenta la entrevista de Pedro, fue la más diferente de todas ya que no mencionó la fabricación de amoniaco verde, sino que consideró en su respuesta el precio del dióxido de carbono (CO₂) en mercados que valoran la reducción de contaminación, pero sí mencionó haberse reunido recientemente con una colega que estaba desarrollando una planta de fertilizantes verdes en Paraguay.

El quinto indicador, donde se detallan los precios de venta internacional de insumos energéticos, el objetivo de esta temática era recibir contestaciones acerca de valores numéricos concretos; aunque las respuestas no fueron las esperadas, en general fueron similares y tuvieron muchas coincidencias, una sola contestación fue neutral, la cual fue de Bárbara. La tecnóloga comentó que los inconvenientes de los precios de venta son que los productos verdes tienen una gran diferencia de precios, hacia el alta, en comparación con los fósiles, y para disolver el desafío, es necesario equiparar los renovables, para que puedan competir con los fósiles; además, ella considera que en el mercado se espera que se reduzcan los costos de los productos verdes en un futuro.

Al realizar el análisis de las respuestas de Pedro, Florencia y Felipe, fueron relativamente similares; no brindaron valores numéricos, pero coincidieron que los productos grises son más baratos en comparación con los verdes. Pedro, por su parte, hizo referencia a que los verdes pueden llegar a ser competitivos en mercados premium en caso de asegurar un *offtaker* dispuesto a pagar ese precio mayor y, por otro lado, Felipe y Florencia explicaron también la diferencia de precios entre ambos, argumentaron que, para enfrentar esta situación, se utiliza un moderador, que se asemeja a una subasta, donde se compra el hidrógeno verde a un precio intermedio y luego se vende a un precio mayor.

En cuanto al análisis sobre los niveles de emisión de dióxido de carbono en la producción de amoníaco verde y convencional se obtuvieron las siguientes respuestas por parte de los expertos. Pedro, Florencia y Felipe, coincidieron en sus opiniones, mencionaron que la molécula es químicamente igual, que se clasifica por colores en base a las diferentes formas de obtener esa molécula y que la diferencia es el método y nivel de emisiones en la producción. Como se especificó en el capítulo 2.2, la producción de amoníaco convencional emite alrededor de 1,8

toneladas de CO₂ por tonelada de la molécula producida, convirtiéndolo en un gran emisor de gases de efecto invernadero a nivel mundial. En comparación, con la alternativa verde que no produce esta contaminación. Por último, analizamos la respuesta de Bárbara, donde no hizo foco en el amoníaco tradicional contaminante, sino que únicamente nombró que el NH₃ verde es simplemente para descarbonizar, sin explicar valores numéricos ni procesos químicos, a diferencia de los demás expertos.

El último indicador pendiente de analizar hace referencia al interés de los extranjeros en los productos renovables argentinos; sobre el mismo, tuvimos respuestas variadas, correspondiente a las tres clasificaciones del semáforo (rojo, amarillo y verde).

Felipe y Florencia, por un lado, tuvieron la respuesta con menos coincidencia respecto al tema en cuestión y al resto de los entrevistados. No se obtuvo la respuesta esperada, ya que ambos hicieron enfoque en el mercado en general y no énfasis en la demanda o éxito/fracaso que podría tener Argentina a nivel internacional. Ellos mencionaron que las bajas emisiones de carbono generan una ventaja para entrar en la comercialización internacional, explicando acerca de precios competitivos y que es necesario competir con los productos grises para poder impactar al mercado y satisfacer las necesidades del mismo.

Considerando la contestación de Bárbara, fue neutral, dado que ella se enfocó en la ubicación geográfica de otros países, comentando acerca de la limitación para exportar e importar, diciendo que los costos son elevados, sin especificar si realmente Argentina cuenta o no con el potencial de generar interés en el extranjero; tuvo en consideración la distancia de posibles competidores del país, ejemplificando con EEUU y África.

En línea con la devolución más acertada, clasificada con el color verde, fue la de Pedro, el cual respecto a su análisis respondió que sería estratégico exportar fertilizantes verdes a Europa ya

que cuenta con normas de contaminación; es decir, que tendría fuerte interés de importar productos de origen argentino. Nuestro país es un punto geográfico que destaca por la calidad de sus recursos naturales. En caso de que se lograra la producción nacional de amoníaco verde, Europa podría ser un posible comprador, ya que valora los productos verdes y observa el potencial de la nación para fabricarlo diciendo que por cómo se están regulando las cosas en la Unión Europea, este sin duda el camino que empezamos a tomar globalmente.

Para finalizar con el análisis de las respuestas obtenidas de los diferentes expertos entrevistados, concluimos que la mayoría de las devoluciones coinciden o tienen una alta semejanza en sus pensamientos, todos aportaron que los productos verdes tienen un alto costo en comparación con los grises, representando un desafío para su producción y posible exportación hacia otros países, no obstante, coincidieron que el potencial que tiene Bahía Blanca es clave, por más de que aún le falte desarrollo y ampliación en su infraestructura y capacidad para comercializarlo en gran escala; todos ellos concluyendo que para llevar a cabo este tipo de proyectos se requieren de varios años, proyección a largo plazo, grandes inversiones y análisis de las oportunidades de mercado.

4.2 Análisis de datos recogidos mediante cuestionarios a profesionales

Con el objetivo de realizar el análisis a los profesionales entrevistados en el cuestionario, realizamos un cuadro (ver Tablas 7 y 8) que nos permite comparar las diferentes respuestas obtenidas en los cuestionarios enviados durante el trabajo de investigación, respecto a diferentes temas como aceptación social, gestión de prácticas ambientales, infraestructura necesaria, normativas, regulaciones, financiamiento requerido, efectos económicos a nivel nacional y mercado internacional. El enfoque está puesto en el sur de la Provincia de Buenos Aires, especialmente en la Ciudad de Bahía Blanca.

El siguiente cuadro sigue un patrón que se asemeja al modelo del “semáforo”. Para ello se asignaron los diferentes colores, rojo, amarillo y verde, para identificar similitudes y diferencias en las respuestas obtenidas.

A continuación, se explica el significado de cada color usado: en caso de que el cuadrante de la respuesta sea de color rojo, significa que las posturas de las personas son totalmente heterogéneas entre sí. Las celdas de color amarillo, por su parte, representan respuestas intermedias, neutrales, que no forman parte de ningún extremo considerado. Por último, el color verde refleja patrones de alta similitud en las respuestas de los profesionales entrevistados.

Indicador	Santiago Rodríguez Bauza	Regina Ranieri	Tomas Berney
Análisis de aceptación social y justicia ambiental	Cada vez hay más conciencia, y reconocimiento de valor para reducir la huella de carbono. Se debe entrar en la masificación, no sólo en el ámbito privado, sino público/mixto.	Dificultad en los incentivos de la transición. Mientras que se pague “más caro” por algo “más limpio” sin que el consumidor lo perciba como premium, se dificultará la transición.	Los compradores de productos verdes solo se interesan por su competitividad económica. No hay igualdad de precios y condiciones que hagan atractiva la elección de productos verdes. Se requiere de penalidades y

		Es importante que exista penalidad a las fuentes contaminantes.	regulaciones firmes para impulsar la demanda.
Capacidad de Bahía Blanca y espacio físico necesario para gestionar prácticas sustentables	Se necesita una transformación educativa, considerar aspectos globales y amplios. Se requiere trabajar sobre las mejores prácticas para tener mejores costos y mayores beneficios.	Se necesita compromiso medioambiental y conocimiento en finanzas sostenibles. Las empresas sostenibles, tienen otros beneficios.	La gestión requiere que los accionistas sacrifiquen retornos financieros a cambio de una menor huella de carbono. Se necesita que la Sociedad deje de consumir productos de alta huella para viabilizar proyectos sostenibles.
Cambios de la normativa Argentina	Las regulaciones que influyeron negativamente en mis proyectos fueron, reglamentaciones tardías y discrecionales a nivel provincial y municipal.	Influencias fueron las leyes de incentivos, impuestos al carbono, leyes de promoción, licitaciones públicas de largo plazo y políticas a favor de las inversiones.	Las políticas más significativas suelen ser reducciones impositivas para los proyectos, subsidios, cuotas mínimas de consumo, instrumentos de financiamiento de parte de entes públicos para este tipo de proyectos.
Marco regulatorio que contribuye a la descarbonización en Argentina	Almacenamiento compartido, móvil e intercambio bidireccional	Hace falta implementar una política energética productiva	Hace falta la reducción impositiva, para lograr que los proyectos sean económicamente viables.
Financiamiento requerido	Créditos a tasa referencial para alcanzar TIR menos a 4 años	Largo plazo, previsibilidad y seguridad jurídica.	Plantear contratos de venta a largo plazo por un volumen y precio fijos para atraer interés extranjero.
Efectos sobre la economía argentina	Positivo: Refuerza la Gestión Avanzada de la Energía.	Positivo	Positivo: dependerá de las regulaciones, exenciones impositivas y cuotas mínimas de consumo para las industrias

Impacto de los fertilizantes en el mercado internacional	Positivo: dependemos del análisis de caminos, interpretación y adaptación.	Positivo	Positivo: es viable con el contexto adecuado para que suceda y dado a resultados extranjeros
--	--	----------	--

Tabla 7: cuadro comparativo de las respuestas de los profesionales. Elaboración propia

Indicador	Gustavo Herrá	Emilio José Martín	Mariano Hernán Cassina
Análisis de aceptación social y justicia ambiental	Percibido como importante, pero no es rápido de adquirir. Hay que insistir en la comunicación, aprendizaje y reuniones.	Percibe adopción de insumos y soluciones de baja huella, como “paso necesario e inevitable”. Hay conciencia sobre sostenibilidad. La transición cambia hábitos y modelos de gestión al facilitar la aceptación con eficiencia y reducción de costos.	Puede haber mayor resistencia a la adopción en el ámbito del campo en principio. Depende según el tipo de actor que se analice.
Capacidad de Bahía Blanca y espacio físico necesario para gestionar prácticas sustentables	Se debería fomentar la mentalidad al uso racional de los recursos, promover capacitaciones y comprometer a la gente.	Hay que liderar con el ejemplo, con un cambio genuino.	Presencia de KPI, que midan proyección de sostenibilidad. Liderazgo a nivel organizacional y capacitaciones al personal.
Modificaciones de la normativa Argentina	No recuerda efectos directos. No conoce políticas positivas a largo plazo.	No recuerda haber tenido problemas con regulaciones o políticas.	El Estado debería impulsar el financiamiento verde o acceso al mismo, con tasas preferenciales para cumplir a nivel normativo.
Marco regulatorio que contribuye a la descarbonización en Argentina	Aún falta fomentar una política de implementación de energías renovables.	No faltan regulaciones, sino una mirada integral de la demanda responsable.	Falta un marco integral de hidrógeno y sus derivados. Certificado de huella de carbono, incentivos fiscales y arancelarios y coordinación en los

			diferentes niveles de gobierno.
Financiamiento requerido	Necesitamos un proyecto rentable y atractivo para inversores externos	Siempre trabajó con financiación propia	Necesitamos certidumbre regulatoria y contractual. Además, presencia de organismos multilaterales.
Efectos sobre la economía argentina	Positivo: contamos con los recursos.	Considera que depende de empresas multinacionales extranjeras (Toyota)	Positivo: el país puede lograr a largo plazo una economía de hidrógeno, ya que hay potencial
Impacto de los fertilizantes en el mercado internacional	Positivo: faltaría inversión en producir amoníaco verde.	Dice no tener conocimientos sobre el mismo	Positivo: hay recursos naturales, potencial estructural, gran territorio y baja densidad poblacional contra otros países.

Tabla 8: cuadro comparativo de las respuestas de los profesionales. Elaboración propia

Al realizar el análisis de los cuadros correspondientes a las Tablas 7 y 8, estudiados a través del modelo semáforo, se pudo conocer las diferentes perspectivas de las seis personas entrevistadas, lo cual fue muy enriquecedor para poder llegar a diferentes conclusiones, entre ellas la posible oportunidad positiva de que Argentina tiene muchos de los componentes y recursos necesarios para desarrollar amoníaco verde a partir de hidrógeno verde, con la oportunidad de exportarlos en los mercados internacionales con destinos como Europa y Asia.

Por otro lado, destaca la necesidad de tener un Estado presente en este tipo de proyectos con la implementación de un marco regulatorio que acompañe la transición energética, normas como en la Unión Europea que en algunos casos ya obliga a las empresas a implementar prácticas sustentables para reducir la contaminación y cumplir con los Objetivos de Desarrollo Sustentable.

También se pudo analizar el estado actual de la sociedad y su interés sobre este tipo de transición y prácticas más sostenibles. Sobre esto no se obtuvieron los escenarios esperados, ya que no es el apoyo e interés lo que está predominando en esta iniciativa, sino que el principal componente que no permite la transición es el alto costo a comparación de los tradicionales. Hasta que no se obtengan precios competitivos, los derivados de las energías renovables no van a lograr el protagonismo que merecen.

Finalmente, por parte del financiamiento será necesario presentar proyectos que demuestren realmente la rentabilidad y beneficios esperados ya que se puede concluir que el costo de producción de cero, sumando toda infraestructura necesaria, planta, transporte, y demás recursos necesarios, demanda una enorme inversión inicial.

4.2.1 Análisis semántico de Osgood

Luego de haber elaborado la metodología “semáforo” para poder seguir profundizando el estudio de las respuestas de los profesionales, se optó por el utilizar el Análisis Semántico de Osgood, el cual permite comparar y analizar las diferentes miradas y percepciones de las personas a través de escalas que permiten evaluar actitudes por medio de diversas dimensiones.

En base a los siete indicadores establecidos, se elaboraron tres escalas con el fin de conocer las relaciones entre las respuestas recibidas, las cuales permiten realizar un análisis dinámico de devoluciones.

Con el objetivo de conocer las percepciones de las personas entrevistadas, se consideraron diferentes temáticas, abarcando la aceptación social y marco normativo, la viabilidad técnica y económica y por último el impacto en mercados internacionales.

En principio, se escogió comprender las miradas respecto a la aceptación social y el marco normativo, clasificando las respuestas del 1 al 5, el primero siendo muy desfavorable y el último

siendo muy favorable, en base a la contestación de los entrevistados se define el número que le corresponde. Para llevarlo a cabo, se consideró como base a las preguntas 3,5 y 6 de las entrevistas realizadas a profesionales (anexo 2).

La escala utilizada permite visualizar la postura respecto a la temática consultada, por un lado, muy desfavorable respecto a una postura en contra de la implementación de normativas verdes y a favor de la resistencia social y, en cuanto a la escala muy favorable, considera las respuestas de las personas que están a favor de nuevas normas que contribuyan al uso de energía renovable y permitan que la sociedad acepte dichos procedimientos y puesta en marcha de nuevos proyectos.

Primera escala: Legal y social

En base al análisis de las distintas respuestas durante las entrevistas a los profesionales, desarrollamos la primera escala, unificando indicadores que tienen cierta relación y se las redujo a un solo análisis. La escala permite reconocer opiniones en cuanto a la implementación de normativas verdes y futuras reacciones de la sociedad respecto al tema, como se menciona en los capítulos 2 y 3. En la siguiente figura, se refleja la percepción de los entrevistados respecto a las temáticas mencionadas.



Figura 17: Primera escala de Osgood - legal y social. Elaboración propia.

Se pueden visualizar puntos de vista intermedios sobre la necesidad de nuevas regulaciones para llevar a cabo proyectos renovables y la aceptación de la sociedad, con un promedio de 3. Todas las personas entrevistadas, trabajan actualmente en proyectos de energía renovable, poseen gran trayectoria en este tipo de sector, además del conocimiento en la industria energética; por tal motivo, se los eligió con cautela para continuar con la investigación de estos ámbitos.

La gran mayoría de ellos mencionaron que no es excluyente que existan normativas legales para poder implementar energías que descarbonicen al medioambiente, ya que, si solo se depende de eso, no se podría ejecutar ninguna idea. La mayor parte de los entrevistados inclinó sus respuestas en que sería favorable la implementación de un marco regulatorio e indicadores sociales que son indispensables para poder ejecutar el mismo; los profesionales opinaron que la aceptación social es uno de los factores más desafiantes a la hora de poder realizar una transición energética, es un aspecto clave que se debe tener en cuenta para evitar futuros inconvenientes y demoras en la implementación y fabricación necesaria para obtener productos renovables.

En situaciones particulares, como el de Santiago Rodríguez Bausa y Emilio José Martín, no perciben al marco regulatorio como un aspecto fundamental para poder llevar a cabo proyectos, aunque Santiago relató situaciones empresariales personales, haciendo foco en la masificación y sector privado y público, en cuanto a las normativas, mencionó aspectos que podrían potenciarse con leyes, aunque no lo consideró como prioritario ni excluyente para que se puedan llevar a cabo proyectos. Por otro lado, Emilio se inclinó por un enfoque más humano y social, mencionando cambio de hábitos, aceptación y eficiencia, sin embargo, en cuanto al marco regulatorio, considera que no hacen falta y que solo se necesita mirada integral

Estos datos coinciden con lo descrito en el capítulo 2, respecto a la consideración de la participación ciudadana y la transparencia necesaria previa a realizar cualquier tipo de expansión industrial, concluyendo que, si se pasa por alto, podrían surgir resistencias sociales y perjudicar el inicio y puesta en marcha de proyectos industriales. Sin embargo, varios entrevistados hacen referencia a que las normativas regulatorias no deberían ser obligatorias, ya que no se podría llevar a cabo ninguno de los proyectos planificados.

Segunda escala: Economía e infraestructura

Esta relación entre indicadores tuvo como objetivo analizar la economía de Argentina y la infraestructura en puntos clave, la relación surge del potencial de desarrollar un puerto en Bahía Blanca, su capacidad de producción para colocar una planta y su viabilidad económica a través del indicador de financiamiento. Dicha escala nos permite observar las opiniones relacionadas a dichos indicadores mencionados en el capítulo 2. A continuación se observa la figura que refleja las respuestas sobre los distintos indicadores.



Figura 18: Segunda escala de Osgood- Economía e infraestructura. Elaboración propia

A comparación de la escala anterior, se puede visualizar en la presente que las respuestas de los profesionales fueron más positivas al respecto sobre el despegue de la economía argentina y la posibilidad de un desarrollo de crecimiento sostenible de Bahía Blanca.

