

**E ENTREVISTA. PAMELA DELGADO**, directora ejecutiva del Instituto Milenio en Amoníaco Verde como Vector Energético:

# “Exportar amoníaco verde puede llegar a ser tan importante como la industria del cobre”

**CIENCIA.** Un grupo de destacados investigadores miembros del Instituto Milenio en Amoníaco Verde como Vector Energético, visitaron esta semana Valdivia para mostrar su trabajo en la región de Los Ríos.

Oscar Gallardo Ríos  
 oscar.gallardo@australvaldivia.cl

Un grupo de investigadores del Instituto Milenio en Amoníaco Verde como Vector Energético (MIGA, por sus siglas en inglés) visitó esta semana Valdivia con el objetivo de desarrollar una intensa agenda que incluyó desde charlas en colegios, hasta la realización de un seminario de divulgación para mostrar su trabajo en la región de Los Ríos.

Una de las investigadoras que visitó el territorio es la directora ejecutiva y fundadora de MIGA, Pamela Delgado, quien entregó detalles del interesante trabajo que desarrollan desde 2022 en adelante y que es financiado por la Iniciativa Científica Milenaria de la Agencia Nacional de Investigación y Desarrollo (ANID).

Pamela Delgado Moreno es ingeniera forestal titulada de la Universidad Católica y magíster en ingeniería de la energía de la misma casa de estudios. “Cuando uno sale del colegio, no tiene tanta claridad respecto de los ámbitos en los cuales uno finalmente se puede desempeñar, pero estudié ingeniería forestal porque siempre me ha gustado mucho la naturaleza y todo lo que tenga que ver con los recursos naturales en general. Como ingeniera forestal, comencé desempeñán-

dome en el área de políticas públicas asociadas al sector forestal al alero de un organismo internacional y de ahí surgió mi interés por los temas de sustentabilidad, sobre todo asociados al cambio climático”, explicó.

Y continuó: “En ese contexto, nació mi interés en ver desde qué otras perspectivas se podía aportar para la lucha contra el cambio climático, al ver que el cambio climático en gran medida es causado justamente por la industria energética y sus derivados. Eso generó mi interés por estudiar este magíster y desde 2010 comencé a trabajar en el ámbito de las energías limpias en general”.

Consultada por su trayectoria laboral en este ámbito, recordó que “al principio trabajé en el Estado, primero en un comité de Corfo, que se creó en conjunto con el Ministerio de Energía, que se llamaba Centro de Energías Renovables, donde me desempeñé por seis años”.

Y continuó: “Después pasé al Ministerio de Energía, luego a Corfo central, pero siempre en el ámbito de las energías renovables, tanto en temas de desarrollo de políticas de fomento, de diseño de instrumentos de promoción de este tipo de proyectos y en identificación de barreras que se presentaban para el desarrollo de este tipo de proyectos. En 2019 entré a trabajar al Centro de Energía



PAMELA DELGADO ES INGENIERA FORESTAL Y MÁSTER EN INGENIERÍA DE LA ENERGÍA DE LA UNIVERSIDAD CATÓLICA.

de la Universidad Católica y desde ahí empecé con mi transición hacia la academia. Desde 2022 a la fecha, soy directora ejecutiva del Instituto Milenio en Amoníaco Verde, que surgió precisamente como una iniciativa del Centro de Energía UC, mientras yo estaba ahí.

**Para comenzar a introducirnos en el tema, ¿qué es el amoníaco?**  
 -El amoníaco es un elemento químico que se usa en variadas

industrias, que tiene más de 100 años de historia en su producción y como país tenemos un vínculo especial con este compuesto, ya que antes no se podía obtener amoníaco directamente, si no que se hacía a partir de los nitratos que se obtenían de forma natural a partir del salitre, del cual Chile era precisamente un importante productor a nivel mundial.

La obtención del amoníaco sintético fue desarrollada por

dos científicos alemanes de apellidos Haber y Bosch, lo que facilitó que se produjeran fertilizantes y otros derivados del amoníaco sintético mediante este proceso que lleva su nombre, que es el proceso Haber-Bosch. Esto permitió desarrollar toda una industria a nivel mundial, que ya tiene más de 100 años de historia y que ha derivado en que la población mundial siga creciendo, porque finalmente el

## Detalles de la investigación que se realiza en UACH

● MIGA desarrolla un importante trabajo en la UACH, con profesionales del Instituto de Ingeniería Mecánica de la Facultad de Ingeniería, liderados por la investigadora y académica Loreto Troncoso. La investigadora de MIGA logró un hito relevante en su trabajo científico, al lograr medir potencia eléctrica en monoceldas reales de pilas de combustibles de óxido sólido, utilizando amoníaco directo como combustible.

