

Ciencia, Conocimiento, Tecnología e Innovación

Nuevos mapas para la diplomacia

Miguel Ángel González | Pedro Oyarce
(editores)



VOLUMEN I

Ciencia, Conocimiento, Tecnología e Innovación

Nuevos mapas para la diplomacia

VOLUMEN I

MIGUEL ÁNGEL GONZÁLEZ | PEDRO OYARCE
(EDITORES)

CIENCIA, CONOCIMIENTO, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN
NUEVOS MAPAS PARA LA DIPLOMACIA



CIENCIA, CONOCIMIENTO, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN
NUEVOS MAPAS PARA LA DIPLOMACIA

Publicación de la Academia Diplomática de Chile “Andrés Bello”,
Ministerio de Relaciones Exteriores.

A Impresores
Primera edición, diciembre 2021.
Santiago, Chile.

Miguel Ángel González y Pedro Oyarce
EDITORES

Kevin Fiegehen González
COORDINADOR GENERAL

Andrea Sprovera y Pamela Rillón
EDICIÓN DE TEXTOS

Andrea Sprovera
DIAGRAMACIÓN - DISEÑO DE PORTADA

ÍNDICE

PRÓLOGO.....	15
PRESENTACIÓN.....	21
INTRODUCCIÓN.....	35

VOLUMEN PRIMERO

PARTE I: NUEVOS ESPACIOS PARA LA DIPLOMACIA Y LA CIENCIA

MUJERES Y CIENCIA: UNA VISIÓN DESDE EL TERRITORIO

<i>M. Cecilia Hidalgo T.</i>	51
------------------------------------	----

MÍNIMOS HABILITANTES PARA QUE LA CIENCIA DE LAS REGIONES LLEGUE AL MUNDO

<i>Paulina Assmann.</i>	109
-------------------------------	-----

LOS TEMAS MENOS CONOCIDOS PARA EL SERVICIO EXTERIOR - LOS TEMAS MÁS RELEVANTES PARA EL DESARROLLO DE CHILE - EL ROL EN ELLOS DE NUESTRA DIPLOMACIA FUTURA

<i>Roberto Araos y Ana María Troncoso.</i>	119
--	-----

EL OIEA Y CHILE: UNA ALIANZA PARA EL PROGRESO

<i>Rafael Mariano Grossi.</i>	143
-------------------------------------	-----

EL CONGRESO FUTURO

<i>Guido Girardi.</i>	171
-----------------------------	-----

PUERTO DE IDEAS Y LA IMPORTANCIA DE LAS REDES DE COLABORACIÓN EN EL DESARROLLO DE LA CULTURA CIENTÍFICA EN CHILE
Chantal Signorio.....189

PARTE II: EL SARS-CoV-2: UN DESAFÍO MAYOR PARA EL DIÁLOGO ENTRE CIENCIA Y POLÍTICA

PANDEMIAS Y SALUD GLOBAL
Giorgio Solimano, Jorge Ramírez y Leonel Valdivia.....215

EL IMPACTO DE LA PANDEMIA EN EL SISTEMA MULTILATERAL REVISIÓN DE LA EXPERIENCIA CHILENA Y LA INSTITUCIONALIDAD INSTALADA
María Olivia Cook y Francisco Adriaola.....243

EL ROL DE LA SUBSECRETARÍA DE RELACIONES ECONÓMICAS INTERNACIONALES EN LA ADQUISICIÓN DE VACUNAS PARA ENFRENTAR LA PANDEMIA DEL COVID-19
Rodrigo Yáñez.....267

PARTE III: EL DESARROLLO SOSTENIBLE: UN IMPERATIVO POST COVID-19

TECNOLOGÍAS DIGITALES PARA UNA RECUPERACIÓN SOSTENIBLE Y CON IGUALDAD
Alicia Bárcena.....279

EL NEXO ENTRE CAMBIO CLIMÁTICO Y OCÉANOS EN LA POLÍTICA EXTERIOR DE CHILE
Embajador Waldemar Coutts.....305

DIPLOMACIA CIENTÍFICA Y CAMBIO CLIMÁTICO: CONOCIMIENTO Y ACCIÓN PARA ACELERAR UNA RESPUESTA GLOBAL
Julio Cordano.....349

VÍAS PARA EL CAMBIO CULTURAL INTENCIONAL HACIA LA SOSTENIBILIDAD: UNA PROPUESTA APLICADA DESDE LA “RUEDA DE CAMBIO DE COMPORTAMIENTO” Y LA DIPLOMACIA CIENTÍFICA <i>Johana Cabrera y Gabriel Prosser Bravo</i>	371
TRANSFORMACIONES DEMOGRÁFICAS EN AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE <i>Paulo M. Saad</i>	415
CIUDADES Y TERRITORIOS INTELIGENTES: VISIONES Y ÁREAS DE OPORTUNIDADES EN CHILE <i>Luz María García, Julio Covarrubia y Karla Zapata</i>	445
LAS MUJERES Y LA EDUCACIÓN EN CIENCIAS, INGENIERÍA, TECNOLOGÍA Y MATEMÁTICAS: DESAFÍOS PARA ALCANZAR LA IGUALDAD DE GÉNERO Y LA AGENDA 2030 <i>Diana Rodríguez Wong y Carolina Muñoz Rojas</i>	503
PARTE IV: LABORATORIOS NATURALES PARA EL MUNDO	
LOS LABORATORIOS NATURALES DE CHILE <i>José Miguel Aguilera R. y Felipe Larraín B.</i>	531
CHILE: PLATAFORMA ASTRONÓMICA PARA LA HUMANIDAD <i>Mario Hamuy</i>	563
OBSERVATORIO EUROPEO AUSTRAL (ESO): ASTRONOMÍA A TRAVÉS DE LA COOPERACIÓN INTERNACIONAL <i>Xavier Barcons y Claudio de Figueiredo Melo</i>	589
EL SIGNIFICADO DE EFECTUAR CIENCIA ANTÁRTICA EN CHILE <i>Rodrigo Waghorn</i>	629

ÁREAS MARINAS PROTEGIDAS: UN DESAFÍO GLOBAL DE
SOSTENIBILIDAD OCEÁNICA
César A. Cárdenas.....643

GESTIÓN DE RIESGO Y RESILIENCIA ANTE DESASTRES: UNA
VISIÓN DESDE LA INSTITUCIONALIDAD. AVANCES, SITUACIÓN
ACTUAL Y DESAFÍOS FUTUROS
Ricardo Toro Tassara.....665

PARTE V: MATRIZ PRODUCTIVA NACIONAL

HIDRÓGENO VERDE PARA EL CRECIMIENTO SOSTENIBLE DE CHILE
Benjamín Maluenda Philippi.....701

MINERÍA VERDE, COBRE Y MINERALES ESTRATÉGICOS
Jorge Cantallop.....747

LA GENÓMICA Y LA SISTEMATIZACIÓN DE LA INFORMACIÓN
COMO HERRAMIENTA PARA LA VIGILANCIA ANTICIPATORIA Y
DE RESPUESTA A ENFERMEDADES INFECCIOSAS EMERGENTES
Miguel L. Allende y Alejandro Maass.....769

PRÓLOGO

La educación para la paz es un proceso de participación en el cual debe desarrollarse la capacidad crítica, esencial para los nuevos ciudadanos del mundo... Hay que aprender a comportarse para favorecer la transición de una cultura de guerra y de fuerza a una cultura de paz.

Dr. Federico Mayor Zaragoza

Nos encontramos en un momento de inflexión, en medio de tantas incertidumbres y desentrenamiento intelectual, que hace más necesario que nunca contar con la brújula de unos valores, de unos principios que inspiren nuestras actitudes. Los “ideales democráticos de justicia, libertad, igualdad y solidaridad constituyen, junto a la Declaración Universal de Derechos Humanos, los “lazos comunes” a la infinita diversidad cultural que distingue a la especie humana.

“¡Ayúdeme a mirar!” -como pedía una alumna a su maestra al ver el mar por primera vez-, a contemplar la tierra en su conjunto, a pensar y sentir el misterio de estar viviendo, a ser conscientes de los más de 7.000 millones de seres humanos -los “ojos del universo”- que comparten nuestro destino. Esta es la gran labor de los padres, de los maestros, de los medios de comunicación... de los políticos,

de la política... ayudar a todos los ciudadanos -especialmente a los jóvenes- a observar y reflexionar sobre el conjunto de la Tierra y quienes la habitan.

La educación es, como la justicia, la sanidad y la ciencia, tema supra-partido político. Se dirige a todos los ciudadanos, sin discriminación alguna, y no puede concebirse desde ideología, creencia e identidad cultural alguna. Educación para ser personas “libres y responsables” (art. 1º de la Constitución de la UNESCO), para “dirigir con sentido la propia vida”, según la impecable definición de Francisco Giner de los Ríos. La Constitución de la UNESCO ofrece iluminados caminos para el mañana: vivir guiados por principios democráticos, comprobar la veracidad de la comunicación y, sobre todo, aprender a ser, para el pleno ejercicio de las facultades distintivas de la especie humana: pensar, imaginar, anticiparse, inventar, ¡crear! Cada ser humano único, capaz de crear, de inventar un futuro y participar en el colectivo, es nuestra esperanza.

La educación para la paz es un campo específico pero forma parte del desafío educativo propio de una “aldea global” asimétrica, cuyas disparidades, en lugar de reducirse, se están ampliando. Millones de niños y jóvenes no acceden a los niveles mínimos de aprendizaje en muchos países del mundo. La educación para la paz debe incluir la educación para la democracia, la justicia, el desarme, los derechos humanos, la tolerancia, el respeto a la diversidad cultural, la preservación del ambiente, la prevención de los conflictos, la reconciliación, la no violencia y la cultura de paz. Solo de este modo será posible la transición histórica de la razón de la fuerza a la fuerza de la razón.

Los Estados son los actores políticos que deben asumir y articular estos planes, pero es la sociedad civil, a través de sus múltiples formas, la que debe influir para una intensa participación democrática, para que se adopten las medidas correspondientes con la rapidez exigible.

La educación es un proceso de participación en el cual debe desarrollarse la capacidad crítica, esencial para los nuevos ciudadanos del mundo. La educación para la paz debe enseñar a encontrar soluciones a los conflictos, a la guerra, a la violencia, al terrorismo, a la explotación de género, a combatir el daño ambiental y oponerse a todo lo que sea contrario a la vida y a la dignidad humana. Hay que aprender a comportarse para favorecer la transición de una cultura de guerra a una cultura de paz; de la fuerza a la palabra. La educación tiene que proporcionar conocimientos y capacitaciones para que los ciudadanos entiendan el complejo mundo en el que viven, lo gestionen democráticamente, usen equilibradamente los recursos naturales y construyan y defiendan un sistema de valores en el que estén integrados la tolerancia, la justicia y el respeto a las diferencias. Es decir, la paz y no la violencia, desoyendo el famoso adagio de “si quieres la paz, prepara la guerra”.

La educación debe proporcionar a todos conciencia global. Es un aspecto crucial: el prójimo puede ser cercano o distante. Y el cuidado del entorno no debe limitarse a lo más cercano, sino que debe extenderse, porque el destino es común a todo el planeta. Educación, “conducir” el maravilloso misterio de la vida, siendo capaces de aproximarse a los demás, de “a-proximarse”, recorriendo todos los trechos “con el amor a costas”, como recomendó Miguel Hernández.