En resumen, la mayoría de los entrevistados comentaron que conocen sobre el potencial del puerto de Bahía Blanca y comparten la idea de que el mismo cuenta con los recursos para ser aprovechados al máximo para el desarrollo de una economía verde en la República Argentina.

En esta escala obtuvimos un promedio de respuesta del 3,83, indicando una coincidencia aceptable entre los profesionales sobre el potencial transformador del proyecto. La mayoría de los entrevistados coincidió en sus conocimientos sobre las capacidades y activos estratégicos que tiene el polo petroquímico y el puerto de Bahía Blanca, que no solo se lo conoce por el beneficio regional que posee, sino como un motor clave para el desarrollo de una imponente economía verde en la República Argentina, posicionando al país como un actor relevante en el mercado de vectores energéticos limpio y fertilizantes sostenibles. Sin embargo, aunque todos coinciden acerca de las óptimas condiciones que tiene la ciudad en estudio, todos tienen en cuenta que aún se necesita más infraestructura.

Por un lado, Santiago y Regina, quienes hicieron foco en Bahía Blanca, ambos concluyeron que aún se necesita transformación para producir amoníaco verde. Santiago, tuvo una postura acerca de valores numéricos, mencionando una mejora en costos y beneficios. Por otro lado, Regina, hizo hincapié en aspectos medioambientales y finanzas sostenibles, explicando que dicha transformación trae diversos beneficios.

En cuanto a Tomás, Gustavo y Mariano, los tres tuvieron respuestas neutrales, Tomás, no hizo foco en la infraestructura en sí, sino en el financiamiento necesario para poder mejorarla y el deber de la sociedad para potenciar estos proyectos. Gustavo, describió aspectos sociales y

humanos, demostrando que se necesitan capacitaciones y compromiso de las personas. Mariano, fue el único de los entrevistados en explicar que se necesita la presencia de KPI que permitan medir la proyección de sostenibilidad, también mencionó aspectos similares a Gustavo como las capacitaciones al personal y el liderazgo organizacional. En último lugar, la escala con valor 1, corresponde a Emilio José Martín, quien mencionó que es necesario liderar con el ejemplo, con un cambio genuino, sin proveer una respuesta concreta sobre lo que se le preguntaba.

Este análisis y las respuestas obtenidas no fueron las esperadas, el objetivo era conocer un poco sobre las perspectivas de cada persona, respecto a la zona de estudio: Bahía Blanca. Ninguno de los entrevistados mencionó la ciudad, sino que hicieron foco en la gestión de prácticas sustentables a nivel general, el rol de los recursos humanos para poder adaptarse a esta transición y el financiamiento requerido.

Tercera escala: Mercados internacionales

Esta relación vincula los indicadores sobre el impacto de los fertilizantes en el mercado internacional y también los efectos que tendría en la economía argentina. Dicha escala permite analizar el impacto de estos mercados. Las respuestas de los entrevistados fueron en base a sus experiencias y conocimientos sobre el mundo de los fertilizantes convencionales y verdes. Dicha investigación teórica se presenta en el capítulo 3.

Para realizar la última escala, se realizó en base a las preguntas 4 y 10.



Figura 19: Tercera escala de Osgood- Mercados internacionales. Elaboración propia

Finalmente, en la última escala se puede observar que la gran mayoría de las respuestas de todas las entrevistas realizadas tienden a ser positivas. Esta temática se centra en la visión estratégica a largo plazo del mercado. Se focalizó en la competitividad internacional y el impacto económico nacional.

Existe una opinión fuerte respecto a los fertilizantes verdes argentinos, donde se menciona que obtendrán una parte significativa en los mercados europeos y asiáticos, que demandarán cada vez más productos de baja huella de carbono, esta situación representa una ventaja competitiva para el sector agroindustrial argentino, con el fin de que pueda elevar su posición comercial internacional e incrementando su alcance hacia nuevas naciones.

El alto nivel de coincidencia en estos temas clave consolidó el análisis, cerrando las escalas con un promedio de respuesta de 4,33 con alta viabilidad y potencial estratégico para el país.

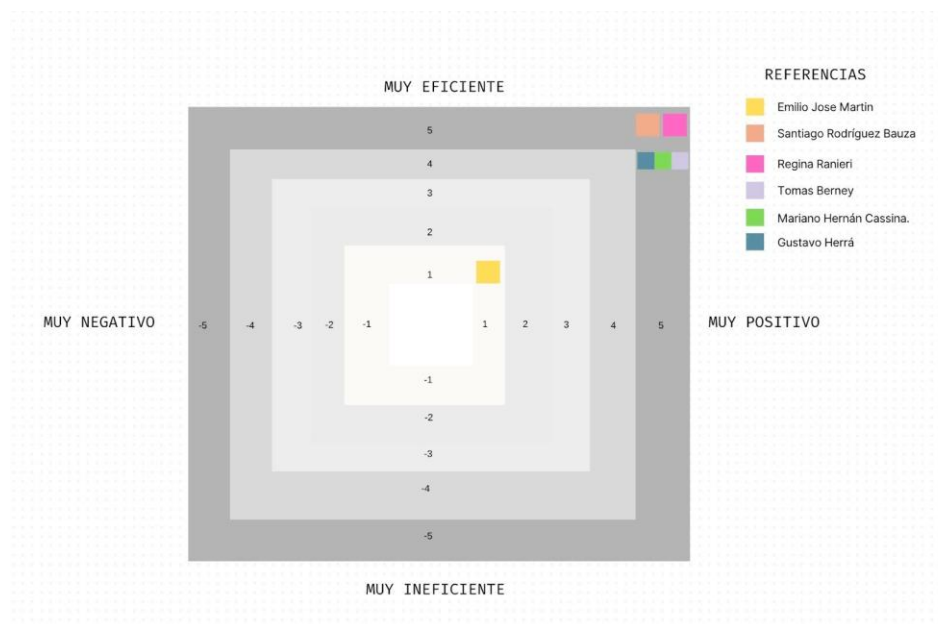


Figura 20: Matriz de Osgood 1 - legal y social con económico e infraestructural.

Elaboración propia.

La figura, presentada es el resultado de la interacción de las escalas legal y social con económico e infraestructural, nos permite identificar una clara tendencia positiva, esta tendencia indica que un marco regulatorio de normativas y una aceptación social favorable son fundamentales para desarrollar un impacto económico y para realizar una infraestructura en el sector del amoniaco verde.

La mayoría de los entrevistados expresaron que no es obligatorio contar con normativas legales para poder llevar a cabo este tipo de proyectos, ya que, si solo se dependiera de este factor, entonces no habría ejecución. Sin embargo, descubrieron que contar con la existencia de este tipo de normas, podría ayudar a potenciar ciertos aspectos relacionados y mejorar la situación. Además, consideraron los aspectos sociales en la mayoría de los casos como un factor importante a tener en cuenta.

La existencia de esta tendencia positiva destaca que el parámetro regulatorio y los incentivos no son indispensables para reducir el riesgo asociado a los proyectos de gran magnitud,

pero que pueden contribuir de manera benéfica si existieran. Dado que la inversión estimada para una planta de amoníaco verde es alta y no puede ser asumida sin el compromiso de consorcios empresariales que requieren de normativas estables para asegurar la recuperación de capital y la competitividad frente al amoníaco gris.

El impacto infraestructural se concentra en la región de Bahía Blanca, cuya capacidad industrial instalada y su puerto de aguas profundas son activos clave. Las normativas y la planificación territorial adecuada son las que permiten integrar de manera eficiente el suministro de hidrógeno y amoníaco verde, facilitando luego la logística de exportación. Sin un soporte legal, la infraestructura se vería comprometida.

En última instancia, la tendencia positiva indica que implementar un marco normativo adecuado se logra reduciendo la brecha de costos entre fertilizantes verdes y convencionales contaminantes. Lo que permite que el sector agroindustrial argentino pueda alinearse con las exigencias ambientales de mercados globales como Europa y Asia, mejorando la competitividad de las exportaciones agrícolas y posicionando al país como un actor clave en la transición energética global.

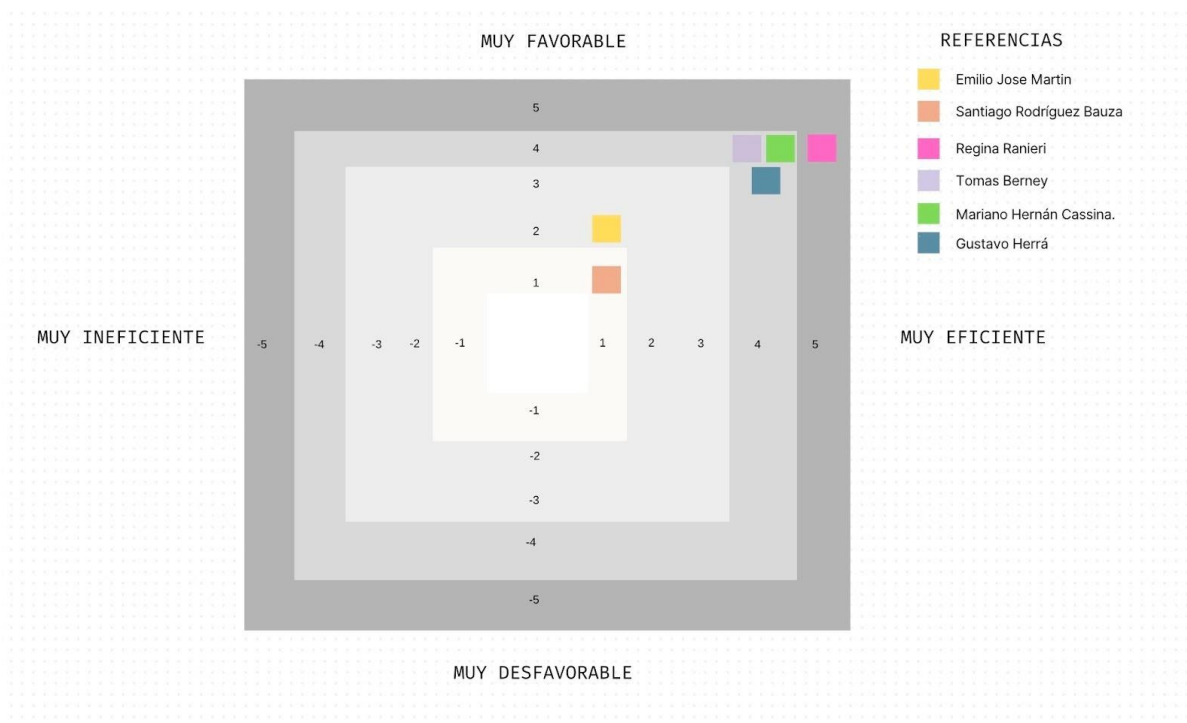


Figura 21: Matriz de Osgood 2 - economía e infraestructura, impacto en mercados internacionales. Elaboración propia.

En la segunda matriz de Osgood se sintetiza la relación crítica entre la capacidad económica y la base infraestructural de Argentina con la posibilidad de incursionar y ser competitivo en los mercados globales de productos de bajas emisiones de carbono.

Esta figura demuestra que el principal desafío es la vinculación de la economía y la infraestructura y su impacto directo en el mercado internacional. La producción de amoníaco verde es un proyecto con alto costo de financiamiento y una infraestructura de nivel masivo, que son barreras de entrada significativas.

Para competir globalmente Argentina necesitará de una infraestructura de exportación, la capacidad para alcanzar mercados internacionales depende de la infraestructura logística. La región de Bahía Blanca es estratégica debido a su puerto, esencial para el embarque de amoníaco

a gran escala y la infraestructura de transporte requerida para conectar la planta productora con los mercados de destino, aspirando a mercados europeos y asiáticos.

4.3 Análisis de casos de éxito y de fracaso

4.3.1. Caso de éxito: Iberdrola

Iberdrola es una empresa española fundada a principios del siglo pasado como consecuencia de los cambios provenientes de la Segunda Revolución Industrial. Fue migrando durante los años hasta lo que es hoy con el propósito de construir un modelo energético más eléctrico, saludable y accesible¹⁹. Hoy en día tiene participación en 8 países, más de 47.624 MW de capacidad renovable instalada en todo el mundo y está valuada en más de 8.700 millones de dólares²⁰.

Hasta ahora, la empresa ya ha iniciado más de 60 proyectos de hidrógeno verde en el mundo y tiene una cartera de proyectos que requieren aproximadamente 9.000 millones de euros al 2030 en inversiones para producir 400.000 toneladas al año de hidrógeno verde. El proyecto más destacable es la Planta de Puertollano inaugurada por el Rey Felipe VI en el 2022 con el fin de sustituir el gas importado por hidrógeno verde en la producción de amoníaco para fertilizantes²¹.

En ella se invirtieron 150 millones de euros para construir tanto la planta en sí como una central fotovoltaica exclusiva para su funcionamiento, que puede producir hasta “3.000 toneladas de hidrógeno verde anuales y evitar la emisión de 78.000 toneladas de CO2 al año”²¹. Además, la misma cuenta con el electrolizador más grande de Europa (20 MW), un elemento clave en el proceso.

En junio del 2023, Iberdrola firmó con Trammo, una empresa comercializadora y distribuidora marítima mundial de amoníaco, un acuerdo histórico en Europa para exportar hasta

¹⁹ Página oficial Iberdrola: <https://www.iberdrola.com/conocenos/nuestra-empresa/nuestra-historia>

²⁰ Página oficial Iberdrola: <https://www.iberdrola.com/conocenos/nuestra-empresa/nuestra-marca>

²¹ Página oficial Iberdrola: <https://www.iberdrola.com/sala-comunicacion/noticias/detalle/su-majestad-el-rey-inaugura-planta-hidrogeno-verde-puertollano>

100.000 toneladas al año de amoníaco verde a partir del 2026. Para esto se invirtieron 750 millones de euros (aproximadamente 900 millones de dólares) de fondos europeos, se espera generar hasta 3.500 puestos de empleo local²². Uno de los puntos más favorables destacados en su comunicado de prensa sobre la sostenibilidad de este proyecto es que se podrá reducir “más de un 40% el consumo de agua empleado respecto a una planta de amoníaco gris”²².

El caso Iberdrola resulta importante para ver cómo una empresa puede abarcar diferentes actividades, ser líder y mantenerse sostenible cumpliendo con los ODS. Esto es, viendo que además del hidrógeno verde también trabajan con energía eólica marina y terrestre, plantas de energía fotovoltaica e hidroeléctricas, así como redes inteligentes o *smart grids* que conectan de forma inteligente las diferentes redes eléctricas de forma bidireccional, mejorando la eficiencia y el ahorro eléctrico²³.

Específicamente con el amoníaco verde, encontraron una oportunidad de mercado y una alternativa para descarbonizar la industria y contribuir a la lucha contra el cambio climático, sin dejar de ser rentables. Buscaron aliados clave como Trammo y aseguraron confiabilidad y certidumbre para sus inversores. Vieron el crecimiento de mercado para los usos del amoníaco verde y los aprovecharon con una mirada a largo plazo. Ya tiene instalados 40GW de energías renovables alrededor del mundo y busca expandirse a 80GW para el 2030²⁴, y con esto logra resultados anuales mayores a 5.000 millones de euros al año (2025)²⁴. Es un claro ejemplo de producir amoníaco verde para fertilizantes a partir de hidrógeno verde es económicamente viable,

²² Comunicado de prensa Iberdrola – 9 de junio de 2023, <https://www.iberdrola.com/documents/20125/3238205/NI2023.06.09-Iberdrola-Trammo-firman-mayor-acuerdo-exportacio%CC%81n-amoniac-verde-de-europa.pdf>

²³ Página oficial Iberdrola, <https://www.iberdrola.com/conocenos/nuestra-actividad/smart-grids>

²⁴ Presentación de resultados financieros – octubre 2025, <https://www.iberdrola.com/documents/20125/5495484/resultados-259M.pdf>

genera un impacto social positivo y contribuye a descarbonizar la industria en la lucha contra el cambio climático.

4.3.2. Caso de fracaso: Proyecto GRAMLI

El proyecto GRAMLI (*Green Ammonia Linz*) se inició en abril del 2023 en Austria por la empresa VERBUND AG, la principal compañía energética del país, dedicada a dar soluciones integrales a otros negocios sobre redes de electricidad, gas, sistemas fotovoltaicos a gran escala, movilidad eléctrica, entre otros. Fundada en 1947, hoy el 51% de la participación en la compañía corresponde a la República de Austria, y el 97% de su producción proviene de fuentes renovables²⁵.

Si bien son expertos en energías renovables, sus proyectos de hidrógeno verde son pocos y están en desarrollo, como el H2FUTURE, iniciado en el 2017 junto con Voestalpine y Siemens Energy para generar este vector verde con el fin de dedicarlo a la industria siderúrgica²⁶. O también el proyecto “*Underground sun storage*” que permite almacenar hidrógeno verde en un depósito subterráneo cuya capacidad equivale “al excedente de energía estival (solar) producido por unos 1000 sistemas fotovoltaicos en viviendas unifamiliares. Este excedente se almacena durante el verano y puede reutilizarse en invierno para generar electricidad y calefacción”²⁷.

Si bien estos son dos proyectos exitosos que tuvo la compañía con el hidrógeno verde, no le ocurrió lo mismo cuando intentó poner una planta de amoníaco verde. El proyecto GRAMLI se desarrolló con el fin de construir un electrolizador de 60MW que produzca 7.000 toneladas de hidrógeno renovable para la producción de 40.000 toneladas de amoníaco verde al año que permita descarbonizar la industria y evitar aproximadamente 931.123 toneladas de CO2 equivalente. También se buscaba demostrar la eficiencia de un electrolizador PEM innovador y a gran escala que se integre a una planta ya existente de amoníaco y que derive en melanina, fertilizantes y otros

²⁵ Página oficial Verbund, <https://www.verbund.com/de/business>

²⁶ Página oficial H2FUTURE, <https://www.h2future-project.eu/en>

²⁷ Comunicado de prensa USS, <https://www.uss-2030.at/presse/pressemeldungen/underground-sun-storage-weltweit-erster-geologischer-wasserstoffspeicher-geht-in-betrieb-1>

productos nitrogenados, pero de forma verde y con un potencial de reducir en un 156% las emisiones de gases de efecto invernador en comparación al escenario de referencia (EU, 2023).