Las pilas de combustible son dispositivos de conversión de energía, lo que se puede comparar al funcionamiento de los paneles solares, que transforman la energía de los rayos solares en electricidad. En este caso, mediante su funcionamiento electroquímico, las pilas de combustible transforman la energía química almacenada en un combustible a trabajo eléctrico. Esta investigación está concentrada en las pilas de combustible de alta temperatura. Estos dispositivos tienen las mayores expectativas para reemplazar los sistemas energéticos convencionales, constituyéndose en un dispositivo esencial para la transición energética en un país como Chile, cuya matriz energética se basa principalmente en carbón. ☞

amoníaco es el producto principal para la producción de fertilizante nitrogenado, que es el insumo que necesitan en mayor cantidad todos los cultivos y las plantas, lo que a su vez permite que sigamos teniendo alimentos.

También se usa en otras industrias como la limpieza, la fabricación de explosivos para la minería y más recientemente está siendo explorado como un vector de energía.

(viene de la página anterior)

**¿A qué se refieren con vector energético?**

-El amoníaco se produce hace más de 100 años a nivel mundial, tiene una industria que está muy desarrollada en términos de logística, de cadena de valor. Sin embargo, el amoníaco tradicionalmente se viene produciendo a partir de combustibles fósiles, a partir por ejemplo de gas natural o de carbón. Esto se debe a que para la fabricación del amoníaco, debemos tener hidrógeno por una parte y nitrógeno por otra.

El nitrógeno es relativamente fácil de obtener porque el aire que respiramos tiene un 78% de nitrógeno, entonces se separa desde el aire y se obtiene de forma bastante simple. Pero el hidrógeno, tradicionalmente, se viene produciendo de combustibles fósiles porque, por ejemplo, el gas natural que es una molécula de CH<sub>4</sub>, es una molécula de carbono y cuatro de hidrógeno, tenemos que romper esa molécula para sacar los hidrógenos, que es lo que se necesita como insumo, para después meterlos en una olla a presión, por decirlo de alguna manera, que es este proceso Haber-Bosch, donde uno pone el hidrógeno y el nitrógeno para formar el amoníaco.

Con el desarrollo de la energía renovable a gran escala, el desafío que se ha presentado es que podemos producir energía eléctrica a gran escala y ya sabemos cómo hacerlo, a partir del sol o del viento, pero cómo llevamos esa energía producida en forma renovable a usos que no son tan fáciles de descarbonizar, como por ejemplo los combustibles o todo lo que tiene que ver con almacenamiento químico de energía, o transporte de energía. No podemos transportar energía eléctrica directamente a Japón, por ejemplo.

Entonces, de ahí surge el explorar otras moléculas que puedan ser utilizadas como vectores de energía, a eso nos referimos cuando hablamos de vectores de energía. Entre esas surgió primero el hidrógeno, porque se puede combustión, se puede hacer mezclas con gas natural por ejemplo, se puede pasar por pilas de combustible y producir electricidad nuevamente, pero el gran problema que tiene el hidrógeno es que para transportarlo requiere mucho volumen, porque es una molécula muy chiquitita que se escapa por cualquier parte. Además, tenemos que transportarlo a bajísimas temperaturas, a 250°C bajo cero y a altas presiones, y eso demanda mucha energía.

Entonces, ahí es donde se busca otras alternativas y el amoníaco surge como un derivado ya existente del hidrógeno. Pero por qué la denominación de este hidrógeno verde y en consecuencia este amoníaco verde actual, en vez de lo que se producía antes desde el gas natural. La respuesta es porque en vez de obtener el hidrógeno del gas natural, lo que se está buscando hacer ahora es obtenerlo del agua. La molécula del agua es H<sub>2</sub>O y esa molécula la podemos romper y separar en hidrógeno y oxígeno, mediante el uso de electricidad. ¿Qué electricidad? Electricidad producida con fuentes renovables y ahí es donde viene la denominación de verde, y es por eso que el amoníaco también puede ser verde.