Ya estaba muy claro antes de la pandemia del Coronavirus, que eran necesarios cambios radicales en la gobernanza mundial para evitar amenazas globales e irreversibles sobre la propia habitabilidad de la Tierra, procurando a todos sus habitantes y no solo a unos cuantos, las condiciones para una vida digna. Constituye una auténtica exigencia ética que se saquen “lecciones del Coronavirus”. Es imperativo que los ciudadanos del mundo -frente a amenazas globales no caben distintivos individuales- dejen de ser espectadores abducidos y anonadados, para convertirse en actores decididos para que no se olvide, una vez más, lo que debe ser inolvidado: que los índices de bienestar se miden en términos de salud y participación, de calidad de vida y creatividad, y no por el PIB, que refleja exclusivamente crecimiento económico, siempre mal repartido; que es apremiante un nuevo concepto de seguridad que no solo atienda a la defensa de los territorios, sino a los seres humanos que los habitan, asegurando su alimentación, agua potable, salud, cuidado del medio ambiente, educación; la inmediata eliminación de la gobernanza por los grupos plutocráticos y el establecimiento de un eficiente multilateralismo democrático; la puesta en práctica, resueltamente, de la Agenda 2030 (ODS) y de los Acuerdos de París sobre Cambio Climático, teniendo en cuenta, en particular, los procesos irreversibles.

Necesitamos una “sociedad de conocimientos” como contrapartida de la “sociedad de la información”, transformando la información en saber. La gente clama por un mundo en el que cada cual tenga la oportunidad de desarrollar plenamente sus potencialidades intelectuales y creativas. Nadie, ni una sola persona, debe sentirse condenada a un exilio permanente del mundo del saber. Es una cuestión de dignidad humana. Es, de hecho, una cuestión de auténtica democracia.

La educación para la paz es un proceso de participación en el cual debe desarrollarse la capacidad crítica, esencial para los nuevos ciudadanos del mundo. Se deben enseñar y aprender soluciones a los conflictos, a la guerra, a la violencia, al terrorismo, a la explotación de género, a combatir el daño ambiental y oponerse a todo lo que sea contrario a la vida y a la dignidad humana. Hay que aprender a comportarse para favorecer la transición de una cultura de guerra y de fuerza a una cultura de paz.

Tenemos que luchar todos los días para cambiar una tendencia que viene de muy lejos, fortalecida por el tiempo. En el siglo que acaba de terminar, testigo de avances sin precedentes en la medicina, la técnica, las comunicaciones y los transportes, hemos pagado una factura terrible de millones de muertos que tenemos la obligación de recordar. Y la mejor forma de hacerlo es empezar a utilizar, frente a la razón de la fuerza, la fuerza de la razón, la ley justa y la palabra -la voz del pueblo- frente a la espada.

El ciberespacio nos brinda nuevas oportunidades educativas que no debemos desaprovechar. Pero para asegurar la calidad de sus contenidos, es necesario establecer códigos deontológicos y eliminar la creciente “brecha electrónica”. Además, la montaña de datos e información se tiene que transformar en conocimiento mediante la reflexión y el pensamiento, tiene que convertirse en formación, y solo así -como antes apuntaba- desembocará en sabiduría. Elliot decía: “¡Cuánta sabiduría se diluye en el conocimiento, y cuánto conocimiento en la información!”

El COVID ha proporcionado la oportunidad de reflexionar, de tomar conciencia de muchas cosas que en la “vida normal” se aceptan como insoslayables, y la mayoría de los

ciudadanos no son actores sino espectadores de lo que acontece, aturdidos y abducidos por unos medios de comunicación que, por lo general, procuran que la ciudadanía siga las directrices de la publicidad para un consumo y un “bienestar” diseñado en las más altas instancias del poder económico.

Este excelente y oportuno texto pone de manifiesto las nuevas y apremiantes tareas para la mediación, para la creación de nuevos enfoques de la diplomacia que permitan -ahora que por fin la humanidad ya tiene voz- definir nuevos rumbos para el mañana que anhelamos.

Profundo conocimiento de la realidad y gobernanza multilateral democrática son esenciales para la transición de una cultura de guerra a una cultura de encuentro y conciliación; para el pleno ejercicio de la creatividad distintiva de la especie humana; para ser capaces de inventar un futuro muy distinto del que anuncian las tendencias actuales.

PRESENTACIÓN

La búsqueda de una vinculación interdisciplinaria y transdisciplinaria entre actores, políticas y funciones de la ciencia y de la diplomacia, se asume como una definición de Estado.

*Ministro Andrés Allamand**

La política exterior del siglo 21 se proyecta en un escenario internacional donde emergen nuevos rasgos y tendencias en materia de poder, lo cual genera desafíos necesarios de asumir para definir las opciones que plantea la inserción de Chile.

Sabemos que las señales de dispersión del poder actual, que comprende a Estados y otros actores, se acentúan a nivel de empresas, organizaciones no gubernamentales, redes temáticas y de I+D+i.

La ciencia, la tecnología y la innovación son, a su vez, una pieza central en la formación de un nuevo orden. Se trata de un tema vinculado a procesos transformadores, que requieren una comprensión no solo técnica sino también sociocultural.

* Ministro de Relaciones Exteriores de Chile.

Se trata de fenómenos que trascienden las fronteras y donde difícilmente un país o sector pueden abordar los temas de manera independiente. La presencia de múltiples actores que configuran nuevos espacios de interlocución y de cooperación internacional caracteriza las relaciones internacionales contemporáneas.

En este marco, el país ha incorporado la idea de que debe estimularse la relación entre ciencia y sociedad. Como señala la fundación “Ciencia Impacta”, es necesario llegar a las personas y romper con la jerarquización del conocimiento, esto es, democratizar la ciencia.

Ciertamente el COVID-19 y el cambio climático han generado un momento para acercar a las comunidades científicas y políticas, donde la evidencia científica debe estar en el centro de los procesos de toma de decisiones. La ciencia es un agente de desarrollo integral, y tiene, por tanto, un efecto en las relaciones internacionales. Allí se posiciona el encuentro entre la diplomacia y la política exterior.

Estamos entrando a un momento de tránsito hacia un cambio de era. Es lo que enseñan los análisis más agudos de nuestro sistema. En este camino, debemos atender las señales que sugieren la configuración de un nuevo orden.

En ese cambio, el país está abierto a comprender las dinámicas de las revoluciones tecnológicas. El manejo de grandes volúmenes de datos, de la más diversa índole, y su procesamiento para generar información relevante, es un caso que requiere una cooperación afinada, para evitar la concentración de datos y de poder en algunos actores. También es relevante para enfrentar los riesgos y brechas que genera la dependencia.

Es aquí donde habrá que analizar cómo los Estados, las personas y las sociedades participan en la creación de una agenda para la ciencia, el conocimiento, la tecnología y la innovación (CTCI). Ello no es ajeno a las nuevas formas de diplomacia digital.

Hemos llegado a una situación en la cual no es posible diseñar política exterior al margen del conocimiento sobre la evolución de la ciencia y la tecnología. Es valioso identificar los desafíos y amenazas que emergen globalmente, y que pueden estar vinculados a fenómenos y tendencias que se iniciaron a fines del siglo pasado. Particularmente, interesa conocer sobre las tecnologías exponenciales y disruptivas, sus efectos socio-culturales, para refinar el pensamiento y la acción diplomática.

Una de las interrogantes que se plantea en Chile al respecto, se refiere a cómo armonizar las mega tendencias con los intereses específicos que hemos perfilado, considerando las ventajas comparativas y aquellas áreas donde requerimos de colaboración internacional. Esto también implica la protección de principios y valores que integran nuestra mirada al mundo como sociedad y que están vinculadas a políticas de Estado.

Materializar los ejes articuladores de la Política Nacional de CTCI conduce a la consideración de una matriz energética renovable no convencional, junto a medidas de una economía verde y azul, un capital humano avanzado que considere perfeccionar las competencias STEM y otros ámbitos como la nano y neurociencias, la computación cuántica y los neuroderechos. Esta visión integradora de lo científico y lo político es un punto esencial para nuestra política exterior.

Chile ha venido incorporando estas dimensiones que aportan una perspectiva estratégica. El Ministerio de Ciencia, Conocimiento, Tecnología e Innovación tiene un mandato único para promover una mirada comprehensiva y transversal con otros ministerios, entidades públicas y privadas y, por cierto, la educación superior.

La política exterior está actuando e involucrándose activamente en estos ámbitos. Ello es parte de una proyección estratégica hacia 2030 y más allá. La razón es simple: la dimensión internacional es consustancial a la instalación de la innovación, la investigación y el desarrollo en un mundo en redes.

Posicionar a Chile a partir de nuestras ventajas comparativas y del capital humano avanzado es parte de la labor diplomática. Es por ello que esta publicación busca sistematizar un conjunto de áreas que debemos atender cuando incorporamos la CTCI en el camino al desarrollo y en una visión inclusiva de sociedad.

La diplomacia científica es parte de esa estrategia y es claro que la acción de la Cancillería complementa la labor del Ministerio de Ciencia y de otras agencias especializadas, orientadas a la inserción de Chile en un sentido amplio, en redes y espacios, públicos y privados. Las comunidades científicas e instituciones públicas y privadas participan de esta red de interacciones, donde también se reflejan elementos de poder. Determinar intereses y nichos de oportunidades es esencial para nuestro país.

Recientemente, con ocasión del 150° aniversario del Ministerio de Relaciones Exteriores, publicamos el libro “Vocación de Contribuir: aportes de la diplomacia chilena a

la comunidad internacional”. Allí, compartimos los aportes que nuestro país ha efectuado al sistema internacional.

La idea ha sido la de resaltar la vocación internacional de Chile que, en términos prácticos, es una manera de integrarnos al mundo: no solo para cautelar los intereses propios, sino también mostrando una convicción de colaborar con la comunidad internacional.

En esta oportunidad, con una lógica cercana y en el contexto de esa efeméride, deseamos enunciar algunos temas y desafíos donde Chile debe actuar y aportar a la comunidad internacional.

En el contexto descrito, parece importante relevar temas y preocupaciones que deben orientar la acción y proyección de Chile en CTCL.

Una de las ventajas comparativas más significativas es el propio territorio, donde poseemos Laboratorios Naturales que habilitan a nuestro desarrollo y posicionamiento en el mundo. Esas condiciones están vinculadas a singularidades valiosas para el estudio científico y el desarrollo técnico, como la climatología, la bioprospección, la diversidad de flora y fauna y el estudio de las eras geológicas. Estas representan una oportunidad para la investigación, el emprendimiento y el desarrollo.

Poseemos una diversidad geográfica que el escritor Benjamín Subercaseaux denominó “Chile, o una loca geografía”. Desde el Desierto de Atacama al extremo polar antártico, desde la astronomía, la energía y los recursos renovables no convencionales, a los subsistemas antárticos, la oceanografía, la sismología, la geología, la hidrografía y la vulcanología son

particularidades que nos imponen al país responsabilidades para orientar la preocupación internacional y el desarrollo nacional sobre estos temas.

Las posibilidades concretas que ofrece el territorio para atraer la ciencia y la tecnología, y el despliegue de una estrategia de CTCI para insertar a Chile en la sociedad del conocimiento son elementos constitutivos de una visión de país futuro que puede consolidar nuestra matriz de desarrollo nacional y cultural. Las instituciones permiten el funcionamiento de estas sinergias.

Es claro que aquí se presentan características que configuran una identidad internacional de Chile.

ASTRONOMÍA

Detenerse un instante en la astronomía para apreciar el trabajo conjunto de la ciencia y de la diplomacia, desde hace varias décadas, sirve para entender cómo se establecieron las condiciones jurídicas y técnicas para garantizar el fortalecimiento de las capacidades científicas nacionales, a través de la regla de reserva del 10% del tiempo de observación para los astrónomos de planteles académicos chilenos. Ello puede ser un modelo replicable al incentivar el desarrollo tecnológico y de otros laboratorios naturales y la consiguiente inversión en CTCI.

Este esquema de cooperación puede evolucionar, y es relevante garantizar en aquel los beneficios para la comunidad científica nacional. Nuestra experiencia ha sido de ciclos de gran esfuerzo público y de creciente colaboración internacional, que sitúa a Chile como un referente astronómico global. Concentraremos las tres cuartas partes de las capacidades de

observación astronómica al 2030 y nos constituiremos en un centro generador de *Big Data*.

En una era donde especialistas declaran los datos como el “nuevo petróleo”, es de esperar que los futuros algoritmos con alcance comercial e industrial puedan ser “entrenados” con datos provenientes de los bancos generados por la ciencia astronómica. Iniciativas como *Data Observatory* serán claves en este sentido.