Este proyecto requería de una inversión de 48.5 millones de euros por parte del Innovation Fund (INNOVFUND), uno de los programas de financiamiento más grande del mundo especializado en tecnologías innovadoras y de cero emisiones netas²⁸.

Si bien tenían visión y objetivos a largo plazo, con fecha de finalización proyectada del 31 de diciembre de 2025, el 10 de septiembre de este año publicaron en un comunicado de prensa que el proyecto GRAMLI “no continuará en el entorno económico actual”²⁹. La compañía inicia destacando el potencial del proyecto y reforzando su compromiso con la sostenibilidad, pero concluyen que

La situación económica europea está frenando las inversiones en investigación, producción y desarrollo de infraestructuras y (...) que a pesar del progreso y la madurez significativos del proyecto, su viabilidad económica no es posible actualmente debido a la insuficiencia de los compromisos de financiación pública²⁹.

A pesar de lamentar la decisión, no descartan la posibilidad de reanudar el proyecto en el futuro, “bajo un nuevo contexto económico y regulatorio”²⁹.

El presente caso muestra la contracara del proyecto de Iberdrola, donde la falta del capital principal necesario para la ejecución de un proyecto lleva a que éste deba ser pausado indefinidamente o cancelado. Para que una empresa alcance sus objetivos de sostenibilidad y Responsabilidad Social Empresaria en el tiempo, no alcanza con tener grandes ambiciones y numerosos proyectos, debe contarse con la certeza financiera de que el mismo pueda iniciarse y

²⁸ Página oficial de la Comisión Europea, <https://ec.europa.eu/info/funding-tenders/opportunities/portal/screen/programmes/innovfund>

²⁹ Comunicado de prensa Verbund, <https://www.verbund.com/de/konzern/news-presse/presseaussendungen/2025/9/10/gramli>

sostenerse. Es ahí donde aparece el riesgo nato de todo proyecto de inversión, donde deben tenerse planes de contingencia para evitar fines decepcionantes como el de GRAMLI.

TRIANGULACIÓN METODOLÓGICA

El presente trabajo de investigación sobre el *Impacto y viabilidad económica de la utilización del amoníaco verde para la producción de fertilizantes nitrogenados en la Provincia de Buenos Aires* fue realizado a partir de un enfoque mixto, el cual incluye métodos cualitativos y cuantitativos para generar un profundo análisis sobre el tema seleccionado. Se usaron ambos métodos para analizar y recolectar datos con el fin de obtener una perspectiva global de la temática.

Las tres fuentes de trabajo de campo seleccionadas fueron: entrevistas a expertos, cuestionarios a profesionales y análisis comparativos de un caso de éxito (Iberdrola) y un caso de fracaso (GRAMLI). Las mismas permitieron articular una lectura coherente y completa sobre la viabilidad de producción del amoníaco verde en Bahía Blanca.

Las entrevistas a expertos aportaron la explicación técnica y estratégica del tema, confirmaron la factibilidad del proceso a partir de hidrógeno verde, destacaron el papel del amoníaco como vector energético y materia prima para fertilizantes, como así también las condiciones económicas necesarias para el desarrollo de este tipo de proyectos. Esto último incluye la diferencia de costos entre un insumo gris y uno verde, la inversión inicial necesaria para infraestructura y logística, así como la necesidad de marcos regulatorios y contratos claros con *offtakers* para reducir la incertidumbre comercial y los riesgos del proyecto de inversión.

Para esto se utilizó el modelo de “semáforo” donde con los colores rojo, amarillo y verde se categorizaron cada una de las respuestas obtenidas según su relación con los indicadores plateados. Se concluyó que las respuestas de los entrevistados en su mayoría coinciden o tiene una alta semejanza en sus pensamientos, todos aportaron que los productos verdes tienen un alto costo en comparación con los grises, representando un desafío para su producción y posible exportación

hacia otros países. No obstante, coincidieron que el potencial que tiene Bahía Blanca es clave, por más de que aún le falte desarrollo y ampliación en su infraestructura y capacidad para comercializarlo en gran escala; todos los expertos entrevistados concluyeron que para llevar a cabo este tipo de proyecto se requieren de varios años, proyección a largo plazo, grandes inversiones, alianzas entre varias empresas y análisis de las oportunidades de mercado.

Luego, los cuestionarios a profesionales complementan esa perspectiva desde sus experiencias. Las respuestas obtenidas reflejan una percepción generalizada de que el amoniaco verde tiene una brecha de competitividad frente al amoniaco convencional por su mayor costo, pero también reconocen una oportunidad de mercado ligada a la demanda creciente de insumos sostenibles y sin emisiones de carbono en su producción, lo cual aumenta el potencial exportador del sector agroindustrial argentino. De acuerdo con el análisis realizado a través del modelo de “semáforo” y luego el análisis de Osgood, se observa una tendencia favorable hacia la transición energética, la cual se ve condicionada por la ausencia de *oftakers* definidos y por la percepción de riesgo económico.

Además, las respuestas obtenidas de los cuestionarios ponen en evidencia preocupaciones recurrentes como la necesaria modernización portuaria, disponibilidad de espacio para las plantas de producción y parques eólicos, la aceptación social y las limitaciones regulatorias. Todas ellas coinciden con las sugerencias propuestas por los expertos, lo cual refuerza la consistencia entre la percepción profesional y el diagnóstico de los especialistas.

Finalmente, el estudio de casos aporta evidencia práctica que valida las conclusiones anteriores. En primer lugar, el caso de Iberdrola ilustra cómo la combinación de alianzas industriales, financiamiento estructurado y políticas de apoyo puede transformar la viabilidad técnica en proyectos concretos y escalables, lo cual permite confirmar que factores institucionales,

como la intervención del sector público, y factores de mercado, como el aumento de la demanda de productos producidos sin emisiones, son determinantes para cerrar la brecha económica.

En el sentido contrario, el Proyecto GRAMLI ejemplifica las consecuencias de una planificación insuficiente y de la falta de mercado asegurado. Su fracaso explica por qué, aun con recursos renovables y capacidad técnica instalada, los proyectos pueden no prosperar si no se aseguran *offtakers*, financiamiento y aceptación social. Este proyecto de la empresa austríaca es un claro ejemplo de que a veces las cosas no salen como uno planea y situaciones inesperadas del contexto pueden arruinar años de trabajo, en este caso se debió a la insuficiencia de compromisos de financiación pública. Estos aprendizajes de casos permiten ponderar la evidencia cualitativa de las entrevistas y cuestionarios, mostrando coincidencia en los factores críticos para el éxito y en las barreras recurrentes encontradas en los métodos de campo previos.

Ahora bien, al integrar las tres fuentes, surgen conclusiones sólidas y accionables: la viabilidad técnica de producir amoniaco verde en Bahía Blanca está respaldada por las entrevistas de expertos y por la verificación de condiciones regionales favorables (esto es, la presencia del puerto, la infraestructura petroquímica y el acceso a recursos eólicos). Sin embargo, su viabilidad económica resulta claramente condicional.

Esta conclusión surge de la interacción entre las fuentes de trabajo de campo realizadas. Por un lado, las entrevistas explican los mecanismos técnicos y las variables de costo, especialmente el precio del hidrógeno verde y la gran inversión inicial necesaria. Luego los cuestionarios traducen esas explicaciones en percepciones y prioridades del sector profesional, mostrando consenso sobre la brecha de competitividad y la necesidad de *offtakers*, visible en la tercera escala de Osgood. Y, por último, los casos concretos de Iberdrola y GRAMLI muestran cómo esas variables se materializan en resultados reales.

En ese marco, las barreras que no son técnicas, es decir, las regulatorias, logísticas y sociales, aparecen como determinantes y requieren coordinación público-privada. Esta prioridad también se construye por la triangulación: las entrevistas detallan los vacíos normativos y la necesidad de incentivos, los cuestionarios revelan la preocupación por la modernización portuaria, acondicionamiento de infraestructura y la aceptación social; y el contraste entre Iberdrola y GRAMLI ilustra cómo la presencia o ausencia de marcos institucionales y contratos de mercado puede decidir el éxito o fracaso de un proyecto.

En conclusión, la triangulación metodológica permitió ponderar las diferentes perspectivas de cada método de recolección de información, por lo que las recomendaciones finales deben relacionar medidas técnicas, instrumentos financieros y regulaciones simultáneamente, priorizando aquellas intervenciones que las tres fuentes señalan como críticas para escalar proyectos en Bahía Blanca.

CONCLUSIÓN

La investigación concluye que, dado el contexto actual de la República Argentina, se puede validar la hipótesis de manera condicional debido a que el país posee diversas situaciones que impiden que lo planteado pueda realizarse. Las proyecciones y resultados que se estiman son realmente esperanzadores para la energía renovable y descarbonización del medioambiente, sin embargo, el escenario de hoy es altamente complejo y contempla diversos riesgos que dificultan abordar proyectos de esta magnitud.

Con el objetivo de comprender desde el ámbito interno a la industria las condiciones a las que se debe enfrentar, se llevaron a cabo entrevistas a expertos y cuestionarios a personas que forman parte del área en estudio; en ambos casos se concluyó que la zona de Bahía Blanca tiene un gran potencial para producir amoníaco verde y luego exportarlo y establecer relaciones comerciales con países extranjeros. Sin embargo, en la gran mayoría de las respuestas obtenidas se demostró que para que surja lo mencionado, se requiere de un gran monto de inversión y financiamiento a niveles exorbitantes, donde una sola organización en caso de que lo lleve a cabo asumiría todo el riesgo. Como solución, ciertos entrevistados encontraron una alternativa para este impedimento, la cual consta del surgimiento de consorcios o alianzas de diversas empresas que afrontan en conjunto el alto costo de inversión inicial.

Una consideración, donde mayoritariamente hubo coincidencias es en cuanto a la modernización del puerto de Bahía Blanca dadas las condiciones actuales que tiene y la ampliación del mismo para poder importar y exportar con buques de carga y transportadoras de grandes escalas de volumen. Esto se aclaró para establecer relaciones sostenibles y fuertes con otras naciones, sin embargo, sobre el proceso productivo y la capacidad tecnológica e infraestructural de la zona también mencionaron su gran potencial de expansión, pero reconocieron que en el corto plazo no

podrán llevarse a cabo estas iniciativas, debido a que se requiere de mucho tiempo (años) de construcción y remodelación, además de capital financiero para poder operar correctamente y esté creada en óptimas condiciones.

En cuanto a la pregunta principal de investigación respecto a la viabilidad económica de producir amoníaco verde en el sur de la Provincia de Buenos Aires, se concluye que puede ser viable de manera parcial debido a que actualmente hay diversos factores que condicionan, no solo la puesta en marcha del proceso productivo del vector energético mencionado, sino también los modelos de financiación que se requieren para afrontar la inversión estimada inicial (que dependerá de las características de cada proyecto puntual).

Considerando los niveles de huella de carbono emitidos por la producción de amoníaco con fuentes de energía contaminantes, como lo es el gas natural, generan una emisión de gases de efecto invernadero que establece un total de 1,8 toneladas de dióxido de carbono por tonelada de amoníaco producida; al realizar el análisis sobre la diferencia de emisiones emitidas por ambos, se respalda que la fabricación de amoníaco verde no generaría un impacto negativo en el medioambiente debido a que su producción surge por fuentes de energía renovable donde no se emiten GEI. La diferencia entre ambos amoniacos no es su estructura química, ya que surgen de la misma molécula química, sino que la gran diferencia se debe a las fuentes de energía que se obtiene para producir uno u otro.

Para conocer resultados en otras naciones en el tema de investigación, en el marco teórico se realiza un breve estudio de Arabia Saudita, con su megaproyecto NEOM, constituyéndose como uno de los mejores proyectos y más representativos del desarrollo económico surgido por la transición energética a través de amoníaco verde. La inversión total para lograrlo fue de 8.400 millones de dólares que fueron financiados por 23 bancos internacionales, reflejando que no solo

una empresa se hace cargo, sino que recibe dinero prestado de otras. El presente proyecto demuestra reiteradamente que la iniciativa genera importantes efectos sobre la economía del país de Medio Oriente, no sólo a través de niveles de exportación proyectadas y flujo de dinero estimado, sino también el crecimiento porcentual productivo de empresas energéticas.

Respecto a la pregunta específica que hace referencia al desarrollo del sector agroindustrial y a nivel nacional, se concluye que Argentina posee una gran oportunidad para posicionarse en el mercado global en productos derivados del hidrógeno verde, aumentando la presencia del país en las comercializaciones internacionales y permitiendo que ingresen divisas, contribuyendo económicamente de manera positiva a nivel nacional, siendo un actor de la estabilización del mercado de gas y que permite contribuir a la recuperación económica del país. En cuanto al sector agroindustrial, se determinó que el país podría reducir el consumo de gas natural, estableciendo conciencia del cambio climático y la crisis energética global. Adicionalmente, la producción de amoníaco verde permitiría no sólo abastecer la demanda local, sino también, como se mencionó previamente, contribuir a la oferta mundial.

Considerando en último lugar, la zona estratégica en estudio Bahía Blanca, se concluye que cuenta con gran potencial de expansión y crecimiento, pero actualmente también presenta grandes desafíos que impiden llevar a cabo los resultados positivos. Como se mencionó previamente, las problemáticas que hay que enfrentar y resolver surgen de la modernización del puerto, el espacio físico necesario y por último la aceptación social y justicia ambiental. Se determina que Bahía Blanca podría en un futuro cambiar su infraestructura actual para que tenga las capacidades necesarias para concretar logística de grandes cantidades de volúmenes pero que dicha modificación no podrá surgir en el corto y mediano plazo, sino que las posibilidades arrojan

escenarios para el largo plazo, debido a los riesgos asociados, niveles de facturación y tiempo esperado de recupero de inversión.

Integrando las preguntas de investigación con sus respectivos objetivos, cabe mencionar en este apartado que la triangulación metodológica surge a partir de entrevistas a expertos, cuestionarios a profesionales y comparación de casos de éxito y fracaso. En principio, los dos métodos se mencionan sobre aspectos regulatorios, sociales y normativos que son fundamentales para la cooperación y coordinación del sector público y privado. Esta metodología permite comprender la necesidad de incentivos legales y la necesidad de remodelación de Bahía Blanca y su puerto, teniendo principal consideración por la aceptación social que si no es positiva, puede generar una gran problemática para escenarios posteriores. Luego de comparar los casos seleccionados de Iberdrola (éxito) y GRAMLI (fracaso) permiten comprender cómo la inestabilidad de marcos regulatorios y firma de contratos en el mercado puede impactar en el desempeño de un proyecto.

La conclusión del presente trabajo establece que la viabilidad económica para producir amoníaco verde en Bahía Blanca es posible pero no en el corto plazo, sino que podrá llevarse a cabo luego del mediano - largo plazo a través de consorcios y diferentes financiadores de proyecto que permitan dividir el riesgo total entre múltiples partes, con el fin de que el proyecto se torne lo más viable posible en el futuro. Respecto al sur de la Provincia de Buenos Aires, sucede una situación similar a la económica, debido a que la infraestructura y condiciones productivas actuales no son las óptimas ni mucho menos están preparadas para producir este tipo de moléculas renovables y exportarlas a otros países. La producción de amoníaco verde en dicha ciudad podrá establecerse entre el mediano y largo plazo, debido a que el puerto que posee no cuenta con ciertas necesidades excluyentes para exportar grandes volúmenes dado al nivel de calado de aguas

profundas que no permite y el espacio físico necesario para instalar plantas de producción de amoníaco verde.

BIBLIOGRAFÍA

Ader- Egg, E. (1995). Introducción a las técnicas de investigación social. Buenos Aires: Lumen. Disponible en: <https://abcproyecto.wordpress.com/wp-content/uploads/2013/06/ander-egg-1995-tecnicas-de-investigacion-social-cap-3-y-4.pdf>

Barboza, P., Kasyanova, K., & Agüero, J. P. (2024). The Gaucho Project - Comprehensive Studies for Large-Scale Green Hydrogen and Ammonia Production and Export in Argentina. Bonn and Eschborn, Alemania: International Hydrogen Ramp-up Programme – H2-Uppp and GIZ, Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit. Disponible en: https://ptx-hub.org/wp-content/uploads/2025/03/h2uppp-ppp-argentina_rp-global.pdf

Barrera et al., F. (2023). Argentina como centro de producción de amoníaco verde. Agora Industry. Disponible en: https://www.agora-industry.org/fileadmin/Projekte/2022/2022-09_H2_Introduction_PtX_Argentina/AET_286_Argentina-centro-produccion-amoniaco-verde_WEB.pdf

Bastarrica et al., F. (2023). Descarbonización del sector agropecuario y cadenas agroindustriales a través del desarrollo de una economía de urea basada en hidrógeno verde. Montevideo: WEC - NFEL - UY. Disponible en: https://www.auder.org.uy/assets/files/NFEL-UY_fertilizantes_verdes_report.pdf

Bernal, N. G. (2021). Industria del hidrógeno verde: costos de producción. Santiago, Chile: Asesoría Técnica Parlamentaria. Disponible en: https://obtienearchivo.bcn.cl/obtienearchivo?id=repositorio/10221/32538/1/BCN_Hidrogeno_verde_Costos_de_produccion_Sept21.pdf

Boreum, L. e. (2022). Pathways to a Green Ammonia future (Camino a un futuro de amoníaco verde). ACS Energy Letters. Disponible en: https://pubs.acs.org/doi/pdf/10.1021/acsenergylett.2c01615?ref=article_openPDF

Brinks, H. (2022). Aprovechamiento del amoníaco como combustible para barcos. CNV. Disponible en: <https://www.dnv.com/expert-story/maritime-impact/Harnessing-ammonia-as-ship-fuel/>

Brown, T. (2016). Ammonia production causes 1% of total global GHG emissions (El amoníaco produce el 1% de las emisiones globales de carbono). Ammonia industry. Disponible en: <https://ammoniaindustry.com/ammonia-production-causes-1-percent-of-total-global-ghg-emissions/>

Burgees, J. (16 de octubre de 2025). INTERACTIVE: Platts Ammonia price chart. Obtenido de S&P Global - Commodity insights: <https://www.spglobal.com/commodity-insights/en/news-research/latest-news/energy-transition/051023-interactive-ammonia-price-chart-natural-gas-feedstock-europe-usgc-black-sea>