Hay otros vectores que se pueden desarrollar a partir del hidrógeno, pero la gran ventaja que tiene el amoníaco por sobre ellos, es que ya tiene una cadena de valor resuelta. Tenemos estándares, normas de seguridad, formas de transporte, criterios de diseño y otros.

**¿En este contexto surge el Instituto Milenio en Amoníaco Verde?**

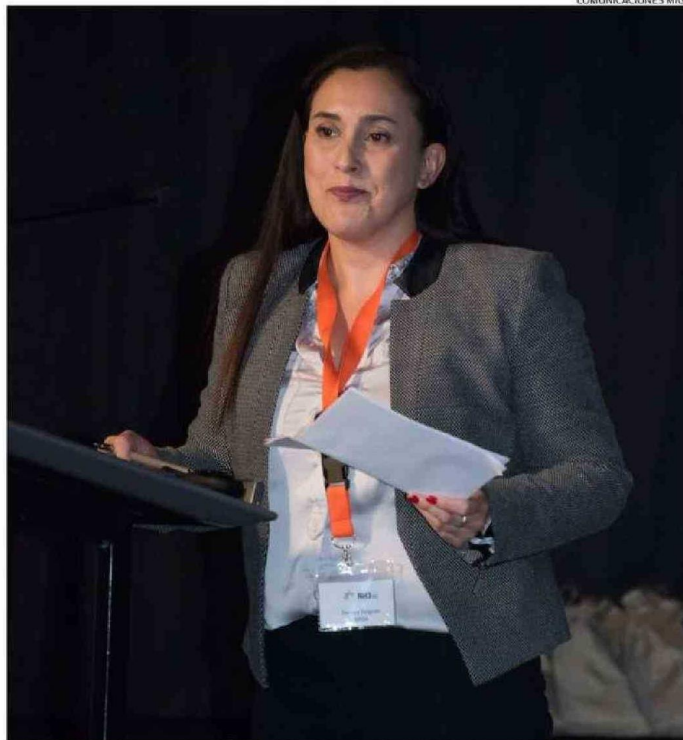
-Efectivamente, en esta búsqueda de vectores energéticos, hoy en día está la posibilidad de producir amoníaco verde a partir de la ruta tradicional, que es producir primero hidrógeno a partir del agua con energías renovables, producir el nitrógeno desde el aire, mezclarlo en este sistema Haber-Bosch y producir el amoníaco. Esa es la forma que hoy está tecnológicamente validada y comercialmente disponible.

MIGA surge de buscar nuevas rutas de producción del amoníaco, que sean más eficientes y más innovadoras también. Los institutos Milenio son una iniciativa financiada desde el Ministerio de Ciencia a través de la ANID y de la iniciativa Científica Milenio, y que es el fondo más grande que se entrega en ciencia del país, porque es un financiamiento a 10 años plazo, para investigación en un determinado tema.

Nosotros nos adjudicamos este fondo en 2022 y toda la orientación del proyecto parte desde la ciencia básica, hasta el impacto que podría llegar a tener en la sociedad.

**¿Cuántas y cuáles son sus líneas de investigación?**

-Desarrollamos cinco líneas de investigación. La primera tiene que ver con la posibilidad de producir amoníaco por una vía electroquímica, que consiste en poner en un sistema el agua



DESDE 2022 SE DESEMPEÑA COMO DIRECTORA EJECUTIVA DEL INSTITUTO MILENIO EN AMONÍACO VERDE.

por un lado y por el otro el aire, y aplicando electricidad que se genere una serie de reacciones en cadena, que acorten este proceso que hoy se tiene que hacer en dos etapas y que salga inmediatamente amoníaco al otro lado. Esa es la línea de investigación de ciencia más básica, porque está es una etapa mucho más temprana.

La segunda línea, que también está en ciencia básica, tiene que ver con el proceso inverso, ya que si nosotros por ejemplo transportamos amoníaco a Europa, allá se puede utilizar el hidrógeno que lleva ese amoníaco, produciendo la reacción inversa, romper la molécula de amoníaco para producir hidrógeno y nitrógeno.

Luego vienen dos líneas que son más de ciencia aplicada, una de ellas enfocada en generar dispositivos innovadores que puedan utilizar directamente amoníaco para producir energía. Hoy en día existen los autos a hidrógeno, que utilizan el hidrógeno como combustible, para celdas de combustible que finalmente producen electricidad y hacen operar el auto.

Este es un símil que se está trabajando, que sería hacer pilas de combustible que utilicen el amoníaco directamente para producir la electricidad. No necesariamente para vehículos, sino que más enfocado en aplicaciones estacionarias, pero el principio es el mismo.