ANTÁRTICA

La diplomacia científica se expresa, de manera robusta, en la Antártica. En efecto, el Sistema del Tratado Antártico constituye una pieza central en la gobernabilidad de un área que exige atención geopolítica y donde debemos prever escenarios que consideren el Territorio Chileno Antártico, nuestros derechos soberanos y la siempre presente preocupación internacional por el continente blanco. El cambio climático es uno de los temas de la agenda global con mayor impacto en la propia agenda antártica.

La recolección de datos es, justamente, un instrumento para aportar en la lucha contra el cambio climático. Conocer la evolución de variables climatológicas y atmosféricas se encuentra en el corazón de cualquier simulación de escenarios climáticos futuros. Chile, en 2021, estableció una red de sensores a lo largo de la gradiente latitudinal que va desde el extremo norte hasta el Polo Sur. Nuestra proyección hacia y en el continente antártico es una ventaja para la continuidad de esta iniciativa: el Observatorio de Cambio Climático.

La preocupación de la ciencia chilena ha privilegiado los nuevos conceptos de sostenibilidad y de protección del

ecosistema de aguas, el oceánico austral y el antártico. En esa perspectiva, en el marco de la Comisión para la Conservación de los Recursos Vivos Marinos Antárticos (CCRVMA/CCAMLR), hemos planteado el establecimiento de Áreas Marinas Protegidas (AMP). Chile, junto a Argentina, promueven la AMP en el Dominio 1 de la CCRVMA/CCAMLR, como un aporte a la conformación de una red de estos espacios oceánicos en los mares circundantes antárticos.

Respondiendo a la preocupación de la política exterior por una acción interconectada entre océanos y medio ambiente, también incentivamos una presidencia de la 25^a Conferencia de las Partes (COP) centrada en la protección y promoción de los espacios oceánicos, esto fue, una “COP azul”. En este contexto, también hemos planteado la primera área marina protegida de alta mar.

ERNC E HIDRÓGENO “VERDE”

En un escenario de mega tendencias de alta preocupación científica y política, las energías renovables no convencionales abren un espacio de recursos para una generación carbono-neutral e implementar una economía verde. Este es el caso de la minería metálica (cobre, molibdeno, hierro) y no metálica (litio, cobalto y lantánidos), determinantes para ámbitos emergentes como la electromovilidad.

El Banco Mundial se ha referido a los minerales para energías limpias con una proyección al 2050, identificando 17 minerales que se estima tendrían un incremento desde 40 millones de toneladas por año, en la actualidad, a 160 - 180 millones de toneladas (cobre, litio, molibdeno) anuales.

Las ERNC entregan potencialidades y oportunidades a Chile en un tema que se cree, puede cambiar la fisonomía del mundo. Los efectos globales pueden anticiparse, al observar que, en 2050, las ERNC constituirán el 50% de la generación energética.

El hidrógeno “verde” se encuentra al centro de la discusión acerca de la mitigación del cambio climático. Diversos estudios proyectan el potencial de este recurso para descarbonizar sectores de la economía. Países como Chile, con amplias fuentes para la producción de ERNC se posicionan como potenciales productores, usuarios y exportadores de este recurso.

Construir la economía del hidrógeno verde demanda la iniciativa de múltiples actores, acompañada de un desarrollo tecnológico, aceptación social y políticas públicas comprensivas. Con estos referentes, Chile ha elaborado una política nacional de hidrógeno “verde”, como lo han hecho más de 30 países que representan a más del 90% del PIB global.

La estrategia nacional incorpora el diseño de una política, la planificación, la infraestructura y la generación de redes de negocio. Atiende también la capacitación e involucra a actores públicos y privados, buscando perfilar, sostenidamente, un liderazgo global. En esta publicación se analizan en profundidad los escenarios que Chile puede considerar respecto del recurso (Maluenda, 2022 en Gonzalez & Oyarce eds., 2022).

La diplomacia del hidrógeno “verde” busca trabajar potencialidades y ventajas naturales, asociadas a la posibilidad de producirlo a partir de la instalación de plantas de electrólisis alimentadas por ERNC, junto a una presencia activa en las cadenas de valor de suministros.

Nuestra diplomacia debe utilizar el capital institucional generado por años, y ser actora de los procesos tendientes a regular las actividades relativas a la producción, el almacenamiento y la exportación de este recurso. Eventualmente, la experiencia adquirida en materia de astronomía, puede servir para guiar este camino.

En un escenario internacional que avanza aceleradamente hacia la carbono-neutralidad, la relación entre ciencia y diplomacia se valoriza aún más.

HUB DIGITAL

El posicionamiento de Chile como *hub* digital también demanda una diplomacia activa, tanto en las negociaciones económicas, como en el diseño de una institucionalidad que sustente reglas claras de inversión y regulación.

Es de interés relevar que nuestro país se ha esforzado en desplegar una red de fibra óptica en todo el territorio nacional, la cual será también conectada con el Cable Transpacífico hacia Nueva Zelanda y Australia; es una pieza clave para conectarnos con Asia, la Cuenca del Pacífico y el Indopacífico.

Se ha licitado el espectro radioeléctrico para la instalación de redes móviles de quinta generación. Este es un paso emblemático, ya que fueron asignadas frecuencias del espectro para la investigación en redes móviles de vanguardia en importantes universidades de nuestro país, como los Campus 5G en las universidades de Chile y de Concepción.

FORMACIÓN DE CAPITAL HUMANO

La formación de Capital Humano Avanzado en temas de una matriz estratégica de CTCI es fundamental para disponer de un grupo crítico local de científicos, científicas y de profesionales, técnicos especialistas que faciliten el posicionamiento de Chile en las redes globales del conocimiento. Esto implica reconocer que la “diáspora” científica chilena es parte de una visión estratégica, donde opera el “*brain circulation*”. Sería importante fortalecer la especialización en laboratorios naturales claves y la vinculación con centros científicos de países afines.

Los expertos hacen ver que a medida que la globalización de la ciencia y de la innovación se intensifica, los creadores de políticas públicas buscan nuevas maneras de intervenir en este proceso. Estos esfuerzos se enfocan también en la diplomacia científica, facilitando la creación de alianzas internacionales para la investigación, y articulando vínculos con la política exterior.

DIPLOMACIA DE LA INNOVACIÓN

Se percibe también un creciente interés en promover una mayor colaboración internacional en torno a la innovación. A primera vista, estos esfuerzos importan incorporar un ángulo comercial en la diplomacia científica, seguida de una auténtica colaboración internacional, con beneficios tanto públicos como privados.

La ciencia y las relaciones internacionales enfrentan generalmente desafíos que convocan a un mayor diálogo entre la comunidad científica y la diplomacia. Este no es un fenómeno

nuevo, y tenemos experiencia para admitir sus dimensiones y la importancia de asumirlo.

En la medida que esa interlocución evolucione, puede ser necesario crear nuevos espacios de colaboración entre ambos mundos, mediante la identificación de productos de valor y su adaptación al ecosistema nacional de innovación, valorando su impacto político y estratégico. La búsqueda de una vinculación interdisciplinaria y transdisciplinaria entre actores, políticas y funciones de la ciencia y de la diplomacia, se asume como una definición de Estado.

NUEVAS ASOCIATIVIDADES

La política exterior de Chile está consciente de la capacidad de reconfiguración de los límites de la geografía política que la CTI genera en el orden internacional, en distintos niveles y a través de diferentes actores (locales, regionales y mundiales). Para nuestra política exterior, el desafío es ampliar los espacios de cooperación a partir de la experiencia adquirida, particularmente en las relaciones con los principales socios, y empleando un análisis reflexivo acerca de los márgenes de autonomía que poseemos y las capacidades internas.

En esta publicación se abordan materias que han emergido en los últimos años, y las hemos situado en una perspectiva de promover iniciativas y proactividades. Allí, las tecnologías disruptivas y exponenciales son centrales. Deseamos también reforzar una visión que permita a Chile estar presente en nuevos espacios y escenarios, lo cual constituye un ámbito donde la diplomacia debe perseverar.

Concluimos esta presentación destacando la necesidad de preservar la importancia de estos temas y preocupacio-

nes en las prioridades de desarrollo del país. La ciencia y el conocimiento son factores poderosos para situar a nuestra comunidad en la vanguardia de las respuestas ante fenómenos como el cambio climático y la pandemia del COVID-19.

Sobre la base de estas ideas, debemos continuar identificando cómo desde la diplomacia contribuimos a fortalecer una visión de país. La Academia Diplomática ha querido, con esta publicación, contribuir mediante una reflexión propia acerca de la articulación rica y comprensiva entre la política exterior, como expresión del Estado, y la acción internacional de Chile en ciencia, tecnología e innovación.

INTRODUCCIÓN

La diplomacia colabora con la ciencia y la investigación nacional buscando una mejor inserción del país en las redes de I+D+i, atrayendo investigadores e instituciones al ecosistema científico nacional. Estos adquieren relevancia política al interactuar con la diplomacia chilena en el ámbito bilateral, regional y multilateral, lo que puede constituir nuevas formas de hacer diplomacia.

*Miguel Ángel González**
*Pedro Oyarce**

La Academia Diplomática de Chile (ACADE) ha asumido las diversas manifestaciones que plantean los procesos asociados a la ciencia y el conocimiento, en un momento de acelerada internacionalización, de creciente complejidad geopolítica y disrupción tecnológica. En este ámbito, la diplomacia debe estar en condiciones de interactuar en los escenarios de reconfiguración y cambio, y de gestación de un nuevo orden global.

Ese nuevo orden debe responder a un mundo que ha ido cambiando y donde emerge una civilización desarrollada a base de la tecnología, que transforma las estructuras sociales, institucionales y culturales, la economía y la manera de rela-

* Embajador, Director de la Academia Diplomática de Chile “Andrés Bello”.

** Embajador, Academia Diplomática de Chile “Andrés Bello”.

cionarnos. En este marco, uno de los cambios más profundos es el de la revolución en nuestro cerebro.

La neurociencia ha sido muy hábil en identificar el impacto de la “algoritmización de la vida” y las consecuencias biológicas que el uso intensivo de las plataformas tiene en nuestra actividad cerebral. Es tal el nivel de información personal que las aplicaciones digitales almacenan, mucha de la cual tiene un carácter personal, que el desafío de protección y de regulación del manejo de esa *data* es urgente, en lo que se ha denominado los “neuroderechos”.

El mayor avance de la humanidad es la sociedad que ha permitido progresos, que es necesario cautelar y proyectar. Ello exige consensuar procesos reguladores de un mundo virtual que tiene grandes potencialidades, pero también riesgos que es imperativo controlar de una manera análoga a lo que plantea el uso de la energía nuclear.

Los procesos COP 25 y COP 26, junto a la coyuntura sanitaria del SARS-Cov-2, han acentuado esas tendencias, donde la evidencia científica está en el centro de las definiciones políticas. El diálogo entre ciencia y sociedad es de carácter permanente y se expresa en diferentes niveles, contribuyendo a integrar los temas de I+D+i a esos procesos decisorios.

Los temas mencionados están siendo parte de la agenda de las personas y se relacionan cada vez más con realidades que acercan la ciencia a la sociedad. La integración de aquellos en el diálogo ciudadano activo, donde participan el sector público, privado y la sociedad civil, adquieren una dimensión de interés para la diplomacia.

A nivel teórico, esta interlocución se ha conceptualizado en una diplomacia científica que, para efectos analíticos, puede definirse como la intersección entre las relaciones internacionales y la ciencia. Este fenómeno se entiende tanto como una actividad restringida a los estados en una visión más westfaliana, y también cuando se manifiesta en un sentido más amplio con la intervención de múltiples actores.

La diplomacia científica tiene antecedentes históricos y solo cabría recordar uno más cercano: las estrategias de reconstrucción de los países europeos después de la segunda Guerra Mundial, donde la ciencia constituyó un área efectiva de cooperación. Así lo reveló el establecimiento del Centro Europeo para la Investigación Nuclear (CERN, en francés) en el campo de la física de partículas.