C.E., C. E. (2022). Mecanismo de Ajuste en Frontera por Carbono de la Unión Europea. Unión Europea: Parlamento Europeo. Disponible en: [https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/ATAG/2022/729462/EPRS_ATA\(2022\)729462_ES.pdf](https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/ATAG/2022/729462/EPRS_ATA(2022)729462_ES.pdf)

Carabio et al., F. (2023). El hidrógeno verde en Argentina, desafíos y oportunidades en el marco de la transición energética. CONICET. Disponible en:

https://ri.conicet.gov.ar/bitstream/handle/11336/227900/CONICET_Digital_Nro.3d6fd6f0-eea3-4f93-b255-375193f466f5_B.pdf?sequence=2&isAllowed=y

CELA, C. E. (2023). Custo nivelado de Hidrogênio Verde (LCOH) e de Amônia Verde (LCOA). San Pablo, Brasil. Disponible en: <https://cela.com.br/estudos/custo-nivelado-de-hidrogenio-verde-lcoh-e-de-amonia-verde-lcoa/>

Coutsiers et al., E. (2024). 463 COSTO DE OPORTUNIDAD DE EXPORTACIÓN DE AMONÍACO VERDE DESDE ARGENTINA HACIA ALEMANIA/PAÍSES BAJOS. AVERMA, Universidad Nacional de Salta, págs. 463-475. Disponible en: <https://portalderevistas.unsa.edu.ar/index.php/averma/article/view/4905/5393>

Deloitte. (2025). ASPECTOS CLAVE DE LA SEGUNDA SUBASTA, DEL PROGRAMA DE VALLES DE HIDRÓGENO, MECANISMO DE SUBASTA COMO SERVICIO Y OTRAS HERRAMIENTAS DE FINANCIACIÓN. Enerclub. Disponible en: https://www.enerclub.es/wp-content/uploads/2025/06/Deloitte_Claves-2BEH.pdf

Diputados Argentina, C. d. (09 de Septiembre de 2025). CON DICTAMENES DE MAYORÍA, AVANZAN LOS PROYECTOS DE LEY SOBRE HIDRÓGENO VERDE Y ENERGÍAS RENOVABLES. Obtenido de Página Oficial de la Honorable Cámara de Diputados de la Nación Argentina: <https://www.diputados.gov.ar/prensa/noticia/CON-DICTAMENES-DE-MAYORIA-AVANZAN-LOS-PROYECTOS-DE-LEY-SOBRE-HIDROGENO-VERDE-Y-ENERGIAS-RENOVABLES/>

E.C., E. C. (2021). MAFC, Mecanismo de Ajuste en Frontera por Emisiones de Carbono. UE: Unión Europea. Disponible en: [MECANISMO DE AJUSTE EN FRONTERA POR EMISIONES DE CARBONO \(MAFC\)](#)

ENH. (12 de Septiembre de 2023). Estrategia Nacional para el Desarrollo de la Economía del Hidrógeno de bajas emisiones. Obtenido de Secretaría de Asuntos Estratégicos - Subsecretaría de Estrategia para el Desarrollo: https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/2023/07/enh_planesdeaccion2023.pdf

EU, E. C. (2023). GRAMLI: Green Ammonia Linz. EU F&T Portal. Disponible en: <https://ec.europa.eu/info/funding-tenders/opportunities/portal/screen/opportunities/projects-details/43089234/101132871/INNOVFUND>

Fernández Gutiérrez, P. (2024). Amoniac verde como alternativa. En ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA PROSPECTIVO A LA PRODUCCIÓN DE AMONIACO VERDE (págs. 7-8). Paula. Obtenido de <https://repositorio.unican.es/xmlui/bitstream/handle/10902/33909/451740.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Giz, D. G. (2023). Estrategia nacional de hidrógeno de Alemania. Berlin: Centro de Coordinación de Hidrógeno, Leitstelle Wasserstoff. Disponible en: <https://h2lac.org/wp-content/uploads/2023/12/ENH-Alemania.pdf>

H2Global. (2021). Página oficial H2Global. Obtenido de El mecanismo H2Global: <https://h2-global.org/the-h2global-instrument/>

HC, H. C. (2 de Octubre de 2022). Hydrogen Council. Obtenido de NEOM project: First-mover in carbon-free hydrogen: <https://hydrogencouncil.com/en/neom-project-first-mover-in-carbon-free-hydrogen/>

Heredia, E. (9 de marzo de 2024). Desarrollo petroquímico y despojo hídrico en Bahía Blanca, Argentina. Revista Nuestramérica n° 23. Disponible en: <https://nuestramerica.cl/ojs/index.php/nuestramerica/article/view/e10801176/pdfES>

HVH. (17 de junio de 2025). Hidrógeno Verde Hoy. Obtenido de Bahía Blanca como hub de hidrógeno limpio: <https://hidrogenoverdehoy.com.ar/bahia-blanca-como-hub-de-hidrogeno-limpio/>

Hychico. (2025). Página oficial Hychico. Obtenido de Nuestra compañía: <https://hychico.com.ar/nuestra-empresa/>

Infobae. (20 de octubre de 2021). Con una inversión de USD 200 millones, lanzaron el primer proyecto de hidrógeno verde a gran escala en Argentina. Infobae, pág. diario digital. Disponible en: <https://www.infobae.com/economia/2021/10/21/con-una-inversion-de-usd-200-millones-lanzaron-el-primer-proyecto-de-hidrogeno-verde-a-gran-escala-en-argentina/>

InfoLEG. (02 de Agosto de 2006). Ley 26.123 - Promoción del hidrógeno. Buenos Aires, Argentina: Ministerio de Justicia de la Nación. Disponible en: servicios.infoleg.gob.ar/infolegInternet/anexos/115000-119999/119162/norma.htm

INNIO. (2022). Jenbacher J420 engine harnesses the promise of global renewable energy with hydrogen (Jenbacher J420 engine aprovecha el potencial de la energía renovable con

hidrógeno). Jenbach, Austria: Innio. Disponible en: https://www.innio.com/wp-content/uploads/2024/08/innio_jenbacher_casestudy_hychico_en_screen.pdf

Klenke, J. (2025). Shaping the global energy transition. Hamburg: H2Global. Disponible en: https://www.dena.de/fileadmin/Reallabore_H2/Dokumente/Klenke_H2Global.pdf

Kulfas, M., Carreras, A., & Pichot, A. (2021). ACUERDO MARCO SOBRE PROYECTOS DE INDUSTRIA VERDE EN LA PROVINCIA DE RIO NEGRO. Río Negro. Disponible en: https://rionegro.gov.ar/contenido/hidrogeno/acuerdo_marco.pdf

Levi, P. D. (2023). Guía para comunicar sobre hidrógeno verde en América Latina y el Caribe. Organización Climate Tracker. Disponible en: <https://climatetrackerlatam.org/herramientas/guia-para-comunicar-sobre-hidrogeno-verde-en-america-latina-y-el-caribe/>

MacFarlane, e. a. (2020). A Roadmap to the Ammonia Economy (Un mapa hacia la Economía del amoníaco). Joule, 1186-1205. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2542435120301732>

Marquez, V. (Julio de 2025). ¿Alguien más siente olor en el aire?" La construcción del riesgo en torno al polo petroquímico de Bahía Blanca. Revista Sudamérica, págs. 412-440. Disponible en: <https://fh.mdp.edu.ar/revistas/index.php/sudamerica/article/download/8725/9237>

NEOM. (22 de Mayo de 2023). Página oficial de NEOM. Obtenido de NEOM Green Hydrogen Company completes financial close at a total investment value of USD 8.4 billion in the world's largest carbon-free green hydrogen plant: <https://www.neom.com/en-us/newsroom/neom-green-hydrogen-investment>

Pérez et al, A. (2016). Patagonia Wind - Hydrogen Project: Underground Storage and Methanation . Zaragoza, España: 21st World Hydrogen Energy Conference 2016. Disponible en: <https://hychico.com.ar/wp-content/uploads/2023/12/hychico-abstract-WHEC-2016.pdf>

PROFERTIL. (2024). Reporte de Sostenibilidad 2023. Disponible en: <https://rs.profertil.com.ar/wp-content/uploads/2024/09/Reporte-de-Sostenibilidad-Profertil-2023-Final.pdf>

Profertil. (2025). Sitio oficial de Profertil. Obtenido de Qué hacemos como empresa: <https://www.profertil.com.ar/index.php/que-hacemos>

Rotondaro, R. (2025). Mercado de Fertilizantes: Evolución, desafíos y oportunidades. FERTILIZAR. Disponible en: <https://fertilizar.org.ar/wp-content/uploads/2025/05/3-Rotondaro-Roberto-Escritos-Fertilidad-2025.pdf>

Salas Jara, Y. S. (Marzo de 2024). Diseño y evaluación tecno-económica de una infraestructura compartida que facilite la producción de amoníaco renovable con fines de exportación, en la región de Antofagasta. Concepción, Chile: Universidad de Concepción. Disponible en: <https://repositorio.udec.cl/server/api/core/bitstreams/0a39fa4c-c0a9-43bb-b907-19144e2372f7/content>

Salgado, L. (2023). Hidrógeno verde para nuestra transición. Revista Desde la Patagonia - Difundiendo saberes - vol. 20, págs. 40-44. Disponible en: https://ri.conicet.gov.ar/bitstream/handle/11336/227433/CONICET_Digital_Nro.ad014c56-a2b2-4b09-806a-5ff343480ba7_B.pdf?sequence=2&isAllowed=y

Sampieri, R., Fernández-Collado, C., & Lucio, P. (2022). Metodología de la investigación. McGraw-Hill Interamericana.

Scasserra, E. C. (2021). La transición energética y la imperiosa necesidad de reforma de la ley nro. 26.123 de Promoción del Hidrógeno. Buenos Aires: Facultad de Derecho - Universidad de Buenos Aires. Disponible en: [Ed-0014-N06-SCASSERRA.pdf](#)

SECI, S. E. (2025). NGHM, National Green Hydrogen Mission. Obtenido de <https://seci.co.in/nghm>

Spohn, D. (2023). Aurora Energy Research publishes study on the cost of imported hydrogen. Berlin: Energy & Management Powernews - Bayern innovativ. Disponible en: <https://www.bayern-innovativ.de/en/emagazine/detail/en/page/imported-green-hydrogen-competitive-by-2030>

UNIDO. (2024). MARKET ASSESSMENT ON CLEAN HYDROGEN INNOVATION IN DEVELOPING COUNTRIES. United Nations Industrial Development Organization p 306. Disponible en: <https://a2dfacility.unido.org/web/sites/default/files/2024-12/Full%20Report%20Market%20Assessment%20Clean%20Hydrogen.pdf>

Valenzuela et al., M. A. (2025). Regulación y normativa técnica y de seguridad en la producción de hidrógeno y amoníaco verde en Argentina. Buenos Aires, Argentina: International PtX Hub, Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH. Disponible en: https://ptx-hub.org/wp-content/uploads/2025/10/International-PtX-Hub_2510_Safety-regulation-for-green-hydrogen-and-ammonia-in-Argentina.pdf

Ventimiglia, A., & Alvarisqueta, S. (30 de Diciembre de 2023). Desafíos y oportunidades en la transición energética argentina: análisis de políticas, inversiones y barreras económicas. Revista de la Escuela Nacional de Inteligencia - Número 3, págs. 65-98. Disponible en: <https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/r-eni3-ventimigliagonzalez.pdf>

Villaverde, L., Maquieyra, M., & al, e. (2025). Proyecto de Ley. MARCO NORMATIVO PARA LA PROMOCIÓN DE INVERSIONES PARA LA INDUSTRIA DEL HIDRÓGENO DE ORIGEN RENOVABLE Y EL HIDRÓGENO DE BAJAS EMISIONES Y SUS DERIVADOS. Buenos Aires: Diputados Argentina. Disponible en: <https://www4.hcdn.gob.ar/dependencias/dsecretaria/Periodo2025/PDF2025/TP2025/3503-D-2025.pdf>

Y-TEC. (2023). Página oficial del Consorcio H2Ar. Obtenido de <https://consorcioh2ar.com.ar/quienes-somos.html#hitos>

ANEXOS

ANEXO 1: Preguntas de investigación a expertos

Entrevista 1: Bárbara Chantieri

Pregunta 1: En principio, ¿Qué infraestructura se necesita para producir amoníaco verde en argentina, y qué limitaciones técnicas o económicas observa en el contexto actual del país? Es decir, ¿qué cambios se ve como indispensables para lograr esta transición energética desde la presente dimensión?

El amoníaco verde requiere la producción de H₂ verde. Este proceso requiere un importante CAPEX para adquirir el electrolizador (equipo donde se realiza la electrólisis del H₂O). Además, el electrolizador debe ser alimentado con energía eléctrica renovable (eólica, solar, etc.), esto también conlleva una importante inversión, y por otra parte hay que tener en consideración el uso de H₂O, que es importante (se utilizan grandes volúmenes de agua) y requiere en algunos casos el tratamiento de este H₂O previo a la electrólisis (desalinización, purificación, etc.). Todo esto implica mayores costos de CAPEX y OPEX que deben afrontar un proyecto de este tipo y que encarecen el precio final del combustible. Además, no se debe perder de vista la logística, ¿cómo se transportará el combustible? ¿En trenes, barcos, camiones? ¿Está la infraestructura preparada en nuestro país para la logística? ¿Los puertos están preparados para almacenar y movilizar el combustible? ¿Los barcos cuentan con las medidas de seguridad que se requieren?

Para el caso del amoníaco, ya existe la producción y exportación de amoníaco clásico fósil, y esto es una ventaja que simplifica este punto, sin embargo se deben prever ampliaciones de estos sistemas si se va a producir a escala de exportación, ya que debe manejarse de manera de independiente del fósil por cuestiones de certificación y sustentabilidad, lo cual hace que se deban

pensar camiones, trenes y barcos exclusivos para el amoniaco verde, lo mismo con los muelles y estaciones portuarias, deben tener sus sistemas de almacenamiento exclusivos para el NH₃ verde. Son adecuaciones, ampliaciones pero que tienen un costo y el estado no va a realizarlas, deben encargarse los privados. Deben contemplarse al plantear y estudiar un proyecto de inversión.

Contemplando el contexto actual del país, y teniendo en cuenta que en Argentina no existe ninguna regulación que obligue a transicionar a este tipo de combustibles para su uso, por ejemplo, en el sector marítimo, entonces se ve el consumo interno de estos combustibles como poco viable. Su producción será para exportación a países que tengan regulaciones mandatorias y donde se exija el uso de estos combustibles como Europa donde existe la Fuel EU Maritime que obliga a los buques de más de 5000 toneladas a disminuir sus emisiones de GEI (gases de efecto invernadero) en un 20-30% para 2030 y en un 70-80% para 2040. Es por esto que se espera que este tipo de combustibles se requiera aproximadamente para 2040 donde su uso se hará más masivo y se requerirá de la producción a gran escala.

Pregunta 2: En caso de saber, o en base a su experiencia, ¿cómo ve al costo estimado por tonelada de amoniaco verde respecto del costo del amoniaco convencional en términos de insumos, energía y logística? ¿Considera que invertir en su producción y desarrollo generaría un impacto positivo a nivel ambiental, económico y social, o no lo ve realmente viable? ¿Conoce algún caso de éxito en relación a este tema a nivel global?

El costo es mayor por lo que ya les mencioné previamente. Definitivamente es mayor el costo entre 2 y 3 veces respecto del fósil. Sin embargo, para grandes empresas, con espalda y *background* para sostenerse, puede ser un buen negocio invertir hoy en este tipo de proyectos, pensando en su uso para dentro de 10-15 años. El riesgo de invertir ahora está ya que la demanda

todavía no se generó masivamente, pero si no se comienzan a generar los proyectos, y construir llegará la demanda y el combustible no estará.

Entiendo que para pequeños *start-ups* esto es complejo, el efecto Trump desaceleró esta temática, y es muy riesgoso para los pequeños inversores meterse en este tipo de proyectos, así que se está viendo un desaliento en ese sentido. Sin embargo, las grandes empresas pueden esperar a mediano o largo plazo el retorno de sus inversiones y son ellas las que tienen mejores posibilidades para salir a invertir y producir este tipo de combustibles y comenzar a incorporarlo en el mercado interno para algún *offtaker* que quiera comenzar a descarbonizar su proceso (agrícola, químico, etc.) y esperar que la demanda se masifique y conseguir grandes *offtakers* que quieran importar combustible verde (Europa) y ahí llegará el retorno.

Pueden decirme... ¿es una cuestión de fe? No, no es cuestión de fe, el efecto de desaceleración es temporal, la Unión Europea ya definió su legislación y la confirmó, por lo tanto, el mercado se desarrollará tarde o temprano.

No cuento con información de casos muy puntuales. En Argentina hay un proyecto en desarrollo en Santa Cruz, el proyecto “gaucho” para producir NH₃ verde. Japón está muy metido en la producción de NH₃ verde, e impulsando los “corredores verdes” con amoniaco verde.

El Proyecto Gaucho es la primera gran iniciativa público-privada en Argentina para producir hidrógeno verde y amoniaco verde a gran escala, con foco en la exportación y la transición energética. Se ubicará en la provincia de Santa Cruz y se desarrollará un parque eólico con 8.777MW de capacidad que alimenten electrolizadores capaces de producir 6.236MW para producir hidrógeno mediante electrólisis. Se estima una producción de 0,62 millones de toneladas/año de hidrógeno verde y 3,51 millones de toneladas/año de amoniaco verde. Se planea

usar agua de mar desalinizada como insumo principal y tendrá un factor de capacidad superior al 60%, con operación *off-grid* para garantizar certificación renovable.

Este proyecto se implementará en etapas hasta el 2030 y planea exportar principalmente a Alemania, donde hay alta demanda de combustibles limpios, pero parte de la producción se destinará a descarbonizar sectores como siderurgia, petroquímica y refinación. El desarrollador principal es RP Global, una empresa austriaca, con apoyo técnico y financiero de GIZ (Agencia Alemana de Cooperación Internacional) y el programa H2Uppp del Ministerio Federal de Economía y Protección del Clima de Alemania, en colaboración con el gobierno de Santa Cruz.

Pregunta 3: ¿Qué desafíos tecnológicos y regulatorios conoce que actualmente esté enfrentando la industria química argentina para migrar de hidrógeno gris a hidrógeno verde en la producción de amoníaco?