“Hay otros vectores que se pueden desarrollar a partir del hidrógeno, pero la gran ventaja que tiene el amoníaco por sobre ellos, es que ya tiene una cadena de valor resuelta”.

**Pamela Delgado**

Directora ejecutiva de MIGA

Luego viene otra línea de ingeniería aplicada, que tiene que ver con todos los procesos de corrosión y desgaste de los componentes de estas posibles cadenas de valor que se desarrollarían y también con los procesos de combustión, porque esa es otra opción de que el amoníaco también puede ser combustión directamente, utilizado como combustible.

La última línea de investigación que un poco engloba todo esto en una lógica de impacto en la sociedad y en la economía es la línea de economía del amoníaco, que tiene que ver con cómo se inserta en la matriz energética nacional y en la industria en general.

**Con todo esto, ¿cómo podría llegar a utilizarse el amoníaco de manera más cotidiana?**

-Las aplicaciones inmediatas que se vislumbran, son princi-

palmente como un producto a exportar. Es una forma de exportar energía, que nosotros tenemos en gran cantidad, tal como la energía eólica y solar, pero que nuestra demanda interna como país no es tan grande, ya que somos un país relativamente pequeño, pero tenemos la posibilidad de exportar esta energía por medio de esta molécula, que es el amoníaco verde. Esa es una primera aplicación directa y la mayoría de los proyectos que hoy se están desarrollando en Chile apuntan a eso. Esto permitiría el desarrollo de una nueva industria, que podría potencialmente llegar a ser tan importante como la industria del cobre, por ejemplo.

En las aplicaciones más a nivel cotidiano, como nuestro foco está puesto en el uso energético, tiene que ver más con aplicaciones que son más a nivel industrial, porque se puede pensar en aplicaciones como el uso de motores, pero son de envergadura más grande y pensado en la industria.

Una de las alternativas es la aplicación en motores de uso marítimo, que es algo que se está estudiando en la Universidad Austral y que es parte de la actividad científica que se desarrolla y que nosotros fuimos a visitar esta semana.

**¿Cuál es el vínculo de la Universidad Austral con el Instituto?**

-El Instituto Milenio está forma-

do por investigadores de cuatro universidades: Universidad Católica, Universidad de Santiago de Chile, Universidad de Talca y la Universidad Austral de Chile. En el caso específico de la UACH, dentro del grupo de investigadores personales que son 10, está la profesora Loreto Troncoso del Departamento de Ingeniería Mecánica y ella lidera la línea de desarrollo de pilas de combustible de alta temperatura para el uso directo de amoníaco (ver nota relacionada página 2).

Estas tecnologías están muy enfocadas en la parte académica y muchos de los avances los medimos en términos de publicaciones científicas, de avances en laboratorio, pero ahora queremos aspirar a lograr escalar algunos de estos desarrollos y para eso estamos permanentemente trabajando en lograr colaboraciones con la empresa y con la industria, para hacer los escalamientos necesarios y llevar los desarrollos desde el laboratorio a la industria.

**En ese sentido, ¿cómo está organizado el instituto?**

-Tenemos un equipo administrativo, que es el que yo encabezo y después están los grupos de investigación, que son uno por línea y están liderados por el grupo de investigadores principales que son los fundadores del instituto y que organizaron sus grupos de investigación con la colaboración de otros investigadores de distintas casas de estudios, de investigadores jóvenes para formarlos en estos temas, en la incorporación de postdoctorados y un pool de alumnos en distintas áreas, tanto de pregrado como de postgrado. A la fecha tenemos un plantel del orden de 62 investigadores entre las cinco líneas y cerca de 60 alumnos de distintas carreras.

**¿Qué evaluación realiza de estos primeros años de labor?**

-El primer año fue un poco de instalación de los equipos, de la parte administrativa, finanzas, toda la parte formal con la que teníamos que cumplir. Ya a inicios de 2023 comenzamos el proceso de mostrarnos un poco más en sociedad y ha sido un período de reunirnos mucho con actores públicos, privados, con otros centros de investigación, vincularnos a nivel nacional e internacional, generar esos vínculos para impulsar pasantías de nuestros estudiantes en el extranjero, recibir estudiantes desde afuera, por lo que este segundo año ha sido muy intenso en lo que es generar nuestras redes hacia el exterior. **CS**