En una época más reciente, como lo consigna el UNESCO's Science Report de 2010, el ritmo de las estrategias de crecimiento económico y de desarrollo sostenible, basados en la ciencia, la tecnología y la innovación, mostraban a la fecha una tendencia incremental significativa. Ese informe advertía cómo los temas de I+D+i se vinculaban también a variables de poder y a transformaciones culturales.

La diplomacia ha ido respondiendo a esas realidades, y se ha preocupado de actuar frente a estos temas, que son igualmente parte de la agenda de futuro. En este contexto, se fortalece el concepto de diplomacia científica asociada al uso y aplicación de la ciencia para mejorar las vinculaciones intersociales e interestatales. Esta diplomacia debe ser capaz de activar formas de cooperación que incorporen visiones nacionales, regionales y globales.

Desde una perspectiva más amplia, se ha postulado que la diplomacia científica posee tres dimensiones (Asociación Americana para el Avance de la Ciencia & Royal Society, 2010):

- **Ciencia en la diplomacia:** aquella que proporciona datos, evidencia e información para una toma decisional fundamentada en política exterior.
- **Ciencia para la diplomacia:** una herramienta de “*soft power*” para establecer y encauzar diálogos internacionales y canales de comunicación entre países.
- **Diplomacia para la ciencia:** aquella que incentiva, a través de esfuerzos estatales, la participación de diversos actores transfronterizos en el desarrollo de la ciencia, la tecnología y la innovación.

En este contexto, la Academia Diplomática de Chile ha invitado a expertos, académicos y diplomáticos a reflexionar sobre un conjunto de temas que es necesario mirar con una visión-país, pensando que la ciencia, el conocimiento, la tecnología y la innovación están, también, en la base de las relaciones internacionales contemporáneas.

Estas son áreas con elevado potencial de cambio en las formas de relacionamiento, y que pueden influir en las instituciones y culturas de las sociedades. Plantean también necesidades de definición estratégica en cuanto al posicionamiento en el proceso de internacionalización de la ciencia y del conocimiento.

La inserción en las redes de I+D+i implica asumir un relacionamiento activo con comunidades científicas, lo cual puede tener un efecto en las políticas nacionales y globales, junto a distintos actores gubernamentales y no gubernamentales.

En torno a estos fenómenos pueden, además, abordarse los temas del poder y los centros donde se posicionan.

Esta publicación aspira a dar un testimonio de las capacidades de aprovechar las ventajas comparativas en el país, generando conocimiento y participando en cadenas de valor de la ciencia, del conocimiento, la tecnología y la innovación (CTCI). El objetivo es fortalecer una identidad internacional en este ámbito.

Por otra parte, la contribución de Chile en negociaciones multilaterales es reconocida. El país puede intervenir, en procesos ordenadores globales, regionales y nacionales en temas claves, como lo ha hecho con el Cambio Climático y el compromiso de organizar la COP 25, que evidenció esta responsabilidad. Hoy, el hecho de compartir buenas prácticas y colaborar para enfrentar la pandemia del SARS-Cov-2 abre nuevas posibilidades de cooperación con la comunidad internacional.

Un ejemplo reciente es la iniciativa promovida tempranamente por Chile en orden a negociar, en el marco de la Organización Mundial de la Salud, un nuevo Tratado sobre preparación y respuesta a las pandemias, complementario al Reglamento Sanitario Internacional. La idea ha sido recoger la experiencia del Covid-19, para que la humanidad esté mejor preparada a fin de prevenir, enfrentar y superar, en forma colectiva, la amenaza de las pandemias, iniciando la negociación de un instrumento internacional.

Esta publicación busca, además, identificar temas que convendría examinar con una mirada-país. Respecto de ellos, el involucramiento de nuestra diplomacia podría apoyar un mayor posicionamiento internacional en áreas como labora-

torios naturales, matriz productiva e Industria 4.0, energías renovables no convencionales y nuevos energéticos como el Hidrógeno “verde”, minería sostenible, Transformación Digital, formación de capital humano avanzado, innovación y emprendimiento, cooperación internacional y prospectiva en el ámbito de la CTCI.

También ha sido una preocupación abordar cómo la ciencia se comunica y difunde en la sociedad. Ello es fundamental, primero, dado el impacto que diversos procesos de ciencia y tecnología tienen en la vida de las personas. Es necesario también asumir el efecto de la tecnología en las comunidades y su vinculación con derechos fundamentales. Igualmente, se plantea una relación entre ciencia y ética, en un debate que ha emergido en el contexto de los neuroderechos.

Los autores que participan en este libro coinciden en que Chile debe perseverar en la incorporación de tecnologías avanzadas para el procesamiento de los recursos naturales y, simultáneamente, producir bienes y servicios de alto valor agregado. Ello implica un desafío de formación de capital humano avanzado, lo cual se vincula a incentivar las profesiones basadas en ciencia, tecnología, ingeniería, matemáticas, diseño y emprendimiento (STEMD).

La diplomacia toma conocimiento y está en condiciones de asumir esas realidades y los cambios culturales que ello plantea: la sostenibilidad en el mundo contemporáneo y cómo la CTCI está en el centro de procesos que están marcando la transición hacia una nueva era. Es necesario comprender las oportunidades, amenazas y brechas, donde el conocimiento aporta elementos para las decisiones que afectan el futuro y donde uno de los desafíos es superar las desigualdades de

acceso a las tecnologías y al conocimiento, utilizando estos instrumentos para generar mayores niveles de equidad.

UN CAMBIO DE CICLO QUE RESPONDE A UN CAMBIO DE ERA

Diversos análisis, evidencias y realidades indican que se experimenta un cambio de era. En el escenario internacional se observan fenómenos que reconfiguran el posicionamiento de las grandes potencias, con un impacto a nivel global y regional. La tecnología es una dimensión presente en las tensiones y dinámicas de cooperación entre actores principales del orden contemporáneo.

La reafirmación de la presencia e influencia de Estados Unidos, la acción multidimensional de China, la búsqueda de un espacio renovado por parte de Rusia como potencia persistente y actor ineludible en materias de desarme y seguridad, y el alcance de referentes como el concepto de Indo-pacífico son algunas de las coordenadas para explicar estos tiempos. Es necesario también advertir cuáles son las condiciones y espacios de inserción de otros actores que temen ser excluidos.

En estas coyunturas, como ha sido evidente en diversos momentos de la historia del país, la importancia de tomar definiciones acerca de si se considera la ciencia como un factor de conexión internacional, a partir de temas priorizados y del potenciamiento de redes, es una materia sobre la cual los actores más directamente involucrados estiman prioritaria. Es la opinión que se desprende de las contribuciones universitarias y de investigadores individuales que colaboran en este libro. Este tema, por ejemplo, ha resultado vital en materias de salud pública, nacional e internacional.

La necesidad de habilitar una interlocución, promover diálogos y asociaciones en torno a temas que exigen una nueva mirada global es ineludible. Reorientar la acción colectiva es un desafío para enfrentar las mega tendencias. En el centro de la perspectiva de una nueva era, se encuentra la cuarta revolución industrial.

Diversos especialistas ya hablan de una quinta, cuando la Inteligencia Artificial, el *Big Data* y las nanotecnologías, todos avances tecnológicos propios de esta revolución, tengan la capacidad de generar una realidad virtual -el Metaverso- con capacidad para replicar las experiencias sensoriales tradicionales.

Como lo señala Klaus Schwab, del Foro Económico Mundial, lo que define la cuarta revolución industrial, más que un conjunto de tecnologías emergentes, es la transición hacia nuevos sistemas a partir de la infraestructura tecnológica de la revolución anterior. El proceso de convergencias de nuevas tecnologías permite dar saltos en el desarrollo.

Estas realidades orientan fenómenos que se manifiestan en etapas de desafección hacia las instituciones, o en expresiones de desconfianza respecto del sistema democrático. Es importante evitar lógicas que puedan sugerir cualquier forma de incompatibilidad entre tecnología y democracia.

En este escenario, se puede pensar, siguiendo los trabajos de esta obra, en el aporte de la ciencia para enfrentar cambios, en la utilidad del conocimiento para enfrentar las demandas de desarrollo sostenible y en cómo superar las brechas tecnológicas. La diplomacia científica debe ser parte de esa visión integradora y participar en la intersección entre ciencia y relaciones internacionales.

HACIA UNA TRANSICIÓN DIGITAL Y ECOLÓGICA

Todos los países, más allá de su nivel de renta, están inmersos en una doble transición: ecológica y digital. La ciencia, como lo señala el informe de la UNESCO, se ha convertido en sinónimo de modernidad, competitividad económica e incluso de prestigio. El mayor desafío, por tanto, es el reforzamiento del compromiso con la Investigación y el Desarrollo.

En el espacio digital se juega parte del futuro de la ciencia y de la tecnología. Desde allí, el país puede posicionarse mediante una red de comunicación integrada de alta velocidad que mejore la conectividad en su interior y refuerce su proyección al mundo. Este fenómeno puede ser determinante para potenciar nuevas ventajas económicas y sociales.

La capacidad de utilizar las diversas tecnologías emergentes como el Internet de las Cosas, el *Big Data*, el *Blockchain*, la Ciencia de Datos y la Inteligencia Artificial, implica una forma de posicionarse internacionalmente y de ser actor en los espacios de gobernanza digital. En este esquema, es necesario advertir que las gigantes tecnológicas o GAFAM han acumulado mayores facultades y poder que un buen número de estados a nivel global. Chile no puede ser indiferente a esta realidad.

Las advertencias del informe del Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC) revelan cómo se manifiesta el vínculo entre ciencia, conocimiento y sociedad. La arquitectura de la sostenibilidad, expresada en la Agenda 2030 y en los Objetivos de Desarrollo Sostenible plantea precisamente la necesidad de incorporar sistemas de consumo y de producción más inteligentes.

En el ámbito del cambio climático, el IPCC ha proporcionado data que ha influenciado las decisiones políticas en los últimos años, entregando evidencia del origen antrópico de este fenómeno. Sus informes son referentes principales para los decisores políticos, con vistas a contribuir, por medio de la mejor ciencia disponible, a la toma de decisiones (*summary for policymakers*). Este grupo de expertos y especialistas estudia variables técnicas y socioeconómicas, proporcionando información orientada esencialmente a las transformaciones requeridas para limitar el incremento de la temperatura a 1,5°C.

Las conclusiones del Panel llaman la atención en los ámbitos de la economía, los sistemas industriales, infraestructura, energía, el uso del suelo y el desarrollo urbano, entre otros. Allí se plantean las interrogantes sobre cómo alcanzar la reducción de emisiones, la adopción de medidas de mitigación, y su impacto en las inversiones (Cordano & Rojas, 2022 en González & Oyarce eds., 2022).

Maisa Rojas y Julio Cordano (2022) analizan la relación sensible entre conocimiento, evidencia científica y acción climática, cuyo encausamiento exige un dialogo político activo y participativo. Aquí surgen desafíos importantes para la diplomacia y la ciencia. En Glasgow, durante 2021, el respaldo de emisores importantes a la ambición climática con base en la ciencia, fue una señal que conviene considerar, como se advierte en la Declaración del G-20, al inicio de la COP 26.

Probablemente, la respuesta multilateral y el Acuerdo de París de 2015 continuarán guiando la transición en curso, lo cual abre oportunidades para asumir nuevas formas de cooperación, a partir de una acción diplomática basada en el conocimiento científico.

LA CIENCIA Y EL CONOCIMIENTO: UNA MIRADA ESTRATÉGICA

Las reflexiones de esta publicación revelan cómo la I+D+i es parte de las definiciones y opciones de nuestra sociedad. Se postula la cultura de la sostenibilidad, lo que implica, probablemente, generar nuevos acuerdos transformadores, como lo es la Agenda 2030. Más allá de ello, existe el desafío de construir conciencia, además de favorecer comportamientos y políticas sostenibles.