En general toda la industria química y de refino está atravesando una etapa de transición a combustibles más limpios. Hay acciones concretas que están llevando adelante para producir productos con cierto porcentaje sustentable y certificable. Los desafíos son muchos, porque los combustibles de bajas emisiones son más costosos, desde los biocombustibles hasta el H2 verde y derivados. Pero con las regulaciones Europeas, y en sectores como el aeronáutico con las iniciativas de la ICAO (Organización Internacional de Aviación Civil), organismo perteneciente a la ONU, con el plan de reducción de emisiones CORSIA que se da a nivel global, todo esto está traccionando la temática y generando en todas las industrias productoras de combustibles y productos químicos iniciativas que llevan a comenzar la descarbonización. Por supuesto que esto es paulatino, y con la llegada de Trump a la presidencia de EE. UU. se ha ralentizado mucho. Los desafíos principales es lograr equiparar un poco el precio de los productos verdes con los fósiles,

esto es bastante complejo, pero se espera que el desarrollo de las tecnologías y avances de las mismas haga que los costos se reduzcan y puedan hacerse más competitivos este tipo de combustibles.

Pregunta 4: Por otra parte, nosotras estamos enfocando la viabilidad del análisis enfocándonos en Bahía Blanca como potencial ubicación estratégica. ¿Considera usted que Bahía Blanca cuenta con la infraestructura y recursos energéticos suficientes para lidiar con la producción de amoníaco verde? ¿Qué elementos cree que faltan o se pueden mejorar para consolidar este liderazgo?

Bahía Blanca es una ubicación muy buena para el desarrollo de proyectos. Cuenta con un recurso eólico aceptable, para poder poner un parque de generación de EERR (energía eléctrica renovable). Además, cuenta con el puerto que es una zona franca. Esto hace que, dentro de un proyecto, puedas considerar la compra de equipamiento y puedas dejarlos almacenados en la zona franca y recién cuando se van a utilizar los equipos se ingresan y se pagan los impuestos. Esto brinda un beneficio fiscal interesante.

Además, el Puerto de Bahía Blanca cuenta con muelles preparados para exportar tanto productos inflamables como amoníaco. Hoy en día Profertil cuenta con un muelle propio con su brazo de carga y toda la infraestructura requerida para exportar amoníaco. Hace falta eventualmente realizar ampliaciones para exportar un mayor volumen de amoníaco, pero en general el puerto se encuentra muy bien preparado y adecuado para esto. Bahía Blanca también cuenta con un parque industrial grande y completo que puede brindar beneficios como servicios auxiliares y logística para el movimiento de estos productos.

Pregunta 5: ¿Existen diferencias en el rendimiento o eficiencia entre el amoníaco verde y el convencional? ¿Sería competitivo para producir urea? ¿Qué beneficios traería al sector agroindustrial el uso de urea y amoníaco verdes?

El beneficio de uso de NH₃ verde o Urea verde es simplemente para descarbonizar. En los lugares donde es requerimiento por regulaciones se hace necesario, pero en lugares donde no se cobra por emisiones, o no se obliga a usar productos verdes, si estos no brindan una mejor performance en la producción no hace diferencia, y seguramente se prefiera el menos costoso, o sea el gris. No hay diferencias a priori en los rendimientos entre NH₃ verde, gris o azul para hacer urea. Solo es diferente por el tema de emisiones. Será competitivo si el costo fuera menor, o igual al NH₃ y Urea gris, mientras tanto no es competitivo a no ser que se lo exija legalmente. Acá en Argentina no.

Pregunta 6: Ahora yendo puntualmente a los fertilizantes verdes, notamos mucho potencial en la exportación en base a tendencias históricas. ¿Qué impacto ve usted que tendría la incorporación de estos fertilizantes en la competitividad internacional de los productos agrícolas argentinos, especialmente en mercados con exigencias ambientales como la Unión Europea?

La producción de NH₃ verde acá en nuestro país, y nuestra región es meramente para exportar a Europa y Asia, mercados que ya cuentan con regulaciones. Argentina tiene muy buenos recursos para tener un amoníaco verde y una Urea verde o azul que le permita posicionarse bien en el mercado internacional (recursos energéticos a precios competitivos, puertos como el de Bahía Blanca bien preparados para exportar e importar, etc.). Igualmente, el transporte es una limitación ya que tiene un costo importante que debe ser considerado por la distancia de América del Sur a

Europa o Asia, y en este punto se deben considerar los competidores directos que están a menor distancia y que también tienen buenos recursos como África (Norte de África) y Estados Unidos.

Pregunta 7: ¿Qué tipo de financiamiento o incentivos considera necesarios para que la producción de amoníaco verde sea rentable en el mediano plazo, ya sea para producir fertilizantes u otros derivados?

Se debe hacer foco en tener incentivos y medidas de financiamiento que permitan desarrollar estos proyectos y que sean una realidad. Sistemas de financiamiento e incentivo de inversiones como el RIGI son necesarios, pero deben ser acondicionados a este tipo de inversiones que son a largo plazo. Existe un sistema en Europa de doble subasta promovido por la empresa HINCO, se los explico de manera resumida. Este sistema sirve para ayudar a que este tipo de proyectos se desarrollen y se realicen.

Es un mecanismo donde compradores y vendedores participan al mismo tiempo. Cada comprador dice cuánto está dispuesto a pagar y cada vendedor cuánto quiere cobrar. Primero todos envían sus ofertas y pedidos simultáneamente, luego el sistema busca un precio de equilibrio (los vendedores que pidieron menos de ese precio venden y los compradores que ofrecieron más de ese precio compran). Así se logra que la oferta y la demanda se crucen en un punto justo. Lo interesante de esto es que hay dos lados pujando al mismo tiempo, compradores y vendedores, no como en una subasta tradicional donde solo pujan los compradores. Este método se usa en mercados eléctricos, bolsas de valores y plataformas como HINCO para fijar precios de manera transparente y eficiente, evitando que una sola parte imponga el precio.

Esto se está utilizando en Europa para ayudar a quienes tienen proyectos de esta temática. Este tipo de incentivos es necesario para generar la oferta y demanda que es la principal limitación

en este tema, ya que las tecnologías existen y ya hay proyectos piloto en todo el mundo. Falta que la demanda se manifieste masivamente para que este mercado explote.

Entrevista 2: Pedro Orbaiz

El día 17 de octubre de 2025 se realizó una entrevista a Pedro Orbaiz, quien actualmente ocupa una posición de Director de la Carrera de Ingeniería en Sustentabilidad en la Universidad de San Andrés, además de especializarse de manera externa en temas de hidrógeno.

En cuanto a su formación profesional, es Ingeniero Mecánico, graduado en el Instituto tecnológico de Buenos Aires (ITBA). Luego, realizó un Doctorado en Filosofía (PhD), ingeniería mecánica en la Universidad de Melbourne.

Trabajó 22 años en el desarrollo tecnológico de tecnologías limpias y en temas relacionados a hidrógeno, obteniendo una gran trayectoria en la instalación, y almacenamiento de hidrógeno en diferentes lugares del mundo, entre ellos Antártida, Australia y México; ofrece asesoramiento a empresas y gobiernos, especialmente en transporte en flotas de hidrógeno y tecnologías.

Ocupó puestos de trabajo en el sector público, como Director Nacional de Monitoreo de la Contaminación y creador de una consultora que es una desarrolladora de tecnología en inclusión de tecnologías limpias en diferentes sectores de la economía, donde se dedica a asesorar a equipos que trabajan en el almacenamiento de energía solar de manera térmica.

Pregunta 1: En principio, ¿Qué infraestructura se necesita para producir amoníaco verde en argentina, y qué limitaciones técnicas o económicas observa en el contexto actual del país? Es decir, ¿qué cambios se ve como indispensables para lograr esta transición energética desde la presente dimensión?

Primero ver el costo del refinado del gas natural y analizar las diferencias de producción entre la obtención de hidrógeno gris y verde. Ahí ver electrolizadores y catalizadores que se

requieran construir para poder llegar a ese amoniaco verde, más toda la infraestructura de almacenamiento y transporte del mismo.

Después un cambio importante sería conseguir un *offtaker*, es decir un consumidor que esté dispuesto a pagar un adicional por ese producto verde y que valore el producto final sin emisiones, por más de que comprar el tradicional le resulte menos costoso.

Pregunta 2: En caso de saber, o en base a su experiencia, ¿cómo ve al costo estimado por tonelada de amoniaco verde respecto del costo del amoniaco convencional en términos de insumos, energía y logística? ¿Considera que invertir en su producción y desarrollo generaría un impacto positivo a nivel ambiental, económico y social, o no lo ve realmente viable? ¿Conoce algún caso de éxito en relación a este tema a nivel global?

En cuanto al costo, es un hecho que producir amoniaco verde es más costoso que producir amoniaco convencional, de ahí sale uno de los desafíos que retrasa su implementación.

Y en cuanto a la viabilidad económica, sí, lo veo completamente viable en Argentina. Justamente el otro día me reuní con una colega que está desarrollando una planta de fertilizantes verdes en Paraguay y si comparamos recursos, acá sería mucho más viable. Mismo si vemos las normativas que se están implementando en la Unión Europea, claramente este es el camino que empezamos a tomar globalmente.

En términos de triple impacto, considero que hay un beneficio ambiental directo, de eso no hay dudas, pero socialmente quizás se necesite trabajo más especializado par este tipo de proyectos.

Pregunta 3: ¿Qué desafíos tecnológicos y regulatorios conoce que actualmente esté enfrentando la industria química argentina para migrar de hidrógeno gris a hidrógeno verde en la producción de amoníaco?

El corazón de un electrolizador es el electrodo. En Europa se están desarrollando electrolizadores PEM como innovación a este proceso para obtener hidrógeno verde. Sin embargo, para que tenga escala industrial yo considero que se necesitan electrolizadores alcalinos ya que son baratos, confiables, duraderos y de bajo mantenimiento. Creo que ahí hay un nicho de desarrollo en la industria química para este proceso.

Pregunta 4: Por otra parte, nosotras estamos enfocando la viabilidad del análisis enfocándonos en Bahía Blanca como potencial ubicación estratégica. ¿Considera usted que Bahía Blanca cuenta con la infraestructura y recursos energéticos suficientes para lidiar con la producción de amoníaco verde? ¿Qué elementos cree que faltan o se pueden mejorar para consolidar este liderazgo?

Falta la inversión para electrolizadores más todas sus instalaciones. De hecho, creo que Bahía Blanca es la opción más lógica para producir amoníaco verde porque ya cuenta con muchos recursos como la planta de separación de aire para obtener el nitrógeno que luego se mezcla con el hidrógeno para llegar al amoníaco.

Hoy Argentina no tiene capacidad de energía eólica instalada para funcionar 24/7, por lo que hay que ver cómo mantener funcionando a ese monstruo cuando no alcance esa energía renovable. Quizás se podría empezar mezclando lo verde con lo gris y paulatinamente ir aumentando la escala hasta que el proceso esté completamente descarbonizado, es una alternativa.

Pregunta 5: ¿Existen diferencias en el rendimiento o eficiencia entre el amoníaco verde y el convencional? ¿Sería competitivo para producir urea? ¿Qué beneficios traería al sector agroindustrial el uso de urea y amoníaco verdes?

A la planta de producción en sí no le cambia nada si es gris o verde, solo las emisiones de carbono. Pero después, producir esta urea verde te permite exportar a lugares con regulaciones sobre la importación. Entonces tener un producto que cumple esos requisitos y te diferencia de otros productos que todavía utilizan el método tradicional, te permite ser más competitivo y acceder a estos mercados internacionales con un precio premium.

Pregunta 6: Ahora yendo puntualmente a los fertilizantes verdes, notamos mucho potencial en la exportación en base a tendencias históricas. ¿Qué impacto ve usted que tendría la incorporación de estos fertilizantes en la competitividad internacional de los productos agrícolas argentinos, especialmente en mercados con exigencias ambientales como la Unión Europea?

El impacto sería positivo por esto que te mencioné en la pregunta anterior, pero el mayor desafío sería buscar un offtaker y oportunidades de mercado y ver si esa persona o compañía está dispuesta a pagar ese precio premium. Este es un punto muy verde, valga la redundancia, justamente por la falta de desarrollo de esta industria. Pero si se asegura tener un cliente al finalizar todo el proceso, Argentina podría ser muy competitiva y tener un gran diferenciador para exportar.

Pregunta 7: ¿Qué tipo de financiamiento o incentivos considera necesarios para que la producción de amoníaco verde sea rentable en el mediano plazo, ya sea para producir fertilizantes u otros derivados?

No creo que el problema vaya por el lado de los incentivos, sino más bien por el lado del cliente-inversor. Si vos tenés inversores que te financien toda la producción, pero después no tenés cliente, no tenes mercado. Es vital desde el principio asegurarse de tener a quién venderle todo eso que se va a producir.

Ahora si tenes los clientes, pero no tenés inversor, estás en otro tipo de dificultad. Porque ahora vas a tener que hacer todo el negocio para que sea atractivo y salir a buscar gente que se convenza de sus beneficios y que quiera financiarlo. No es tan sencillo como pedir intervención del Estado y nada más, esto no deja de ser un negocio, por lo que los subsidios no harían una gran diferencia, se necesitan garantías para inversores e infraestructura habilitante.

Entrevista 3: Felipe Gallardo y Florencia Paula Fagiano

Florencia es ingeniera química recibida en la Universidad Tecnológica Nacional (UTN) y realizó una maestría en ingeniería en el Instituto Balseiro. Actualmente trabaja en YPF como tecnóloga en la parte de Y-TEC y forma parte del Consorcio H2Ar.

Felipe, por su parte, también es ingeniero químico recibido en la Universidad Nacional de Salta, realizó una Diplomatura en la Universidad Tecnológica Nacional sobre Procesos y Economía del Hidrógeno, y posee un Doctorado en Ingeniería en Petróleo. Durante su carrera trabajó en el Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI) y actualmente es tecnólogo en el consorcio H2Ar de Y-TEC junto con Florencia.

(A los fines de simplificar el entendimiento de la entrevista, no se hizo diferenciación entre qué respondió cada uno de los dos entrevistados, sino que se combinaron sus opiniones a cada pregunta)

Pregunta 1: En principio, ¿qué infraestructura se necesita para producir amoníaco verde en Argentina y qué limitaciones técnicas o económicas observa en el contexto actual del país? Es decir, ¿qué cambios se consideran indispensables para lograr esta transición energética desde la presente dimensión?

La infraestructura necesaria para hacer hidrógeno verde es principalmente la energía renovable. Acá hay un cuello de botella porque la magnitud dependerá de si se desea exportar o no. Si decidimos construir un parque eólico como fuente de energía renovable, necesitaremos de cientos de hectáreas de tierra para instalarlo, por no decir miles de hectáreas. Entonces hay que asegurar el acceso a esas tierras, que estén disponibles y no haya ningún impedimento social tampoco, cosa que es muy importante. A veces es necesario negociar y llegar a diferentes acuerdos

con los propietarios o las comunidades que son dueñas de esas tierras para acordar cómo va a ser el uso de las mismas.

Además, siguiendo esta idea de un parque eólico, se necesita recibir todas las partes de los molinos, por lo que hay que adecuar el puerto para que pueda recibir los molinos que se necesitan instalar, que no solo serían muchos, sino que las aspas son enormes y el puerto debe estar adecuado para recibir ese tipo de buques, que las cargas se puedan descargar, almacenar y luego transportar. Entonces para transportarlos también se va a necesitar que las rutas estén en buenas condiciones y que se pueda tener acceso directo al parque que se esté construyendo.

Ahora específicamente para la producción del hidrógeno, primero necesitamos poder llevar la energía renovable que se generó hasta el sitio donde estén los electrificadores. Sabemos que la red de distribución de energías eléctricas está colapsada, por lo que también hay que hacer una inversión ahí para que se pueda conducir toda la energía eléctrica. La mejor opción para lograr esto sería una construcción escalonada y en etapas, empezando con un diseño modular para el electrolizador y luego avanzar con la construcción de un reactor que se llama Overash para poder hacer el amoníaco.

Además de eso, lo que se necesita es, una vez que uno tiene el amoníaco es poder almacenarlo. Hay que construir infraestructura para el almacenamiento y para el despacho. Y esto es algo no menor porque para poder exportar las moléculas verdes o de bajas emisiones entra también la certificación que asegure que la producción es verdaderamente verde y se cumple con todos los requisitos en cada etapa. Luego si con el amoníaco se produce urea, toda la infraestructura para almacenarlo y transportarlo, así como un proceso de captura de dióxido de carbono durante toda la producción del hidrógeno, y así lo mismo con el derivado que se elija.

Pregunta 2: ¿Cómo se compara el costo estimado por tonelada de amoníaco verde respecto al amoníaco convencional en términos de insumos, energía y logística? ¿Considera que invertir en su producción generaría un impacto positivo a nivel ambiental, económico y social?

Es una pregunta complicada para responder, porque uno puede ser amable o no. Voy a empezar siendo amable. Desde lo ambiental y lo social seguramente tiene un impacto más que positivo y eso es algo que nos motiva también a nosotros. Ahora, desde el negocio sería algo completamente distinto porque si hay una diferencia de precio y, hablando comercialmente, siempre se elige la opción de menor costo. Entonces la forma de que los derivados verdes del amoníaco y del hidrógeno sean considerados es que exista una regulación que imponga su uso en los diferentes países.

Ahora a nivel nacional y sin exportarlos, mientras no haya precios competitivos ni obligaciones, nadie va a pagar por algo premium, o sea son muy pocos los nichos donde podría funcionar. Mismo para exportar estos productos, necesitamos poder competir con el gris y para eso es necesaria una regulación que obligue a usar componentes que no generen emisiones, o que haya algún incentivo también por parte de los Estados. Mientras no exista eso, no lo va a pagar nadie por más de que sea mejor para el ambiente.

Entonces ya en algunos países esto está claro y comenzaron a poner normativas, por ejemplo, a exigir cierto uso de combustibles que son sustentables, como el de los aviones en la Unión Europea que se llama SAP (*Sustainable Aviation Fuels*), donde paulatinamente van a ir aumentando el porcentaje del combustible de bajas emisiones que se necesitan y esto obliga a la industria también en satisfacer eso y obliga también a que los procesos se mejoren, se optimicen, se reduzcan los costos, o sea que es como una rueda en la medida que existan las regulaciones se van a ir bajando también.

Más allá del triple impacto, esto no deja de ser un negocio. Intentamos descarbonizar, pero estamos buscando que sea un negocio tan rentable como la exportación de gas natural. Es ir con una propuesta de negocio y competir con otros proyectos que después la empresa debe elegir con sus recursos limitados dónde quiere invertir y dónde no.

Pregunta 3: ¿Qué desafíos tecnológicos y regulatorios enfrenta actualmente la industria química argentina para migrar del hidrógeno gris al verde en la producción de amoníaco?

Principalmente se necesita una regulación que exija que se usen productos de bajas emisiones y la tecnología debe adaptarse a eso, perfeccionando y optimizándose para poder satisfacer eso reduciendo los costos y siendo más eficientes. Es muy complicado poder resolverlo desde la parte económica. Además de solo digamos la tecnología y la regulación, también el tema de financiación para poder llevar adelante los proyectos es como toda una rueda que necesita entrar en movimiento.

No nos olvidemos que estamos hablando de una tecnología nueva, tiene muy poco recorrido, no hay grandes proyectos acá de armonía o de hidrógeno verdes porque todavía tienen altos riesgos. Es decir que son muchos los riesgos y llevaría mucho tiempo analizarlos todos en detalle.

Pregunta 4: ¿Considera que Bahía Blanca cuenta con la infraestructura y recursos energéticos suficientes para liderar la producción de amoníaco verde? ¿Qué elementos faltan o deberían mejorarse?

Si pensamos, por ejemplo, en la planta de Profertil, sabemos que está al máximo de su capacidad, entonces se necesitaría hacer una planta espejo y, por ende, toda la infraestructura para

la producción de amoníaco y de los fertilizantes. Como les mencionaba antes, habría también que ampliar el puerto para que pueda recibir todos los molinos que se necesitan para la generación de energía renovable, toda la logística para la instalación, almacenamiento de los productos y su posterior exportación. También se necesita infraestructura para los ductos para poder conducir el hidrógeno o mismo el dióxido de carbono.

Hoy en día lo que se hace con estos proyectos es lo que se llama una doble subasta donde hay un doble esquema que lo está impulsando. Se llama H2Global y lo financian dos países: Alemania y Países Bajos. Este mecanismo de doble subasta simula un mercado funcional de hidrógeno limpio y ayuda a impulsar la creación del mercado para que crezca la industria y se desarrolle.

Por todo esto es que los proyectos de hidrógeno, amoníaco y sus derivados en general llevan sus años y son muchas etapas. Entonces ahí es donde hay que ser inteligentes y saber cómo priorizar ese desarrollo, no se puede hacer una inversión general, pero se pueden ir haciendo inversiones estratégicas que permitan que un proyecto de esta magnitud se concrete. Obviamente dependerá del tamaño del proyecto en sí, pero es por estas razones que, si uno mira los casos en distintas partes del mundo, siempre son proyectos colaborativos entre varias empresas que van se van haciendo cargo de diferentes partes del proyecto según su rubro específico.

Pregunta 5: ¿Existen diferencias en el rendimiento o eficiencia entre el amoníaco verde y el convencional? ¿Sería competitivo para producir urea? ¿Qué beneficios traería al sector agroindustrial el uso de urea y amoníaco verdes?

Bueno para ser concretos, la clasificación de colores solo hace referencia a los métodos de producción, químicamente son exactamente lo mismo, el hidrógeno rosa, gris, azul, verde, todos

son iguales. Lo mismo pasa con el amoníaco, con todo con cualquiera de los de los derivados, o sea, con los combustibles sintéticos también. La molécula final es la misma, lo único que cambia es cómo se obtiene y cuántas emisiones se generan cuando se produce esa molécula.

Para el beneficio que esto puede tener en la industria se han establecido, digamos, ciertos objetivos para poder descarbonizar de forma mundial, en cada uno de los países que firmaron el Acuerdo de París. Se establecieron objetivos para reducir las emisiones de dióxido de carbono y que no llegue al aumento de la temperatura en 1.5°C, entonces hay como toda una estrategia en cada país para lograr esto y aumentar dentro de la matriz energética el uso de energías renovables.

Lo que estamos trabajando nosotros es en buscar industrias que se puedan descarbonizar con el hidrógeno verde como el agro, por ejemplo, a través de fertilizantes que no tengan emisiones en su producción o que sean muy bajas. Lo mismo con la industria del vidrio, la industria del acero, por ejemplo, los autos podrían también bajar las emisiones durante su construcción, impactando su ciclo de vida. Lo mismo pasa con la aviación y los barcos. Estos últimos, por ejemplo, usan un petróleo bastante pesado, entonces la forma de descarbonizar buques enormes que recorren largas distancias es utilizando hidrógeno.

Pregunta 6: ¿Qué impacto tendría la incorporación de fertilizantes verdes en la competitividad internacional de los productos agrícolas argentinos, especialmente frente a mercados con exigencias ambientales como la Unión Europea?

La Unión Europea tiene dos mecanismos, uno que se llama ETS donde limita las emisiones de ciertos, pero de ciertas industrias que están dentro de la Unión Europea y tiene otro mecanismo que no recuerdo el nombre en este momento, donde limita también las importaciones que entran dentro de la Unión Europea para que puedan ser competitivas con las industrias que ya se están

descarbonizando, que son de ellos. Entonces exigen que todos los productos que se usen y se importen sean de bajas emisiones. ¿Qué pasa si no se cumple? Pagan una multa.

Entonces, si nosotros tenemos la capacidad de ya producir productos de bajas emisiones, podríamos entrar perfectamente y ser competitivos en mercados internacionales. Además, contamos con muy buenos recursos eólicos, solares e intelectuales, entonces sí, tranquilamente podríamos ingresar al mercado y ser altamente competitivos.

Pregunta 7: ¿Qué tipo de financiamiento o incentivos considera necesarios para que la producción de amoníaco verde sea rentable en el mediano plazo?

Lo primero que necesitamos es establecer una regulación e incentivos. En proyectos de esta magnitud, alguien tiene que hacerse cargo de los puertos, de la ampliación de del puerto, alguien tiene que hacerse cargo, por ejemplo, de todas las rutas que se necesitan, de la infraestructura eléctrica, entonces necesitamos de la participación del Estado para que pueda facilitar también ese desarrollo y que no sea solamente de los privados en otros países. Esto es compartido también con el Estado en Argentina.

Probablemente los privados tienen que hacerse cargo de todo. Entonces, si el Estado ayuda también con algunos incentivos, podría desarrollarse todo esto mucho más rápido. La gran dificultad que tenemos acá es competir con el gas natural que es un insumo que no tienen todos los países. Entonces cuando competimos con algo que es sumamente competitivo es difícil, y ahí sí necesitamos de algunas señales verdes o incentivo que destaquen a estos proyectos en el mercado.

Por otra parte, como les comenté un poco antes, lo que se suele hacer en este tipo de proyectos que requieren de enormes inversiones y un intercalado de muchas partes distintas para

formar un todo, es que se arman consorcios de diferentes empresas con diferentes especializaciones donde cada una le suma valor al proyecto desde su lado.

ANEXO 2: Preguntas de investigación a profesionales

Cuestionario 1 - Emilio Martin

El día 21 de octubre de 2025 se realizó una entrevista a Emilio José Martin, propietario de su propia empresa farmacéutica hace 10 años, actualmente es superintendente de logística & comunidades en Fortescue Metals Group con una antigüedad de 5 años. Además, es profesor de gestión de proyectos, administración médica y administración contable en el instituto Aconcagua desde hace 4 años.

En cuanto a su formación profesional es Licenciado en Administración de Empresas en la Universidad Nacional de Quilmes. Realizó dos mayor, por un lado, en la universidad USF (especialización en Project management) y Stetson University (Financial performance management) en Estados Unidos. Luego realizó dos Masters, uno en la Universidad Francisco de Vitoria (MBA) y otro en la Universidad del Management en Suiza (MSc) y actualmente se encuentra realizando un doctorado en filosofía en la universidad de Flores.

Preguntas realizadas:

1. ¿Podría resumir su experiencia en su área de especialización y los hitos más relevantes de su carrera? ¿Qué factores lo llevaron a especializarse en esta área?

Tengo más de 25 años de experiencia en logística, infraestructura y operaciones, principalmente en entornos Mineros y Aeronáuticos. He liderado equipos grandes y proyectos estratégicos en sitios remotos, tanto en fases de exploración como en operación y cierre.

Entre los hitos más importantes destaco mi trabajo en Barrick, donde implementamos programas de eficiencia energética y uso racional del agua reconocidos internacionalmente, y en Fortescue, donde actualmente conduzco la Logística y Relaciones con las Comunidades en

proyectos de exploración minera. Todo esto me permitió desarrollar una visión integral de la sostenibilidad, la eficiencia operativa y el bienestar organizacional.

Desde mis primeros años en la industria me atrajo el desafío de coordinar operaciones complejas en lugares remotos, donde la logística es clave para el éxito de los proyectos. Con el tiempo, comprendí que la eficiencia y la sostenibilidad podían ir de la mano, y eso me llevó a seguir formándome con un MBA, un MSC y hoy un doctorado en Economía Circular y producción Sustentable, para aplicar una mirada más estratégica y sostenible a las operaciones.

2. ¿Cuáles son los desafíos más frecuentes que ha observado en la implementación de proyectos y cómo los ha abordado eficazmente?

En mi experiencia, los mayores desafíos no suelen estar en lo técnico, sino en las personas (la inteligencia emocional): en cómo se relacionan los equipos internos y externos, cómo se administran las diversidades y cómo se gestiona el cambio.

He aprendido que la clave está en fomentar una comunicación transparente, generar confianza y construir un clima laboral positivo. Cuando el equipo se siente escuchado y valorado, los resultados llegan naturalmente.

Por eso, en cada proyecto dedico tiempo a fortalecer los vínculos, alinear expectativas y promover el respeto y la colaboración entre todas las partes. ¡Esa gestión del relacionamiento ha sido determinante!

3. Desde su punto de vista, ¿Cómo perciben los actores del sector la adopción de insumos y soluciones de menor huella de carbono, y qué factores facilitan o dificultan su aceptación?

Hoy la mayoría de los actores del sector percibe la adopción de insumos y soluciones de baja huella de carbono como "un paso necesario e inevitable". Hay una conciencia creciente sobre la sostenibilidad y su relación con la competitividad y la licencia social para operar.

Sin embargo, el principal desafío no es tecnológico, sino económico y cultural: implica cambiar hábitos, modelos de gestión y cadenas de suministro. Lo que facilita la aceptación es cuando se logra demostrar que la sostenibilidad puede traducirse en eficiencia, reducción de costos y mayor reputación para la empresa.

Por eso, el trabajo con los equipos internos y con las comunidades es clave: acompañar el cambio, comunicar los beneficios y generar compromiso genuino hace que la transición hacia soluciones más limpias sea mucho más efectiva y duradera (sostenible).

4. ¿Qué transformaciones culturales y de gestión considera usted que se requieren en las empresas para avanzar hacia prácticas más sostenibles?

Considero que hay que liderar con el ejemplo, con un cambio genuino.

5. ¿Qué políticas, regulaciones o instrumentos del sector público han sido más influyentes (positiva o negativamente) en sus proyectos?

No recuerdo haber tenido problemas con regulaciones o políticas, o si las tuve fueron parte del folclore de la tarea y se solucionaron o encauzaron para lograr el fin. Ya lo dije, manejo adaptación al cambio.

6. ¿Qué regulación considera que hace falta o que debería desarrollarse con urgencia para que sea viable una transición energética en nuestro país que acompañe la descarbonización de los sectores?

Se los comenté en la entrevista, no sé si pasa por "regulaciones", creo que pasa por un cambio integral de mirada y de nuestra demanda como "consumidores responsables".

7. En caso de que sus proyectos necesitan de inversores externos, ¿qué requisitos suelen plantear los financiadores y qué estrategias han resultado efectivas para estructurar proyectos viables?

En mi caso siempre he trabajado con financiación propia, aportando la información necesaria para la obtención y liberación de los fondos previstos en el flujo de fondos.

8. En su área de trabajo, ¿qué recursos considera que son indispensables, pero que a la vez representan el mayor costo?

Indispensable: la automotivación.

Mayor costo: la soberbia.

9. ¿Considera que Argentina pueda lograr a largo plazo tener una Economía de hidrógeno?

Pregúntele a Toyota cuando ponen a la venta los modelos de pila de hidrógeno o celdas de combustible. En el 2024 ya los presentaron:

<https://www.toyota.com.ar/descubri/newsroom/noticias-de-argentina/nuevas-tecnologias-para-una-movilidad-sustentable-el-enfoque-de-toyota-para-alcanzar-la-neutralidad-de-carbono>

10. ¿Ve usted potencial a largo plazo de desarrollar fertilizantes verdes a partir de amoníaco verde, ya sea para consumo local o para exportación?

No soy experto en esta materia.

+ ¿Qué tres recomendaciones clave daría a equipos que inician proyectos vinculados a fertilizantes de baja huella de carbono en Argentina?

No soy experto en esta materia.

Cuestionario 2 - Santiago Rodriguez Bauza

1. ¿Podría resumir su experiencia en su área de especialización y los hitos más relevantes de su carrera? ¿Qué factores lo llevaron a especializarse en esta área?

30 años en energía, empezando por HVAC transformándolo en Eficiencia Energética. El mundo necesita conciencia de lo hace, y gasta para ello.Cuál es su mejor forma de desarrollarlo, consumiendo lo menor posible.

2. ¿Cuáles son los desafíos más frecuentes que ha observado en la implementación de proyectos y cómo los ha abordado eficazmente?

Los desafíos son: Cambiar la falta de interés, por sostenibilidad de aspecto integral. Se abordan, enseñando y asesorando desde el punto de vista del cliente, y lo que Él puede aportar para hacer un mundo mejor.

3. Desde su punto de vista, ¿Cómo perciben los actores del sector la adopción de insumos y soluciones de menor huella de carbono, y qué factores facilitan o dificultan su aceptación?

Los actores cada vez son más conscientes, por necesidad, o por extorsión económica/impositiva, o por decisión propia. Ya los grandes actores, reconocen el valor de la reducción de la huella. Debemos entrar en la masificación, no sólo en el ámbito privado, sino público y/o mixto.

4. ¿Qué transformaciones culturales y de gestión considera usted que se requieren en las empresas para avanzar hacia prácticas más sostenibles?

Transformación Educativa de base, no quedarnos solo en el reciclado; sino en aspectos más globales, y amplios (ODS). Ahora en lo inmediato, trabajar sobre mejores prácticas, para mejores costos y mayores beneficios ya que la Argentina 2025, está impulsada por el área privada. Como está planteado en la Ley Argentina de Generación Distribuida (GD), se trata exclusivamente de renovables (Falta decisión política para ampliarla).

5. ¿Qué políticas, regulaciones o instrumentos del sector público han sido más influyentes (positiva o negativamente) en sus proyectos?

Considero que las regulaciones positivas fueron: Leyes 27.424; 27.742; 15.336 y 24.065
Regl 235 y 294/2024

Considero que las regulaciones que afectan mis proyectos de manera Negativa fueron:
Reglamentaciones tardías, lentas y discrecionales a nivel provincial y municipal.

6. ¿Qué regulación considera que hace falta o que debería desarrollarse con urgencia para que sea viable una transición energética en nuestro país que acompañe la descarbonización de los sectores?

Las posibilidades que brindan los sistemas de almacenamiento, baterías dentro del Prosumidor o en la red. Almacenamiento compartido. El impacto de la electromovilidad. Abastecimiento con energía marginal, almacenamiento móvil e Intercambio bidireccional.

- GD desarrollada por conjunto de usuarios usando redes existentes.
- Generador distribuido con consumos dispersos.
- GD vinculada a la red y consumo interjurisdiccional.
- GD y distribución inalámbrica.

7. En caso de que sus proyectos necesitan de inversores externos, ¿qué requisitos suelen plantear los financiadores y qué estrategias han resultado efectivas para estructurar proyectos viables?

Créditos a tasa preferencial, para que de un repago o TIR menor a 4 años.

8. En su área de trabajo, ¿qué recursos considera que son indispensables, pero que a la vez representan el mayor costo?

Estamos en los 3 primeros pasos, de forma escasa y debemos llegar a la gestión inteligente de la Red de energía, en todo su aspecto, pasos necesarios:

- a. Automatización de la Red Eléctrica Nacional
- b. Telegestión de la Red
- c. Generación Distribuida
- d. Gestión Avanzada de la demanda
- e. Gestión Avanzada de la Energía

9. ¿Considera que Argentina pueda lograr a largo plazo tener una Economía de hidrógeno?

Si, claro que sí. Allí se refuerza Gestión Avanzada de la Energía. El Amoniac Verde, como energía transportable es uno de los ejes más importantes, para llegar a tener progreso en Hidrógeno verde y producción de energía renovables.

10. ¿Ve usted potencial a largo plazo de desarrollar fertilizantes verdes a partir de amoniaco verde, ya sea para consumo local o para exportación?

Es el futuro, así que claramente es uno de los caminos, hay que saberlo interpretar y aplicar.

+ ¿Qué recomendaciones le daría a equipos que inician proyectos vinculados a fertilizantes de baja huella de carbono en Argentina?

Involucrarse en los proyectos de Bahía Blanca, desde Gas Natural desde Vaca Muerta, hasta Amoniaco Verde, es y será el punto de inicio Nacional. Siempre Mirando los 17 ODS, ya que aportan mirada circular.

Cuestionario 3 - Regina Ranieri

1. ¿Podría resumir su experiencia en su área de especialización y los hitos más relevantes de su carrera? ¿Qué factores lo llevaron a especializarse en esta área?

Soy Ingeniera con especialización en renovables y combustibles sustentables. Los hitos más relevantes fueron ser reconocida en múltiples oportunidades como referente del sector. Me motivó a especializarse el hecho de querer contribuir a la mitigación del cambio climático.

2. ¿Cuáles son los desafíos más frecuentes que ha observado en la implementación de proyectos y cómo los ha abordado eficazmente?

Los desafíos más frecuentes son la proyección de largo plazo en Argentina. Los proyectos energéticos en general requieren de muchos años de estudio e inversión y para ello se requiere una política de largo plazo. La forma de abordarlo eficazmente es comunicando a los distintos actores de la sociedad: los políticos, la prensa, la comunidad científica, el impacto que esto podría tener en nuestro país y de esa forma generar un consenso que nos acerque a la política del largo plazo.