Esto puede significar una concepción de cambios culturales en las conductas, que impacten individual y colectivamente los estilos de vida. La versión 2022 del “Congreso del Futuro” invitó a los actores sociales a aprender a convivir con las transformaciones que plantea la generación de conocimiento científico.

Uno de los principales mensajes aportados por los artículos de esta publicación es la relevancia de pensar en áreas de desarrollo sostenible. La iniciativa “Data Observatory”, el Instituto Chileno de Tecnologías Limpias y la instalación del Centro Antártico Internacional dan señales en esa dirección.

A nivel mundial, los avances científicos y tecnológicos han conducido a lo que especialistas denominan como “tsunami tecnológico”. Este es un marco que puede colaborar en la definición de estrategias de desarrollo y sus orientaciones en relación a la ciencia. Esto implica también prospectiva tecnológica: un análisis de los procesos y progresos que permitan identificar el desarrollo de las tecnologías emergentes más afines con los propósitos enunciados. Ello se vincula con la mirada acerca de áreas estratégicas de I+D+i en las cuales se pueden enfocar inversiones, con mayores índices de calidad socioeconómica.

Tal como lo recogen en esta obra Paula Solar, Andrés Palma y Sergio Bitar, este es un camino seguido por una diversidad de países como Japón, Estados Unidos, Francia y China, que han impulsado una agenda de transformación industrial articulada con el ecosistema de ciencia, universidades, incubadoras y de los sectores públicos y privado (Bitar, Palma & Solar, 2022, en González & Oyarce eds., 2022). En el caso de Japón, permitió construir un modelo de desarrollo basado en la innovación científica y tecnológica.

Al mismo tiempo, el proceso de identificación de potencialidades a partir de las ventajas comparativas, también puede reconocer los déficits. El ámbito de los laboratorios naturales, en estrecho vínculo con el desarrollo y producción de energías renovables no convencionales, junto a la transformación digital de la matriz productiva nacional, la innovación y emprendimiento de base científica, la formación de capital humano avanzado, son todas áreas incluidas en esta publicación.

Los desafíos que plantean estos temas son vastos. Ellos están transitando hacia nuevos estados, como es el caso de las realidades digitalizadas como la del metaverso. Los servicios digitales, la biociencia “verde”, la producción de hidrogeno verde a gran escala, la inspiración de la idea de potencia agro alimentaria, son temas que requieren inversiones, capacidades técnicas, capital humano avanzado, participación y dialogo ciudadano y, por cierto, la inversión del país en I+D+i (0,4% del PIB).

En el actual escenario, se ha puesto de actualidad la situación de industrias como la farmacéutica y la producción de vacunas. Es claro que este tema ha intensificado el interés en fortalecer las alianzas entre la diplomacia y los actores

relevantes, para lo cual la Academia Diplomática cree útil contribuir a visibilizar las nuevas capacidades analíticas y propositivas.

Por otra parte, es indispensable dar seguimiento a las mega tendencias como el cambio climático (*drivers* y *game-changers*), analizando su relación con escenarios decisionales posibles y deseables. Uno de los principales mensajes de estos artículos, es llamar la atención sobre temas y actividades que pueden estar presentes en la agenda del futuro inmediato, y respecto de los cuales, es pertinente la mirada de la diplomacia y el despliegue de sus capacidades, ojalá tempranamente.

Las crisis sanitaria y climática han producido efectos transversales y multidimensionales, sociales y económicos, llevando a instituciones, gobiernos y a múltiples redes de actores a tomar nuevamente conciencia de la necesidad de mirar estratégicamente la realidad. Ello puede servir de base para definir hojas de ruta que consideren las ventajas comparativas de Chile y su dotación científica, lo cual contribuirá a mejores definiciones en materia de políticas públicas.

Este ejercicio colectivo debe ser también un estímulo para concebir nuevas formas de diplomacia, a partir de definiciones de principios y orientaciones básicas con visiones de Estado. Esto tiene repercusiones en la formación y el perfeccionamiento del Servicio Exterior y en general de los funcionarios de la Cancillería, cuyas vinculaciones con las comunidades científicas e instituciones nacionales en el área de la ciencia y del conocimiento, deben promoverse.

Esto implica relacionarse con múltiples *stakeholders* y perseverar en un trabajo activo con la comunidad y la diáspora científica, generando confianza, y asociatividad.

La diplomacia científica ha tenido experiencias positivas que conviene atender, entre ellas, la negociación de la regla de reserva del 10% del tiempo de observación para científicos chilenos en observatorios, con operaciones en nuestro país, de reconocidos consorcios astronómicos internacionales.

Existen otras áreas como la Antártica y las Energías Renovables No Convencionales donde también deberíamos explorar niveles de complementariedad que beneficien a los científicos y comunidades locales, próximas a los sitios de investigación.

La diplomacia colabora con la ciencia y con la investigación nacional que constituyen instrumentos especiales de inserción del país en el mundo, a través de las grandes redes de I+D+i. En nuestro país, la política de ciencia y tecnología es de competencia del Ministerio de Ciencia, Conocimiento, Tecnología e Innovación y de otras instituciones, y el Ministerio de Relaciones Exteriores, a través de la Dirección de Energía, Ciencia, Tecnología e Innovación (DECYTI) tiene capacidad para intervenir de manera activa, en la puesta en marcha de esas definiciones en una labor que vas más allá de la simple facilitación, y que es parte del diseño que busca dar un salto al desarrollo (Rodríguez, 2018, en Oyarce & Somavía eds., 2018).

Entre otras áreas, la diplomacia colabora con la ciencia y la investigación nacional buscando una mejor inserción del país en las redes de I+D+i, en cuanto a atraer investigadores e instituciones al ecosistema científico nacional. Estos, junto a otras variables y herramientas, adquieren relevancia política al interactuar con la diplomacia chilena en el ámbito bilateral, regional y multilateral, lo que puede constituir nuevas formas de hacer diplomacia.

Chile está preparado para asumir los desafíos que plantea el binomio ciencia y diplomacia. Esta publicación presenta opciones y caminos donde el país está inserto, y que introducen la idea de que el desarrollo del conocimiento y de la ciencia al servicio de la sociedad, es también un propósito de la diplomacia.

Mujeres y Ciencia: una Visión desde el Territorio

*M. Cecilia Hidalgo T.**

La evidencia global actualmente disponible indica que las mujeres enfrentan serios desafíos para hacer ciencia, pues están subrepresentadas en las posiciones de liderazgo científico y académico, y tienen baja participación en la obtención de financiamiento para su investigación y en la solicitud de patentes, entre muchos otros aspectos, lo que pone en evidencia una pronunciada desigualdad entre hombres y mujeres. Por ende, eliminar las brechas de género en ciencia, que es de por sí un tema complejo y difícil de resolver en el corto plazo, representa una preocupación importante a nivel internacional, ya que parece absurdo desperdiciar el talento científico potencial del 50% de la población de los países que, para ser científicamente competitivos, necesitan maximizar sus capacidades intelectuales. Por lo tanto, desarrollar, potenciar y hacer un mejor uso del talento de las mujeres científicas ha sido, desde hace varios años, un obje-

* Departamento de Neurociencias, ICBM y BNI, Facultad de Medicina, Universidad de Chile.

tivo predominante de la política de los países desarrollados y es un tema central de las políticas de apoyo a las mujeres por parte de las academias de ciencias.

En primer término, en este capítulo se analizan, desde una perspectiva internacional, algunos de los factores que inciden en la menor participación femenina en ciencia, y luego se presenta la situación de las científicas en Chile y qué se está haciendo actualmente en el país para eliminar las brechas de género en ciencia.

I.- ALGUNAS CAUSAS DE LAS BRECHAS DE GÉNERO EN CIENCIA

1.- Pobre reconocimiento histórico de la ciencia hecha por mujeres

A lo largo de la historia es posible encontrar notables contribuciones realizadas por científicas mujeres, aunque en general sus aportes a la ciencia en campos tan diversos como matemáticas, física, química, biología, bioquímica, astrofísica, paleontología, embriología, medicina, ciencia nuclear, arqueología, antropología, psicología, ecología, ingeniería y ciencias ambientales, entre otras disciplinas, han sido bastante ignorados. Por mencionar un ejemplo, solo 23 mujeres han recibido el Premio Nobel en las disciplinas científicas del total de 632 galardones otorgados en ciencia desde su creación en 1901. En algunos casos se ha otorgado este premio solo a los colaboradores hombres, ignorando el aporte de las científicas.

Un artículo editorial titulado “*Women must not be obscured in science history*”, publicado en la edición de marzo de 2021 de la revista Nature (<https://www.nature.com/articles/d41586-021-00770-0>), aborda precisamente este tema.

Desde su creación, en 1901, solo 23 mujeres de un total de 632 galardonados, han recibido el Premio Nobel en Ciencias.

Si bien no es posible nombrarlas a todas, en esta sección se presentan 52 ejemplos de científicas que han hecho importantes contribuciones al conocimiento, pero que en su gran mayoría han sido ignoradas, pues solo recientemente se está empezando a reconocer un poco más el aporte de las mujeres a la ciencia. Iniciando esta narración, destaca como pionera **Hipatia de Alejandría (370-415)**, matemática y astrónoma griega, natural de Egipto, quien en los siglos IV y V escribió textos de geometría, álgebra y astronomía. También mejoró el diseño de los primitivos astrolabios, lo que posibilitó determinar con mayor precisión las posiciones de las estrellas, e inventó un densímetro. El trágico e innoble asesinato de Hipatia a manos de una turba revela el odio que existía hacia ella como una mujer científica que desafiaba el orden imperante.

Avanzando en el tiempo, emergen cuatro notables mujeres que nacieron en el siglo XVIII. **Emilie du Châtelet (1706-1749)** fue una matemática y física gala que tradujo al francés el libro de Isaac Newton *Principia Mathematica*, e incluyó un comentario sobre el concepto de la conservación de la energía basado en los principios de la mecánica. La matemática italiana **María Agnesi (1718-1799)** fue la autora, entre otras obras, del libro *Instituciones Analíticas*, utilizado ampliamente en Europa para la enseñanza de las matemáticas, pues fue el primer texto que presentaba en forma accesible cómo estudiar el cálculo diferencial e integral, y en el cual se trataban, además, series infinitas y ecuaciones diferenciales. También destacan **Wang Zhenyi (1768-1797)**, una científica

que vivió durante la última dinastía imperial China, la Qing, y que fue ampliamente reconocida por sus contribuciones en matemáticas, astronomía y poesía.

Mary Somerville (1780–1872), de origen escocés, quien además de sus estudios en matemáticas y astronomía, investigó en química, geografía, microscopia, electricidad y magnetismo. Publicó varios libros sobre estos temas, incluyendo un texto sobre geografía física, y fue reconocida como una científica brillante.

En las postrimerías del siglo XVIII nace **Mary Anning (1799-1847)**, paleontóloga inglesa famosa en el mundo entero por sus descubrimientos de fósiles del período jurásico en los acantilados del suroeste de Inglaterra. Pese a que sus hallazgos contribuyeron a cambiar la visión de cómo era la vida en la prehistoria de la tierra, no fue incorporada a la Sociedad Geológica de Londres por ser mujer, y no recibió todo el crédito merecido por sus descubrimientos.

En el siglo XIX aumenta significativamente el número de científicas mujeres que han hecho contribuciones notables:

* **Ada Lovelace (1815-1852)**: matemática y escritora inglesa, quien produjo un amplio conjunto de notas que contienen lo que se considera como el primer programa de computación, esto es, un algoritmo codificado para que una máquina lo procese. Las notas de Lovelace son importantes en la historia de la computación, pues en ellas desarrolló una visión de la capacidad de las computadoras para ir más allá del mero cálculo o del cálculo de números.

* **Hertha Ayrton (1854–1923)**: fue una física, ingeniera, matemática e inventora británica, quien trabajó en tecnologías de iluminación y en 1902 publicó el trabajo titulado *The Electric Arc*, que resume su trabajo de investigación sobre el arco eléctrico. Generó, además, 26 patentes y fue nominada -aunque no aceptada, por ser una mujer casada- como *Fellow* de la *Royal Society*.

* **Karen Horney (1855-1952)**: psicóloga alemana, quien en sus 14 trabajos publicados entre 1922 y 1935, bosquejó una teoría de la psicología femenina, en la cual critica la teoría psicoanalítica ortodoxa, lo que causó que dicha comunidad desechara sus argumentos y atacara sus motivaciones. Sin embargo, sus planteamientos son más aceptados actualmente.

* **Nettie Maria Stevens (1861–1912)**: genetista estadounidense, quien descubrió los cromosomas sexuales. Con su investigación expandió los campos de la genética, la citología y la embriología. Sus 38 publicaciones incluyen varias contribuciones notables que permitieron avanzar en el concepto de la herencia cromosómica.

* **Florence Bascom (1862–1945)**: fue una geóloga estadounidense, la segunda mujer en obtener un doctorado en geología en su país y la primera en trabajar en el *United States Geological Survey*, donde su investigación permitió la identificación de tipos particulares de volcanes. Además de especializarse en petrografía, contribuyó a formar un gran número de mujeres geólogas.

* **Marie Curie (1867-1934)**: física y química nacida en Polonia, es la científica más conocida en el mundo por su trabajo pionero sobre los *Rayos X*. Fue la primera mujer en recibir, en 1903, el Premio Nobel de Física, y luego, en 1911, el Nobel de Química, por su descubrimiento de los elementos *Radio* y *Polonio*. Fue, además, la primera mujer en incorporarse como profesora en la Universidad de París.

* **Mary Agnes Chase (1869-1963)**: botánica y agrónoma estadounidense, especialista en el estudio de los pastizales. Trabajó por más de 60 años en el *U.S. National Herbarium*, en Washington D.C., donde recolectó y describió más de 10.000 tipos de pastos en los Estados Unidos y en América Latina, muchos de los cuales están descritos en el *Manual of the Grasses of the United States* y en sus 70 publicaciones. Más tarde, también integró la lista de profesoras en la Universidad de París.

* **Lise Meitner (1878-1968)**: física sueca de origen austríaco. Por su ascendencia judía fue expulsada de su laboratorio en la Alemania nazi y felizmente logró escapar a otros países europeos. Luego de radicarse en Estados Unidos, fue la única científica que no quiso colaborar al ser invitada a incorporarse en el proyecto Manhattan. Su trabajo la llevó a descubrir la fisión nuclear, pero no compartió el Premio Nobel de Química, que en 1944 le fue otorgado exclusivamente a Otto Hahn, su colaborador de muchos años. Pese a que era una celebridad después de la Segunda Guerra Mundial, hoy en día apenas se la conoce.

* **Lillian Gilbreth (1878-1972)**: ingeniera y psicóloga estadounidense que enfocó su trabajo principalmente en el área de la ingeniería industrial. Fue una de las primeras mujeres ingenieras que obtuvo un doctorado y, como la primera psicóloga industrial organizacional, se concentró en mostrarles a los ingenieros industriales que podían aumentar la productividad haciendo un buen uso de la psicología en el área del trabajo. Inventó una variedad de objetos útiles en la vida diaria y fue la primera mujer en ser elegida para integrar la Academia Nacional de Ingeniería de los Estados Unidos.

* **Emmy Noether (1882-1935)**: matemática y física teórica alemana, una de las principales impulsoras del desarrollo del álgebra abstracta. Sus avances en topología son también notables. A pesar de su evidente genialidad y el reconocimiento de varios pares, en 1915 su acceso como docente asociada a la Universidad de Göttingen, Alemania -que en aquellos tiempos era un polo de desarrollo matemático- fue denegado solo por ser mujer. Fue una revolucionaria de las matemáticas y la física y creó el *Teorema de Noether*, que se suele describir como “a cada simetría le corresponde una ley de conservación y viceversa”. La llegada de los nazis al poder forzó su exilio en Estados Unidos, donde prosiguió sus trabajos en el Instituto de Estudios Avanzados de Princeton y como profesora en Bryn Mawr. Su investigación ejerció una amplia y profunda influencia en el desarrollo del álgebra moderna y de la topología.

* **Edith Clarke (1883 – 1959)**: la primera mujer en obtener el título de Maestría en Ingeniería Eléctrica en los Estados Unidos, lo que -sin embargo- no le bastó para obtener un trabajo permanente como ingeniera

eléctrica. Publicó el libro *Circuit Analysis of A. C. Power Systems* (Análisis de Circuitos de Sistemas de Potencia en Corriente Alterna), lo que la hizo mundialmente famosa. Este libro, que luego fue utilizado como texto en muchas escuelas de ingeniería, está basado en las notas de clases que daba a los ingenieros de la *General Electric*, donde trabajaba como supervisora de computación en el Departamento de Ingeniería, pues no lograba encontrar trabajo como ingeniera. Inventó la ‘calculadora Clarke’, un sencillo dispositivo gráfico que resolvía ecuaciones lineales diez veces más rápido que los métodos anteriores. En 2015, Clarke fue incluida -a título póstumo- en el Salón de la Fama Nacional de los Inventores.

* **Alice Ball (1892-1916):** química farmacéutica afroamericana quien falleció a la edad de 24 años. Tuvo que luchar para abrirse camino y fue la primera mujer y la primera afroamericana en obtener un título de Máster en la Universidad de Hawái, que la contrató como profesora de Química (primera afroamericana en obtener ese puesto). Desarrolló un tratamiento para la lepra, una enfermedad infecciosa que afecta a la piel, los nervios y las mucosas, que se convirtió en el más utilizado para combatir esta patología hasta que en los años 40 se crearon los primeros antibióticos. Alice Ball logró extraer los principios activos del aceite de chaulmoogra, y con ellos creó el primer remedio soluble en agua y, por tanto, fácilmente inyectable para tratar y aliviar a los pacientes de lepra. Tuvieron que pasar nueve décadas tras su muerte antes de que su trabajo fuese reconocido.

* **Gerty Cori (1896-1957):** bioquímica austrohúngara quien, al igual que la pareja conformada por Marie y Pierre Curie, trabajó codo a codo con su esposo, Carl Cori. Juntos dejan Europa en 1922 para instalarse en Estados Unidos. El descubrimiento del mecanismo por el cual el glucógeno se convierte en ácido láctico en el tejido muscular y luego es resintetizado en el cuerpo y almacenado como fuente de energía -que se conoce como el *Ciclo de Cori*- les valió, en 1947, el Premio Nobel de Fisiología o Medicina, junto con el fisiólogo argentino Bernardo Houssay. Gerty Cori fue la tercera científica mujer en recibir un Premio Nobel en ciencia y la primera en recibirlo en la especialidad de Fisiología o Medicina.

* **Joan Beauchamp Procter (1897-1931):** zoóloga británica reconocida internacionalmente por su notable trabajo en herpetología. Trabajó inicialmente en el Museo Británico de Historia Natural y más tarde en la Sociedad Zoológica de Londres, donde fue la primera curadora de reptiles en el Zoológico de Londres. Realizó un importante trabajo taxonómico y escribió artículos sobre zoología, tanto a nivel científico como de divulgación, incluyendo algunos sobre el comportamiento de los dragones de Komodo en cautiverio.

* **Irene Joliot-Curie (1897-1956):** fisicoquímica francesa, hija de Pierre y Marie Curie. Por si sola o en colaboración con su marido realizó un trabajo fundamental sobre la radiactividad natural y artificial, la transmutación de los elementos y la física nuclear. Estudiaron en conjunto las reacciones en cadena y los requisitos para construir un reactor nuclear que utilizara la fisión nuclear controlada para generar energía

mediante el uso de uranio y agua pesada. En 1935 obtuvo el Premio Nobel de Química en conjunto con su marido, Jean Frédéric Joliot, por sus investigaciones en torno a la síntesis de nuevos elementos radiactivos.

En el siglo XX el número de mujeres que empezó a incorporarse al mundo de la ciencia fue creciendo poco a poco. Algunas de estas científicas incluso vieron reconocido su trabajo con el premio Nobel. Se presenta a continuación una descripción de los aportes a la ciencia que han realizado cada una de ellas:

* **Cecilia Payne-Gaposchkin (1900-1979):** astrónoma y astrofísica inglesa que, con su trabajo pionero, descubrió que el hidrógeno y el helio son los elementos más abundantes en el Universo (99%), lo que asombró a la comunidad científica que creía que las estrellas eran astros rocosos, con una composición parecida a la de la tierra. En 1925, Cecilia Payne fue la primera persona en doctorarse en Astronomía en la Universidad de Harvard, y la primera mujer que llegó a dirigir el Departamento de Astronomía de esa casa de estudios superiores. Fue una valiente precursora de las mujeres que actualmente contribuyen al progreso científico.

* **Barbara McClintock (1902-1992):** genetista norteamericana quien, desde su época de estudiante, se dedicó plenamente a la investigación. Tras desarrollar un método para identificar los cromosomas del maíz, siguió estudiando este tema a lo largo de su vida, en el Departamento de Genética de la Carnegie Institution, Cold Spring Harbor (Long Island, Nueva York). Fue la primera mujer en obtener de forma individual el Premio Nobel en Medicina y Fisiología, en 1983, por

su descubrimiento de los «*transposomas*» o «*genes saltadores*», los cuales pueden cambiar de lugar dentro de los cromosomas. Recibió el Premio Nobel treinta años después de haber comunicado sus hallazgos y que la comunidad científica reconociera el valor de sus descubrimientos y su importancia para el posterior desarrollo de la genética.

* **Maria Goeppert-Mayer (1906-1972):** física teórica alemana, quien luego se estableció en los Estados Unidos y es reconocida por sus aportes a la física. Fue discriminada por ser mujer y no recibió ofertas de trabajo al doctorarse, a los 24 años, en la Universidad de Göttingen, pese a haber estudiado mecánica cuántica con maestros notables. En los Estados Unidos trabajó como profesora e investigadora voluntaria (no-remunerada) durante gran parte de su carrera. Fue profesora asociada de Física (sin derecho a sueldo) en la Universidad de Chicago y en 1946 obtuvo una posición a tiempo parcial en los Laboratorios Nacionales en Argonne. Solo a los 53 años tuvo una posición estable como profesora de Física en la Universidad de California, San Diego. En 1963 fue la segunda mujer en recibir el Premio Nobel de Física, junto con Hans Jensen y Eugene Wigner, por proponer el modelo de capas nuclear, una teoría que describe la estructura interna del núcleo. Sin embargo, a menudo no aparece mencionada entre las mujeres científicas más relevantes.

* **Grace Hopper (1906-1992):** ingeniera en computación estadounidense, pionera en el mundo de las ciencias de la computación y la primera programadora que utilizó el Mark I, el primer gran computador.

Además de ser una destacada científica computacional, fue una distinguida oficial de la marina estadounidense, donde llegó a tener el grado de contraalmirante. En 1952, inventó el primer compilador para computador y popularizó la idea de los lenguajes de programación independientes de la máquina, pues pensó que podía crearse un lenguaje de programación que usara órdenes en inglés, estableciendo con esta idea las bases para COBOL, un lenguaje de alto nivel de programación que aún se utiliza. Dos años después se creó el comité que diseñó este lenguaje. Aunque Hopper no tuvo un papel preponderante en el desarrollo de COBOL, fue miembro del comité original para crearlo y ha pasado a la historia de la informática como su creadora.