3. Desde su punto de vista, ¿Cómo perciben los actores del sector la adopción de insumos y soluciones de menor huella de carbono, y qué factores facilitan o dificultan su aceptación?

Hoy la dificultad está en los incentivos de la transición. En la medida que paguemos "más caro" por algo "más limpio" sin poder trasladar ello a un premium percibido por el comprador, es más difícil la transición. Es importante que existan penalidades a las fuentes contaminantes, al menos hasta que las soluciones limpias adquieran competitividad natural, como ocurrió en la generación eléctrica renovable.

4. ¿Qué transformaciones culturales y de gestión considera usted que se requieren en las empresas para avanzar hacia prácticas más sostenibles?

Para la gestión se necesita compromiso medio ambiental y conocimiento en finanzas sostenibles. Ya que las empresas volcadas a la sostenibilidad tienen también otros beneficios.

5. ¿Qué políticas, regulaciones o instrumentos del sector público han sido más influyentes (positiva o negativamente) en sus proyectos?

Considero que las políticas, regulaciones o instrumentos del sector público que influyeron son: Leyes de incentivos, impuestos al carbono, leyes de promoción, licitaciones públicas de largo plazo, política a favor de las inversiones (ejemplo RIGI en Argentina).

6. ¿Qué regulación considera que hace falta o que debería desarrollarse con urgencia para que sea viable una transición energética en nuestro país que acompañe la descarbonización de los sectores?

Creería que hace falta implementar una política energética productiva. Podemos tener Gas natural, energías renovables e hidrógeno y derivados super competitivos. Falta infraestructura para hacerlo posible y poner el foco en la industria: qué vamos a usar para producir, qué queremos exportar, qué sector puede beneficiarse de las múltiples opciones que tiene el país.

7. En caso de que sus proyectos necesiten de inversores externos, ¿qué requisitos suelen plantear los financiadores y qué estrategias han resultado efectivas para estructurar proyectos viables?

Largo plazo, previsibilidad, seguridad jurídica.

8. En su área de trabajo, ¿qué recursos considera que son indispensables, pero que a la vez representan el mayor costo?

Infraestructura.

9. ¿Considera que Argentina pueda lograr a largo plazo tener una Economía de hidrógeno?

Si, claro.

10. ¿Ve usted potencial a largo plazo de desarrollar fertilizantes verdes a partir de amoniaco verde, ya sea para consumo local o para exportación?

Si, de hecho, Profertil tenía un plan para hacerlo, ya que Bahía Blanca es una posición estratégica para esta industria.

+ ¿Qué tres recomendaciones clave daría a equipos que inician proyectos vinculados a fertilizantes de baja huella de carbono en Argentina?

Que comuniquen, visibilicen y propongan proyectos para su promoción, así como sociedad los acompañamos en hacerlo realidad.

Cuestionario 4 - Tomás Berney

1. ¿Podría resumir su experiencia en su área de especialización y los hitos más relevantes de su carrera? ¿Qué factores lo llevaron a especializarse en esta área?

2 años de experiencia part time y 2 años de experiencia full time trabajando en desarrollo de proyectos de energía renovable, enfocados principalmente en generación eléctrica y power-to-x con un enfoque en hidrógeno y amoníaco verde. Principal tarea es el análisis financiero y valuación de los proyectos usando la metodología DCF en todas las regiones del mundo, incluyendo la Argentina.

2. ¿Cuáles son los desafíos más frecuentes que ha observado en la implementación de proyectos y cómo los ha abordado eficazmente?

El principal desafío en el desarrollo de proyectos es la competitividad contra los productos sustitutos o "grises" y la falta de penalidades o regulaciones que hagan que el potencial mercado de compradores sea más grande que en la actualidad. Por otro lado, uno de los problemas principales es que los proyectos son de capital intensivo y requieren de financiamiento. Los financiadores requieren que la estructura del proyecto sea bancable y segura para poder predecir los flujos de dinero, lo cual a su vez hace que el proyecto sea más costoso ya que se le trasladan todos los potenciales riesgos a terceras partes.

3. Desde su punto de vista, ¿Cómo perciben los actores del sector la adopción de insumos y soluciones de menor huella de carbono, y qué factores facilitan o dificultan su aceptación?

Como mencione en la pregunta #2, los compradores de productos verdes únicamente están interesados en su competitividad económica, ya que los grandes consumidores suelen ser empresas

privadas que deben generar retornos a sus accionistas. A igualdad de precios y condiciones entonces se prefiere una menor huella de carbono, pero raramente es el caso donde hay igualdad de precio. Es por eso que se requiere de penalidades y regulaciones firmes para impulsar una demanda.

4. ¿Qué transformaciones culturales y de gestión considera usted que se requieren en las empresas para avanzar hacia prácticas más sostenibles?

La principal transformación que se requiere es que los accionistas a nivel global están dispuestos a sacrificar retornos a cambio de una menor huella de carbono. Las empresas en la industria de la energía renovable tienen retornos de un dígito mientras que las mineras y petroleras tienen de dos dígitos. La diferencia en estos retornos hace que lógicamente tenga más sentido seguir invirtiendo en minería y petróleo en lugar de la energía renovable. Otra transformación sería que a nivel social se dejen de consumir productos de alta huella de carbono, que a su vez incrementa la demanda por productos de bajas emisiones, aumentando los precios de venta de estos productos y haciendo los proyectos económicamente viables. Sin embargo, este movimiento social es inflacionario y es contra intuitivo que perdure en el tiempo.

5. ¿Qué políticas, regulaciones o instrumentos del sector público han sido más influyentes (positiva o negativamente) en sus proyectos?

Las políticas más significativas suelen ser reducciones impositivas para los proyectos, subsidios, cuotas mínimas de consumo, instrumentos de financiamiento de parte de entes públicos para este tipo de proyectos, aceleración en los procesos administrativos para conseguir los permisos requeridos para la implantación del proyecto, entre otros.

6. ¿Qué regulación considera que hace falta o que debería desarrollarse con urgencia para que sea viable una transición energética en nuestro país que acompañe la descarbonización de los sectores?

La regulación que más beneficia a toda la industria, mismo el consumidor final sin ser inflacionario, es la reducción impositiva. Esto hace que los proyectos sean económicamente viables para desarrollarse en el mediano y largo plazo.

7. En caso de que sus proyectos necesitan de inversores externos, ¿qué requisitos suelen plantear los financiadores y qué estrategias han resultado efectivas para estructurar proyectos viables?

Los financiadores suelen plantear contratos de venta a largo plazo por un volumen fijo y un precio fijo. Esta es la condición principal para un inversor extranjero tener interés en los proyectos ya que hace que su flujo de caja sea predecible y atractivo. Luego, obviamente, tener las garantías tanto en monto como en plazo correctamente aplicadas en el proyecto, utilizar contratistas experimentados, tecnólogos con experiencia, etc.

8. En su área de trabajo, ¿qué recursos considera que son indispensables, pero que a la vez representan el mayor costo?

No se entiende bien a que se refiere con recursos dentro del área de trabajo.

9. ¿Considera que Argentina pueda lograr a largo plazo tener una Economía de hidrógeno?

Si. Depende fuertemente de regulaciones, exenciones impositivas y cuotas mínimas de consumo para las industrias donde es de fácil aplicación el hidrógeno. Además, la adaptación de infraestructura común (gasoductos) es clave para llegar desde la zona de producción al punto de consumo de una manera tecno-económicamente eficiente.

10. ¿Ve usted potencial a largo plazo de desarrollar fertilizantes verdes a partir de amoníaco verde, ya sea para consumo local o para exportación?

Si, lo veo viable. India es un ejemplo de una implementación de amoníaco verde para fertilizantes en el corto plazo. Se debería dar el contexto adecuado para que esto suceda (seguridad jurídica, acceso a financiamiento, reducciones impositivas, etc.).

+ ¿Qué tres recomendaciones clave daría a equipos que inician proyectos vinculados a fertilizantes de baja huella de carbono en Argentina?

Comenzar a desarrollar los proyectos siempre enfocado en el consumidor final. El consumidor final define el volumen y el precio a vender, que a su vez define el tamaño del proyecto, que a su vez define el costo del proyecto y por último su validez económica. Desarrollar un proyecto pensando que el consumidor va a parecer más tarde es el primer error de todo desarrollador. Otra recomendación es diversificar proyectos. La clave de todo desarrollador es eliminar de forma temprana los proyectos que no van a progresar para minimizar las pérdidas, y continuar únicamente con aquellos que sí pueden lograrlo.

Cuestionario 5 - Gustavo Herrá

1. ¿Podría resumir su experiencia en su área de especialización y los hitos más relevantes de su carrera? ¿Qué factores lo llevaron a especializarse en esta área?

Hace 25 años que trabajo en Nutrien, con anterioridad Agroservicios Pampeanos en el área comercial, pasando desde vendedor, luego gerente de sucursal y por último gerente de la región centro del país, siendo responsable de lo comercial de la región. La especialización vino de la experiencia que fui adquiriendo y los resultados que fui logrando.

2. ¿Cuáles son los desafíos más frecuentes que ha observado en la implementación de proyectos y cómo los ha abordado eficazmente?

Primero convencerse uno y luego al equipo de trabajo, que cada uno entienda lo que tiene que hacer.

3. Desde su punto de vista, ¿Cómo perciben los actores del sector la adopción de insumos y soluciones de menor huella de carbono, y qué factores facilitan o dificultan su aceptación?

Los actores lo perciben como importante, pero no son rápidos a adquirir los mismos, y dentro de los factores que ayudarían a la adopción serían por ejemplo algún beneficio económico, por ejemplo. Por otro lado, también sería insistir con la comunicación, aprendizaje del mismo, reuniones, etc.

4. ¿Qué transformaciones culturales y de gestión considera usted que se requieren en las empresas para avanzar hacia prácticas más sostenibles?

Primero sería fomentar la mentalidad al uso racional de los recursos, promover capacitaciones de los mismos a las personas, y empezar a comprometer a la gente con el uso racional de los elementos. Siempre tiene que comenzar por los líderes y cascadear hacia abajo y mostrar beneficios.

5. ¿Qué políticas, regulaciones o instrumentos del sector público han sido más influyentes (positiva o negativamente) en sus proyectos?

No lo recuerdo ahora, si lo que me parece es que no veo políticas que sean a largo plazo sobre este tema, principalmente hablando de continuidad, aunque cambien los gobiernos, y así poder seguir con créditos por el tema, beneficios, retribuciones, certificaciones de empresas con tal o cual beneficio, etc.

6. ¿Qué regulación considera que hace falta o que debería desarrollarse con urgencia para que sea viable una transición energética en nuestro país que acompañe la descarbonización de los sectores?

En realidad, fomentar o pasar de la matriz energética del petróleo a la eólica y fotovoltaica e impulsar a tener más equipos, vehículos, etc. con ese tipo de energía.

7. En caso de que sus proyectos necesiten de inversores externos, ¿qué requisitos suelen plantear los financiadores y qué estrategias han resultado efectivas para estructurar proyectos viables?

El principal que sea rentable, económico, segundo que sea estable y previsible, sino nadie va a querer invertir en un lugar imprevisible, y realmente poder medir ese impacto positivo que está llevando esa inversión

8. En su área de trabajo, ¿qué recursos considera que son indispensables, pero que a la vez representan el mayor costo?

En el caso de donde trabajo es el fertilizante que termina siendo el mayor costo del productor al cual le vendo, y normalmente se está subutilizado o agregando menor a lo que requiere por este tema. Otra es el transporte de los insumos que si tuviéramos una logística mucho más eficiente como fue en su momento los trenes disminuiría los costos y en la actualidad podrían ser eléctricos disminuyendo la emisión y más aún la cantidad de camiones que se moverían en los caminos que emiten CO2.

9. ¿Considera que Argentina pueda lograr a largo plazo tener una Economía de hidrógeno?

Me parece que con la cantidad de recursos que tenemos, eólicos y solares no tendríamos ningún inconveniente, siempre hablando de que las inversiones como venimos hablando, tengan las características que mencioné (rentabilidad, estabilidad y proyección).

10. ¿Ve usted potencial a largo plazo de desarrollar fertilizantes verdes a partir de amoniaco verde, ya sea para consumo local o para exportación?

Sí, totalmente, los recursos los tenemos, solo faltaría que se invierta en producir ese Amoniaco verde.

+ ¿Qué recomendaciones le daría a equipos que inician proyectos vinculados a fertilizantes de baja huella de carbono en Argentina?

Que se planifiquen un proyecto viable para las empresas que inviertan en esto, buscar alianzas con organismos estatales como el INTA y comunicar del impacto que se va a ir logrando.

Cuestionario 6 - Mariano Hernán Cassina

Ingeniero agrónomo recibido en la UBA en 2017, trabajó en la Facultad de Agronomía, luego en DONMARIO, una empresa líder en investigación y genética para semillas, también pasó por Nutrien Argentina como especialista en innovación, y desde julio de este año que desempeña el cargo de Director de carrera de Producción y Gestión agropecuaria y Gestión ambiental en UADE.

3. Desde su punto de vista, ¿Cómo perciben los actores del sector la adopción de insumos y soluciones de menor huella de carbono, y qué factores facilitan o dificultan su aceptación?

Depende del actor, el grado y el tamaño que tenga. Si es una empresa exportadora, a nivel reputacional le puede dar una mejora competitiva a nivel de exportación. Entonces va a tener un tipo de enfoque o de qué tan permeable sea esa adopción. Ahora, por ejemplo, el lado del productor, que produce un cultivo, tiene el campo y demás, se puede ver una mayor reticencia al principio porque sería más requisitos que caerían sobre él, que capaz los beneficios que pueda ver directamente. Y después, por el lado del fabricante, sí puede tener beneficios a nivel de lo que es la producción, lo redituable y demás, pero le afecta lo regulatorio ya que muchas veces estas cosas no están reguladas.

4. ¿Qué transformaciones culturales y de gestión considera usted que se requieren en las empresas para avanzar hacia prácticas más sostenibles?

Yo considero que se requieren tres transformaciones clave: primero KPI (Key Performance Indicators) claros, que se entiendan qué parámetros se van a medir para ir hacia la sostenibilidad, se necesitan métricas claras. Y después, una transformación tanto en el paradigma como en la

cultura de la empresa. Es necesario un liderazgo a nivel organizacional donde la cabeza baje bien la normativa y lo que se pretende lograr, acompañado de capacitaciones al personal ya que se trata de un *know how* muy específico donde todos los procesos deben estar concatenados para ir hacia un mismo objetivo.

5. ¿Qué políticas, regulaciones o instrumentos del sector público han sido más influyentes (positiva o negativamente) en sus proyectos?

El rol del Estado puede afectar desde tres puntos de vista, tanto de forma negativa como positiva: primero desde el nivel de inversión (para cualquier tipo de proyecto u obra que necesite de la participación del Estado). Luego, a nivel regulatorio, deben estar alineadas las normativas a nivel nacional, provincial y municipal, para evitar que surjan inconvenientes o barreras en el medio. Y, por último, infraestructura, se relaciona con el punto de inversión, pero acá es más lo físico (asfaltar rutas, construir caminos, puertos en condiciones, etc.).

Además, dentro del sector público también hay que ver organismos de ciencia y tecnología e innovación que juegan un rol importantísimo como el INTA, INTI, CONICET, y demás organismos que ayudan a regular esta parte de las normativas necesarias.

Y otro punto muy influyente de forma positiva en relación a esto son los financiamientos verdes que tienen tasas preferenciales con el objetivo de que se persiga la sostenibilidad. Acá aparecen tasas preferenciales o excepciones impositivas a aquellos que se embarquen en este tipo de proyectos.

6. ¿Qué regulación considera que hace falta o que debería desarrollarse con urgencia para que sea viable una transición energética en nuestro país que acompañe la descarbonización de los sectores?

Lo principal que hace falta es un marco integral de hidrógeno y sus derivados que incluya: origen y fuente de esas producciones, certificado de huella de carbono, protocolo de trazabilidad, incentivos fiscales y arancelarios, y la coordinación de los gobiernos en los diferentes niveles (que no haya contradicción, sino complementariedad).

7. En caso de que sus proyectos necesiten de inversores externos, ¿qué requisitos suelen plantear los financiadores y qué estrategias han resultado efectivas para estructurar proyectos viables?

Para los financiadores es fundamental la certidumbre regulatoria y contractual, es decir, cuáles son los términos, cuál va a ser la producción, dónde se va a hacer, en qué cultivo, en qué plazo, cuándo vamos a ver la producción, por dónde se va a exportar, todo ese tipo de preguntas contractuales son fundamentales. También buscan que el proyecto sea atractivo, que tenga un riesgo aceptable para el inversor y que tenga un retorno acorde a lo que está esperando. Y, a su vez, se fijan que exista colaboración entre organismos multilaterales ya que eso le baja la incertidumbre y el riesgo al proyecto.

8. En su área de trabajo, ¿qué recursos considera que son indispensables, pero que a la vez representan el mayor costo?

La fuente de energía renovable que es fundamental pero costosa, la infraestructura y todo lo necesario para la parte logística, el capital humano necesario para todas las operaciones, y las

certificaciones y cuestiones ambientales que también son costosas y llevan tiempo, pero son indispensables.

9. ¿Considera que Argentina pueda lograr a largo plazo tener una Economía de hidrógeno?

En mi opinión, el potencial estructural está (recursos naturales como viento y sol están, así como la capacidad hidroeléctrica para hacer los procesos). Tenemos vasto territorio y baja densidad poblacional (a diferencia de otros países que no tienen suficiente superficie o tiene densidades poblacionales muy altas y se les dificulta la realización de este tipo de proyectos). Pero también se presentan algunos desafíos, falta desarrollar infraestructura, hay incertidumbre regulatoria, altos costos y la baja demanda interna. Sin embargo, se pueden trabajar estos desafíos, por lo que sí lo veo posible a largo plazo y que para el 2050 este sea un tema mucho más desarrollado y difundido.

10. ¿Ve usted potencial a largo plazo de desarrollar fertilizantes verdes a partir de amoníaco verde, ya sea para consumo local o para exportación?

Sí, sin dudas. Llevará tiempo lograrlo, pero es completamente posible con los recursos que disponemos.

+ ¿Qué tres recomendaciones clave daría a equipos que inician proyectos vinculados a fertilizantes de baja huella de carbono en Argentina?

Primero ver qué escala va a tener, qué costos asociados y analizar qué cosas hacen falta. Primero, les recomendaría que empiecen por un prototipo, una planta piloto, que sea gradual y no requiera de una inversión del calibre de algo definitivo, dado que el marco normativo no está claro. Y también hacer alianzas con sectores, mesas regionales de especialistas, involucrar profesionales,

expertos en fertilizantes y demás actores clave que puedan aportar al desarrollo definitivo de esta actividad y aconsejar a la correcta implementación de un marco regulatorio. Estas alianzas, además, traerían un beneficio indirecto que es acceder a más fuentes de financiamiento.

Luego elegir zonas favorables para el desarrollo del proyecto y establecer KPIs claros que permitan medir con exactitud el desarrollo de la actividad y a partir de ahí ir viendo y aconsejando sobre cómo se debe desarrollar el marco normativo pertinente.

ANEXO 3: CASOS DE ÉXITO Y FRACASO

Caso de éxito - Iberdrola:

Prensa Lanzamiento
09 Junio 2023



Iberdrola y Trammo sellan el mayor acuerdo de Europa para la exportación de amoníaco verde

- *Permitirá exportar hasta 100.000 toneladas al año de amoníaco verde a partir de 2026.*
- *El acuerdo facilitará la construcción de la primera planta industrial de amoníaco verde de Europa y contará con una inversión de 750 millones de euros.*

Iberdrola, la principal empresa de energía verde, y Trammo, la mayor comercializadora y distribuidora marítima mundial de amoníaco anhidro, han firmado el mayor acuerdo marco de amoníaco verde de Europa hasta la fecha para la compraventa de hasta 100.000 toneladas anuales de amoníaco verde a partir de 2026

El contrato precisará que Iberdrola construya en el sur de Europa la primera planta de amoníaco verde que será viable gracias a los fondos europeos y supondrá una inversión de 750 millones de euros. Iberdrola está actualmente desarrollando plantas de amoníaco y metanol verde en Europa, Estados Unidos, Australia y otros países y esta primera planta supone el afianzamiento de una estrategia de crecimiento global en hidrógeno verde y sus productos derivados.

La construcción de la primera planta de amoníaco verde generará hasta 3.500 empleos, ocupados en su mayoría por trabajadores locales. Además, durante su fase de operación y mantenimiento el proyecto creará más de 50 empleos.

La planta de amoníaco verde irá ligada a la construcción de 500 MW de nuevas energías renovables, ya que el amoníaco verde cumplirá con todos los requisitos exigidos por Europa. Además, contribuirá a la creación de oportunidades industriales y de innovación en un mercado en crecimiento, con un alto componente exportador.

La producción de amoníaco verde de la planta será adquirida y vendida por Trammo para descarbonizar diversas industrias pesadas intensivas en energía en todo el continente, como los Países Bajos, Alemania o Francia.

Este proyecto tiene como objetivo poner en marcha el corredor europeo de hidrógeno verde. El sur de Europa tiene un gran potencial renovable que le permite suministrar energía verde competitiva para descarbonizar la industria pesada, de alto consumo de energía de difícil reducción de sus socios europeos.

"Cuando se reúne a uno de los mayores desarrolladores de energías renovables del mundo y la mayor comercializadora marítima mundial de amoníaco anhidro, proyectos innovadores como este puedan ser viables rápidamente. Desde hace un año, operamos la planta de hidrógeno verde más grande de Europa, lo que nos da la experiencia y la comprensión de los procesos y la



tecnología para escalar rápidamente a estos proyectos de mayor envergadura” afirma Millán García-Tola, director global de Hidrógeno Verde de Iberdrola.

“Reducir las emisiones de la industria ligada al amoníaco verde es un reto para los próximos años en el que Iberdrola quiere implicarse con proyectos reales para desarrollar una cadena de producción más sostenible y lograr los objetivos de descarbonización. Ya estamos en conversaciones con Trammo para ver proyectos similares en otros mercados” ha señalado García-Tola.

El amoníaco verde puede utilizarse en la descarbonización de aplicaciones existentes, como la producción de fertilizantes o las industrias químicas. Además, se prevé un enorme crecimiento del mercado en nuevos usos de este producto, por ejemplo, como combustible marítimo o para hacer viable el transporte de hidrógeno verde o para hacer viable el transporte de hidrógeno verde. Este último uso resulta imprescindible para el ahorro de agua, ya que el hidrógeno verde permite reducir más de un 40% el consumo de agua empleado respecto a una planta de amoníaco gris.

Iberdrola es líder mundial en energías renovables con 40 GW instalados en todo el mundo y la ambición de duplicar su cartera actual hasta los 80 GW en 2030. La empresa se convirtió en pionera en la producción de hidrógeno verde con tres plantas en funcionamiento en 2023 y el electrolizador más grande de Europa (20 MW) en su planta de Puertollano en España.

Iberdrola está desarrollando más de 60 proyectos de hidrógeno en 8 países, incluyendo amoníaco verde y metanol verde en geografías como Iberia, Estados Unidos o Australia.

Como el comercializador marítimo más grande del mundo con una posición global líder en la comercialización y distribución de amoníaco anhidro desde 1965, Trammo está desempeñando un papel activo en la transición para descarbonizar el sector industrial, ayudando a poner a disposición en el mercado volúmenes significativos de amoníaco verde en 2035.

Comunicado de prensa Iberdrola, “Iberdrola y Trammo sellan el mayor acuerdo de

Europa para la exportación de amoníaco verde”, 09 Junio 2023,

<https://www.iberdrola.com/documents/20125/3238205/NI2023.06.09-Iberdrola-Trammo-firman-mayor-acuerdo-exportacio%CC%81n-amoníaco-verde-de-europa.pdf>

Planta de Hidrógeno Verde para uso industrial

El proyecto de innovación más ambicioso de Europa para promover la descarbonización de sectores industriales

Hidrógeno **100% renovable** para la producción de **amoníaco y fertilizantes** libres de emisiones



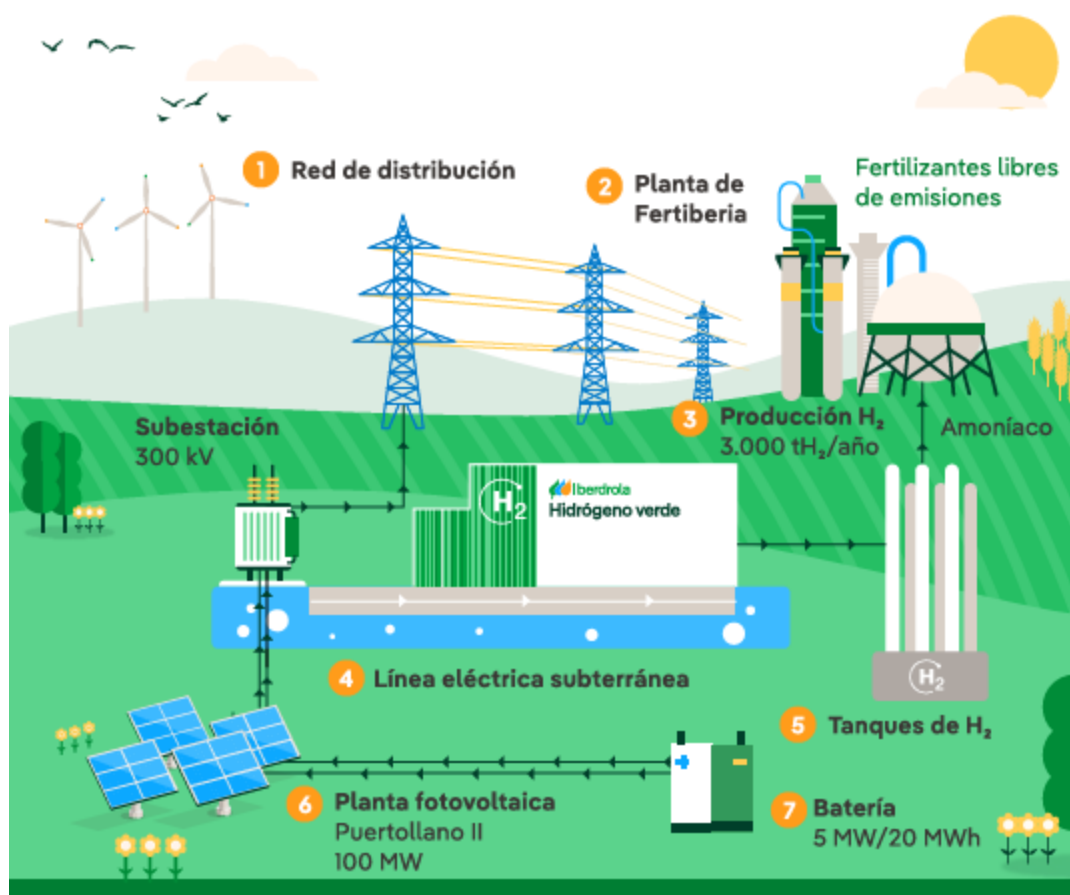
Inversión
150 M€



Empleos locales
700



Emisiones CO₂ evitadas
39.000
tCO₂/año



1 Red de distribución

La **energía excedentaria** generada en la planta fotovoltaica se vierte a la red de distribución para su comercialización.

2 Planta de Fertiberia

El proyecto de innovación se configura como una ambiciosa **iniciativa de descarbonización** de un proceso industrial clave, como es la **fabricación de fertilizantes** que permitirá avanzar hacia una **agricultura más sostenible**.

La inversión permite **mejorar los procesos industriales** y hacerlos **más sostenibles** mediante la producción y consumo de hidrógeno verde **sin emisiones asociadas** y la mejora de rendimiento de los procesos involucrados.

3 Producción H₂

El hidrógeno verde se produce mediante **celdas de electrólisis** alimentadas tanto por la **energía generada** por la planta fotovoltaica como por el **sistema de almacenamiento** de energía de la batería, en un proceso sin emisiones de CO₂ asociadas y permitiendo la **electrificación de sectores industriales**.

El proceso de producción se realiza con un **sistema de electrólisis polimérica de 20 MW** de suministro de energía eléctrica con capacidad para generar **360 kg/hora de hidrógeno**.

4 Línea eléctrica subterránea

La línea eléctrica dedicada **subterránea de uso exclusivo** para asegurar que toda la energía empleada en el electrolizador es renovable y se **minimiza el impacto ambiental**.

5 Tanques de H₂

El almacenamiento de hidrógeno verde es fundamental para **garantizar la estabilidad de suministro** que requiere la planta de Fertiberia y hacer un **aprovechamiento eficiente** de la producción con energías renovables. En total **11 tanques** que permiten el almacenamiento de **6.000 kg de H₂ verde a 60 bares**.

Cada tanque tiene un volumen de **133 m³** y unas dimensiones de **23,5 metros de alto y 2,8 metros de diámetro**. Pesan en vacío **77 t** y están fabricados en un acero especial con un espesor de chapa de **4,5 cm** para contener hidrógeno, dado el pequeño tamaño de esta partícula.

6 Planta fotovoltaica Puertollano II

La nueva instalación de producción de H₂ verde a partir de **fuentes 100% renovables** está integrado por una **planta solar fotovoltaica de 100 MW** de potencia instalada.

La instalación incorpora **tecnologías de vanguardia**, como los **paneles bifaciales**, que permiten una mayor producción, al contar con dos superficies sensibles a la luz, y los inversores 'string', que mejoran el rendimiento y consiguen un mayor aprovechamiento de la superficie.

7 Batería

El proyecto incluye un **sistema de baterías de ion-litio de 5MW**, con una **capacidad de almacenamiento de 20MWh**, que permite una mayor gestionabilidad de la planta y la optimización de las estrategias de control.

Infografía planta de hidrógeno verde Iberdrola,

https://www.iberdrola.com/documents/20125/41329/Puertollano_hidrogeno_verde_ES.pdf

Caso de fracaso - Proyecto GRAMLI



 CHEMICALS

INNOVATION FUND

Deployment of net-zero and innovative technologies

GRAMLI: Green Ammonia Linz

The Innovation Fund is 100% funded by the EU Emissions Trading System

| Project Factsheet

The GRAMLI (Green Ammonia Linz) project will build a large scale Proton Exchange Membrane (PEM) electrolyser (60 megawatt (MW)), which will produce renewable hydrogen to be used in the production of renewable ammonia to decarbonise industrial processes. The primary aim of the project is to demonstrate the innovative and flexible large-scale PEM electrolyser. The electrolyser will be fully sourced with renewable energy and integrated into an ammonia plant. The renewable ammonia produced by the GRAMLI project will be fully compliant with relevant regulations and ready to supply melamine, fertilisers, and technical nitrogen products. The GRAMLI project's potential for relative greenhouse gas (GHG) emission is 156% compared to the reference scenario.

The project will be a reference for the integration of a large scale electrolyser with an industrial ammonia facility, planning to produce 7 000 tonnes of renewable hydrogen and 40 000 tonnes of renewable ammonia per year. It will also establish an innovative

COORDINATOR	VERBUND AG
LOCATION	Austria
CATEGORY	Energy intensive industries (EII)
SECTOR	Chemicals
AMOUNT OF INNOVATION FUND GRANT	EUR 48,500,000
EXPECTED GHG EMISSIONS AVOIDANCE	931,123 tonnes CO2 equivalent
STARTING DATE	01 April, 2023
FINANCIAL CLOSE DATE	31 December, 2025
ENTRY INTO OPERATION DATE	01 April, 2029
CALL NAME	InnovFund-2022-LSC

* Calculated vs. the 2021-2025 ETS benchmark of 6.84 tCO₂e/tH₂, not taking into account additional carbon abatement due to substitution effects in the H₂ end use application, i.e. conservative estimate.

Updated on 10 November 2025

business model that efficiently combines revenue streams from the production of ammonia, the provision of ancillary services to the power grid, and the utilisation of additional by-products such as oxygen and heat. The project will align with the electricity grid's emission intensity, with the facility's operation timed to use more electricity when the share of renewable electricity is high. This approach will prevent grid congestion, contribute to grid stability, and improve the project's financial viability, thereby paving the way for more renewable power in electrical grids. The project will contribute to an absolute avoidance of 931 000 tonnes CO₂ equivalent of greenhouse gas emission savings over the first ten years of operation.

The Green Ammonia Linz will contribute to the Austrian Hydrogen Strategy and the EU energy and

climate goals set in the REPowerEU Plan. In particular it will contribute to the target of reaching ten million tons of renewable hydrogen production domestically by 2030, by supporting the decarbonization of the hard-to-abate chemical industry, and by facilitating the integration of additional renewable energy generation into the power grid.

The project not only contributes to a significant CO₂ emission reduction, but also supports the regional economy in Austria. The project is unique in its size and that it is the first implementation of green hydrogen in an industrial environment in Austria. The green ammonia value chain that will be established through the GRAMLI project also presents potential opportunities for other companies to benefit.

| Participants

VERBUND AG	Austria
LAT NITROGEN LINZ GMBH	Austria
VERBUND ENERGY4BUSINESS GMBH	Austria
VERBUND GREEN HYDROGEN GMBH	Austria

Additional information on the [EU Funding and Tenders Portal](#).

© European Union, 2025

Reuse of this document is allowed, provided appropriate credit is given and any changes are indicated (Creative Commons Attribution 4.0 International license). For any use or reproduction of elements that are not owned by the EU, permission may need to be sought directly from the respective right holders.
Image: © Totojang1977 #1389860624, 2023. Source: Shutterstock.com

https://ec.europa.eu/assets/cinea/project_fiches/innovation_fund/101132871.pdf



El proyecto Green Ammonia Linz se detuvo

Viena, Linz, 10 de septiembre de 2025 ■ hidrógeno ■ presione soltar

[verbund.com](#) ■ [Grupo](#) ■ [Noticias y prensa](#) ■ [Comunicados de prensa](#) ■ [Gramática](#)

Los dos socios del proyecto, LAT Nitrogen y VERBUND, anuncian que el proyecto conjunto "Green Ammonia Linz – GrAmLi" para la producción a gran escala de hidrógeno verde para su uso en la industria química de alto consumo energético no continuará en el entorno económico actual.

El hidrógeno verde desempeña un papel fundamental en la descarbonización de los procesos y productos industriales. En particular, en sectores de difícil electrificación, como la siderurgia, la industria química, las refinerías y el transporte pesado, permite una transformación sostenible hacia cadenas de valor climáticamente neutras. Si bien la electricidad constituirá la base del futuro sistema energético, los vectores energéticos químicos seguirán siendo indispensables a largo plazo: se prevé que continúen cubriendo aproximadamente la mitad de la demanda energética, con el hidrógeno verde



como componente clave.

A pesar de su alto potencial, el impulso de la economía del hidrógeno en Europa se encuentra bajo presión. La situación económica actual está frenando las inversiones en investigación, producción y desarrollo de infraestructuras. En este contexto, se cancela Green Ammonia Linz, el proyecto conjunto de electrólisis de LAT Nitrogen y VERBUND. Este ambicioso proyecto de descarbonización tenía como objetivo utilizar hidrógeno verde en la planta de LAT Nitrogen en Linz para la producción industrial de fertilizantes, melamina y productos nitrogenados técnicos. A pesar del progreso y la madurez significativos del proyecto, su viabilidad económica no es posible actualmente debido a la insuficiencia de los compromisos de financiación pública.

Ambas compañías lamentan profundamente la decisión, pero no descartan una reanudación posterior, bajo un nuevo contexto económico y regulatorio. LAT Nitrogen y VERBUND mantienen su compromiso con su estrategia y continúan impulsando activamente el desarrollo de la economía del hidrógeno. Ambas son miembros de la Alianza Austriaca para la Importación de Hidrógeno (HIAA), entre otras organizaciones.

Acerca de Green Ammonia Linz

Green Ammonia Linz prevé la producción a escala industrial de hidrógeno verde en una planta de electrólisis de 60 MW proyectada por VERBUND, alimentada con electricidad procedente de fuentes renovables y agua desionizada. El hidrógeno verde producido servirá como materia prima para la producción sostenible de fertilizantes, productos nitrogenados técnicos y melamina. El oxígeno generado durante la electrólisis del agua se utilizará directamente en otros procesos de producción en LAT Nitrogen. El electrolizador también prestará servicios a la red de transmisión.



Extracto de página oficial de Verbund, “El proyecto Green Ammonia Linz se detuvo”

Viena, Linz, 10 de septiembre de 2025, (traducción automática de Google al español)

<https://www.verbund.com/de/konzern/news-presse/presseaussendungen/2025/9/10/gramli>