* **Rachel Carson (1907-1964):** bióloga marina y conservacionista estadounidense, quien a fines de la década del '50 centró su trabajo en los problemas causados por el uso de pesticidas sintéticos. La publicación, en 1962, de su libro *Silent Spring* (Primavera Silenciosa) llevó a un nivel sin precedentes la preocupación sobre el medio ambiente en la sociedad estadounidense, y aunque motivó la fuerte oposición de empresas químicas, se prohibió a nivel nacional el uso de DDT y de otros pesticidas. Este libro contribuyó también a que se consolidara el movimiento ecologista. Su obra, que marca el momento en que la sociedad comprende que la naturaleza es un todo complejo, cuyas partes están intrincadamente relacionadas, ayudó a la creación, años después de su muerte, de la *Environmental Protection Agency* (Agencia de Protección Ambiental) de los Estados Unidos, a la celebración del Día de la Tierra, a las leyes que se dictaron en muchos países del planeta sobre pesticidas, insecticidas, fungicidas,

rodenticidas y productos similares y al desarrollo del movimiento filosófico y político que hoy es conocido como ecologismo.

* **Rita Levi-Montalcini (1909-20120):** neuróloga italiana reconocida por descubrir los factores de crecimiento nervioso. Por su ascendencia judía, tuvo que dejar la Universidad de Turín en 1938, cuando en Italia se publicó “*El manifiesto de la Raza*” - por el cual Mussolini prohibía a los judíos seguir una carrera académica. Se trasladó a Bruselas donde trabajó en un instituto neurobiológico. Luego volvió a Italia y en 1947 viajó con una beca de investigación a trabajar por seis meses en la Universidad de Washington, en St. Louis, Estados Unidos, donde se quedó por 30 años. Allí, junto a Stanley Cohen, lograron aislar e identificar los factores de crecimiento nervioso, que al ser liberados por las células nerviosas provocan el crecimiento de las ramificaciones de las neuronas vecinas. Por este descubrimiento ambos obtuvieron el Premio Nobel de Fisiología o Medicina en 1986. Desde 1961 a 1969 dirigió el Centro de Investigación Neurobiológica de Roma, que ella transformó en el *European Brain Research Institute*, de gran prestigio mundial, y entre 1969 y 1978 dirigió en Italia el Laboratorio de Biología Celular.

* **Dorothy Crowfoot Hodgkin (9010-1994):** química inglesa visionaria, quien como estudiante de doctorado en Cambridge aprendió que se puede realizar investigación que involucre química, bioquímica, física y cristalografía. Durante su trabajo de tesis tomó docenas de fotos de cada cristal que quería analizar. Estimó a ojo la intensidad y distribución de miles de

puntos luminosos en placas fotográficas y realizó largos y tediosos cálculos matemáticos que, en la ausencia de computadores, requerían meses e incluso años. Tras finalizar su doctorado, en 1934, trabajó el resto de su vida en la Universidad de Oxford, donde logró descifrar la estructura tridimensional de numerosas e importantes biomoléculas que los químicos orgánicos no habían podido descifrar, como el colesterol, en 1937; la penicilina en 1945; la vitamina B12 en 1954, y la insulina en 1969, una molécula tan compleja que le llevó 34 años revelar su arquitectura. Tuvo tres hijos, y tras la maternidad siguió profundamente implicada en trabajos de investigación. Confesaba no sentir ningún remordimiento por continuar con su carrera científica. Fue galardonada en solitario con el Premio Nobel de Química en 1964, “por la determinación de la estructura de muchas sustancias biológicas mediante los *Rayos X*”. A los 54 años fue la quinta mujer y la primera británica en adjudicarse el Premio Nobel en ciencia.

* **Chien-Shiung Wu (1912-1997)**: física experimental experta en radioactividad, nacida en China. Desde pequeña fue animada en su desarrollo académico por su padre, quien incluso creó una escuela para niñas para que ella se educara. Trabajó en China como física por un tiempo y en 1936 viajó a Estado Unidos, donde decide hacer el doctorado en la Universidad de California, Berkeley. En su tesis doctoral utilizó el ciclotrón para estudiar los productos de la fisión nuclear del uranio-235, lo que le permitió estudiar con más detalle la interacción de las fuerzas nucleares. Tras graduarse, trabajó en Smith College sin poder hacer investigación, y luego fue la primera mujer contratada

como profesora en la Universidad de Princeton. Trabajó en el *Proyecto Manhattan*, donde contribuyó a desarrollar el proceso para separar mediante difusión gaseosa el uranio metálico en isótopos de uranio-235 y uranio-238. En 1956, como profesora asociada de la Universidad de Columbia, llevó a cabo uno de los experimentos más célebres de la física, el *Experimento de Wu*, que contradecía la ley hipotética de la conservación de la paridad. Por este descubrimiento, los colegas que trabajaban con ella, Tsung-Dao Lee y Chen Ning Yang, ganaron el Premio Nobel de Física en 1957, un reconocimiento que ella nunca recibió a pesar de su aporte esencial a ese descubrimiento.

* **Gertrude B. Elion (1918-1999)**: bioquímica y farmacóloga estadounidense, reconocida por su investigación en biomedicina. George Hitchings la contrató en 1944 para que trabajaran juntos en la compañía farmacéutica *Burroughs Wellcome* (hoy parte de *GlaxoSmithKline*). En 1978, en una conferencia presentaron un nuevo medicamento, el *Aciclovir*, como un potente inhibidor de los virus del herpes y que además poseía una baja toxicidad. Este hallazgo, al igual que el de la penicilina medio siglo antes, anunció la llegada de una nueva era terapéutica. Descubrió tratamientos para la leucemia, la malaria e infecciones urinarias, e investigó, además, las diferencias bioquímicas entre células humanas normales y patógenas, para diseñar fármacos que pudieran eliminar o inhibir la reproducción de patógenos sin dañar las células huéspedes. Hoy en día, los antivirales se utilizan para tratar el herpes, la hepatitis, el VIH, el ébola y otras enfermedades. En 1988 recibió el Premio Nobel de Fisiología y Medicina junto a George Hitchings y James W. Black, por

sus “descubrimientos de los principios clave sobre el desarrollo y el tratamiento de medicamentos.” En 1991 se convirtió en la primera mujer en pertenecer al *National Inventors Hall of Fame*.

* **Katherine Johnson (1918-2020):** física espacial y matemática estadounidense que realizó los cálculos de las trayectorias de los primeros vuelos espaciales en Estados Unidos. Como afroamericana, creció en una época en la cual la segregación racial era una dura realidad. Pese a tener *a priori* pocas oportunidades, se convirtió en una excelente matemática. Se incorporó a NACA (*National Advisory Committee for Aeronautics*) el año 1953, donde su trabajo consistía en realizar todas las operaciones y comprobaciones de cálculo que requerían los ingenieros aeronáuticos. Entre 1961 y 1963 fue la encargada de llevar a cabo los cálculos del *Proyecto Mercury* desarrollado por la NASA (*National Aeronautics and Space Administration*), la agencia sucesora de NACA. Calculó la trayectoria parabólica del vuelo espacial de Alan Shepard, el primer estadounidense que en 1961 viajó al espacio a bordo del *Mercury Redstone 3* y también calculó la trayectoria del *Apollo 11*, que en 1969 llevaría al hombre a la Luna. Tuvo una activa participación en presentar a niños y jóvenes, y especialmente a mujeres, la importancia de luchar por los sueños por encima de cualquier discriminación racial y de género, tal como ella lo hizo, animándolos a que estudiaran ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas.

* **Jane Cooke Wright (1919-2013):** médica oncóloga estadounidense, que inició su carrera como investigadora afroamericana junto a su padre en el *Cancer*

Research Center, que este había fundado y dirigía en el Hospital de Harlem, en Nueva York. Allí comenzó a investigar compuestos con posibles usos en quimioterapia, que en la década de 1940 era considerada un último recurso más que un tratamiento. Fue pionera en el estudio y el tratamiento del cáncer y fue responsable de convertir la quimioterapia en un tratamiento viable para los pacientes con cáncer. Tras la muerte de su padre, en 1952, le sucedió como directora del *Cancer Research Center*. En 1964 desarrolló un método no quirúrgico para llevar medicamentos anticancerígenos a zonas de difícil acceso en el cuerpo humano. Se le atribuye el desarrollo de la técnica de usar cultivo de tejido humano en lugar de ratones de laboratorio para probar los efectos de futuros posibles fármacos en las células cancerosas. Junto a otras siete personas y siendo la única mujer, fundó la *American Society of Clinical Oncology*. Fue la primera presidenta de la *New York Cancer Society* y formó parte de varios comités gubernamentales, donde sus sugerencias condujeron a la creación de centros regionales contra el cáncer a lo largo de Estados Unidos.

* **Rosalind Franklin (1020-1958)**: química y cristalógrafa británica reconocida por haber generado imágenes de cristales de ADN por difracción de Rayos X. Tras doctorarse, en 1945, en la Universidad de Cambridge, sus hallazgos fueron clave para revelar la estructura de los carbones y el grafito, así como del ARN y de varios virus. En particular, destaca su trabajo en obtener las imágenes de ADN por difracción de Rayos X, que realizó durante su estancia en el King's College, en Londres. Sin embargo, no obtuvo el reconocimiento merecido por esto, pues sus imágenes del

ADN fueron utilizadas, sin su consentimiento, en 1953 para la determinación del modelo de la doble hélice del ADN, por el cual James Watson, Francis Crick y Maurice Wilkins, compartieron el Premio Nobel de Fisiología y Medicina en 1962. Luego, en Birkbeck College, Universidad de Londres, investigó las estructuras moleculares de los virus, incluyendo el virus de la polio y el virus del mosaico del tabaco. Continuando su investigación, su compañero de equipo Aaron Klug ganó el Premio Nobel de Química en 1982.

* **Rosalyn Yalow (1921-2011):** física estadounidense quien hizo grandes contribuciones a distintos campos de la investigación clínica. Se doctoró en Física en la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Illinois, en enero de 1945. Una de sus primeras investigaciones consistió en la aplicación de la física nuclear a la práctica de la clínica médica, usando radioisótopos para determinar el volumen de sangre en el cuerpo, las enfermedades de la tiroides o el metabolismo del yodo. En 1959 logró generar una aplicación práctica para medir la insulina plasmática en el ser humano, dando comienzo a la era del radioinmunoensayo, uno de los avances más importantes para la endocrinología y el estudio de la diabetes y la hepatitis. Por este descubrimiento fue galardonada con el Premio Nobel en Fisiología o Medicina en 1977, compartido con Andrew Victor Schally y Roger Guillemin. Esta tecnología posibilitó la medición de la concentración de diversas sustancias biológicas o farmacológicas en la sangre y en otros fluidos del cuerpo humano, y en animales o plantas.

* **Esther Zimmer Lederberg (1922-2006)**: microbióloga estadounidense, pionera en genética bacteriana. Se casó con Joshua Lederberg en 1946, tras lo cual obtuvo su doctorado en la Universidad de Wisconsin. En su tesis doctoral estudió el control genético de mutabilidad en la bacteria *Escherichia coli*. Fue la primera en aislar el *bacteriófago-lambda*, un virus de ADN que aisló de *Escherichia coli* en 1950, el cual en vez de multiplicarse rápidamente en el interior de la célula infectada y matarla, puede integrar su material genético en el de la bacteria infectada y transmitirse de una generación a otra, sin dañar a las bacterias que lo contienen. Entre sus otras contribuciones notables destacan la transferencia de genes entre bacterias, el desarrollo de un método para el cultivo de bacterias y el descubrimiento del plásmido F o factor de fertilidad. Una vez más, no se reconoció el trabajo de una notable científica, pues en 1958 fue Joshua Lederberg quien obtuvo el Premio Nobel de Fisiología o Medicina, junto a George W. Beadle y Edward Lawrie Tatum. Aun así, Esther Lederberg aportó grandes avances a la microbiología, ya que sus descubrimientos fueron importantes para la investigación de la biología molecular y el estudio de la herencia genética en las bacterias.

* **Vera Rubin (1928-2016)**: astrónoma estadounidense pionera en medir la rotación de las estrellas dentro de una galaxia, con lo cual generó la evidencia más directa y robusta de la existencia de la materia oscura en el universo. Tras licenciarse en Astronomía en Vassar College, en 1948, no pudo ingresar a la Universidad de Princeton, pues hasta 1975 esta no incluyó mujeres en su programa de doctorado en Astronomía. Realizó su tesis doctoral en Física en la Universidad de Geor-

getown, en la que concluyó que las galaxias estaban juntas en racimos, más que distribuidas al azar por todo el universo, una idea que no fue aceptada por otros físicos hasta dos décadas después. En 1965 fue la primera mujer en utilizar los instrumentos en el *Observatorio Palomar*. Sus cálculos mostraron que las galaxias deben contener al final diez veces más masa oscura que puede ser acumulada por las estrellas visibles. Continuó trabajando en investigación aún mientras criaba a sus cuatro hijos pequeños, y publicó en coautoría más de cien artículos. Fue astrónoma investigadora en la *Carnegie Institution de Washington* e integró la Academia Nacional de Ciencias de Estados Unidos y la Academia Pontificia de Ciencias.

* **Tu Youyou (1930):** científica, médica y química farmacéutica china, conocida por descubrir la artemisina, un compuesto para tratar la malaria que aisló de la planta *Artemisia Annuua*. Este descubrimiento es considerado como el más significativo de la medicina tropical del siglo XX, pues permitió mejorar la salud de habitantes de países tropicales en vías de desarrollo del sur de Asia, África y América del Sur. El punto de partida de su investigación se basó en su exploración de textos sobre medicina tradicional china. Inicialmente, no pudo dar a conocer los hallazgos de su equipo debido a las restricciones para publicar información científica que estaban vigentes en China en ese tiempo. Sin embargo, a principios de la década de 1980, su trabajo llegó finalmente a audiencias internacionales, con gran éxito. Tal es así, que la Organización Mundial de la Salud recomendó, a principios de la década de 2000, el uso de terapias farmacológicas combinadas a base de artemisinina como tratamiento de primera

línea para la malaria. Por descubrir la eficacia de esta molécula antimalárica, recibió en 2015 el Premio Nobel en Medicina, junto con Satoshi Omura y William Campbell, quienes descubrieron un nuevo compuesto, la avermectina, capaz de curar infecciones causadas por pequeños parásitos.

* **Annie Easley (1933-2011):** informática teórica, matemática y científica espacial afroamericana. En su infancia y juventud, las oportunidades educativas y profesionales para las personas afroamericanas eran muy limitadas. Sin embargo, su madre le dijo que si trabajaba duro podría llegar a ser lo que quisiera. Fue la mejor estudiante de su clase en la escuela secundaria y tras obtener una Licenciatura en Ciencias Matemáticas en la Universidad Estatal de Cleveland, comenzó su carrera como matemática e ingeniera informática en el Centro de Investigación Lewis (ahora *Glenn Research Center*) de la NASA y de su predecesor, NACA. Cuando empezó, lo hizo como “computadora humana”, pues en aquella época se analizaban problemas y se realizaban los cálculos a mano. Fue una líder del equipo que desarrolló el software para la etapa del cohete *Centauro* y una de las primeras personas afroamericanas en trabajar como científica en computación en la NASA. Cuando las computadoras humanas fueron reemplazadas por máquinas con mayor capacidad, ella aprendió a programar en diversos lenguajes para operar distintos programas en la NASA, donde desarrolló un software que fue vital para las misiones espaciales y para investigaciones en temas de energía. También fue autora del código que se utilizó en los primeros coches híbridos.

* **Jane Goodall (1934)**: ambientalista inglesa, especialista en chimpancés, quien realiza una extensa labor de conservación en el ámbito internacional. Tras doctorarse en Etología en la Universidad de Cambridge, emprendió un viaje a África con solo 26 años, donde conoció a Louis Leakey, un antropólogo que había obtenido una beca para estudiar a los chimpancés en libertad en Gombe, Tanzania. Allí realizó investigación pionera que permitió descifrar múltiples aspectos del hasta entonces desconocido mundo de los chimpancés. Demostró que estos tienen emociones y sensaciones, vetó su uso en experimentos y destronó al hombre como única especie que crea y usa herramientas. Su extenso trabajo, proseguido por investigadores del *Instituto Jane Goodall*, constituye una de las investigaciones de campo más prolongadas sobre animales en libertad. Ha sido distinguida con más de 100 premios internacionales y es Mensajera de la Paz de la ONU.

* **Ada Yonath (1939)**: cristalógrafa israelí reconocida por sus trabajos pioneros sobre la estructura de los ribosomas. En 1968 se doctoró en Ciencia en el Instituto Weizmann, tras realizar una tesis sobre la aplicación de la cristalografía de *Rayos X* al estudio de la estructura del colágeno, y luego realizó estudios postdoctorales en Estados Unidos, en el *Massachusetts Institute of Technology* y en la *Universidad Carnegie Mellon*. En 1970 estableció el único laboratorio de cristalografía de proteínas en Israel. Su trabajo se ha centrado en el estudio de la estructura de los ribosomas, macromoléculas responsables de la síntesis de proteínas, y en el modo de acción de los antibióticos. Sus investigaciones revolucionaron la comprensión sobre cómo funcionan los antibióticos. Introdujo una nueva técnica, la crio-

biocristalografía, en la cual los cristales de materiales biológicos sensibles a la radiación son enfriados a temperaturas menores de 100 grados Kelvin, lo que facilita su estudio por Rayos X. Desde 1988 dirige el *Centro de Estructura Biomolecular Helen y Milton A. Kimmelman del Instituto Weizmann*. Fue galardonada con el Premio Nobel de Química en 2009, junto con Venkatraman Ramakrishnan y Thomas A. Steitz, “por sus estudios sobre la estructura y función de los ribosomas”.

* **Christiane Nusslein Volhard (1942)**: bióloga alemana que primero estudió biología en la Universidad de Frankfurt, luego física y, finalmente, se graduó como bioquímica. En los años sesenta comenzó a trabajar con Eric Wieschaus en el Laboratorio de Biología Molecular Europea de Heidelberg, en Alemania, estudiando cómo se transformaba el huevo de la mosca (*Drosophila*) en un embrión segmentado. Identificaron quince genes diferentes que si sufrían mutaciones podían causar defectos en la segmentación del embrión. Se incorporó luego al Instituto Max Planck para el Desarrollo de la Biología, en Tübingen, Alemania, donde dirigió, desde 1985, la división de genética (una de las cinco mujeres directoras entre los más de doscientos hombres ocupando dichos cargos). Sus últimos trabajos se centraron en el estudio del pez cebra, para investigar de qué manera se forman los órganos y estructuras durante el desarrollo del embrión. En 1995 fue galardonada con el Premio Nobel de Medicina, compartido con Eric Wieschaus y Edward Lewis, por sus “descubrimientos sobre el control genético del desarrollo precoz del embrión”. Los considerandos del premio añadieron que los tres galardonados habían

descubierto importantes mecanismos genéticos que pueden permitir “explicar las malformaciones congénitas en el ser humano”.

* **Lynn Margulis (1938- 2011)**: bióloga estadounidense, considerada una de las principales figuras en el campo de la evolución biológica por sus estudios respecto del origen de las células eucariotas. Obtuvo su doctorado en Genética en la Universidad de California, Berkeley y luego destacó por describir un importante hito en la evolución, con su teoría sobre la aparición de las células eucariotas como consecuencia de la incorporación simbiótica de diversas células procariotas. Demostró que las células nucleadas o eucariotas -de las que están hechos todos los organismos vivos: los hongos, las plantas, los animales y numerosos seres unicelulares- no solo descienden de bacterias, sino que son literalmente amalgamas de diversas células bacterianas, demostrando así el valor de la cooperación como mecanismo evolutivo. Si bien sus ideas fueron inicialmente recibidas con mucho escepticismo, a lo largo del tiempo han conseguido mayor aceptación, aunque su importancia en el evolucionismo y el alcance de sus teorías está todavía por comprobarse. En 1983 se incorporó a la Academia Nacional de Ciencias de Estados Unidos y en 1998 a la Academia de las Ciencias y las Artes de ese mismo país.

* **Linda Buck (1947)**: bióloga estadounidense conocida por sus trabajos sobre el sistema olfatorio. En 1980 se doctoró en Inmunología en la Universidad de Texas, Estados Unidos. Luego, trabajando en conjunto con Richard Axel, descubrió la existencia de unos mil genes que codifican proteínas que actúan como receptores

olfativos, que son capaces de reconocer y memorizar las aproximadamente diez mil sustancias odoríferas conocidas. Todos los receptores de olores son proteínas relacionadas entre sí, pero difieren en pequeños detalles. Cada célula olfativa está especializada, por tanto, en identificar un número concreto de olores, cuya señal envían al cerebro mediante impulsos eléctricos. Hasta la década de los noventa, en que presentaron sus resultados, el olfato había sido uno de los sentidos más enigmáticos, y las investigaciones se centraban sobre todo en analizar la audición y la visión, dos sistemas sensoriales aparentemente más vitales. Por este trabajo pionero sobre los mecanismos que subyacen el sentido del olfato, obtuvo junto a Richard Axel el Premio Nobel en Fisiología o Medicina en 2004.

***Françoise Barré-Sinoussi (1947):** bioquímica francesa que obtuvo su doctorado en 1975, tras realizar una tesis en el Instituto Pasteur, en París, Francia. Luego realizó una estancia postdoctoral en el Instituto Nacional de Salud de Estados Unidos, antes de volver al Instituto Pasteur donde, en colaboración con Luc Montaigner, centró su investigación en un grupo particular de virus, los retrovirus. En 1983 logró aislar el retrovirus conocido como VIH (Virus de Inmunodeficiencia Humana) y determinar que tal virus era el causante del SIDA (Síndrome de Inmunodeficiencia Adquirida). Sus muchas contribuciones recientes incluyen la caracterización de varios aspectos de la respuesta inmune adaptativa a la infección viral, el papel de las defensas inmunitarias innatas del huésped en el control del VIH/SIDA, factores que intervienen en la transmisión de madre a hijo del VIH, y las características que permiten que algunas personas con VIH puedan limitar la

replicación del VIH sin medicamentos antirretrovirales. El año 2008 fue galardonada con el Premio Nobel de Medicina por el descubrimiento del VIH junto con su colega Luc Montaigner, y con Harald zur Hausen por el descubrimiento del virus del papiloma humano como causa de cáncer cervical.

* **Elizabeth Blackburn (1948)**: bioquímica australiana que en 1975 se doctoró en Biología Molecular en la Universidad de Cambridge. Luego inició sus estudios sobre los telómeros en la Universidad de Yale y luego en la Universidad de California, Berkeley. En 1984, descubre junto a Carol Greider la enzima telomerasa y la aíslan un año después. La telomerasa es una enzima que agrega ADN a los telómeros, que son los extremos de los cromosomas de las células eucariotas y cuyo acortamiento está relacionado con el envejecimiento celular y con varias enfermedades crónicas. Con Carol Greider, crearon telómeros artificiales con el fin de estudiar la división celular y así poder controlarla. También descubrieron que las células cancerosas son capaces de seguir produciendo mayor cantidad de telomerasa, provocando la aparición de tumores, un descubrimiento que puede contribuir a encontrar terapias contra el cáncer. En 2009 fue galardonada junto con Carol Greider y Jack Szostak con el Premio Nobel de Medicina, por sus estudios sobre la telomerasa, una enzima que “protege a los cromosomas contra el envejecimiento”.

* **Frances H. Arnold (1956)**: científica e ingeniera química estadounidense, pionera en el método de evolución enzimática dirigida. Ha utilizado esta investigación para crear de manera amigable con el

medioambiente enzimas que participan en generar energía alternativa, productos químicos y de medicina. Se doctoró en ingeniería química en la Universidad de California en Berkeley, donde desarrolló su trabajo postdoctoral en química biofísica antes de unirse a Caltech, en 1986. Co-creadora de más de 40 patentes estadounidenses, es pionera en el uso de la evolución dirigida para diseñar enzimas que realizan funciones nuevas o que funcionan de manera más efectiva que las enzimas naturales. Algunas de las proteínas obtenidas con su método se usan actualmente para elaborar desde fármacos hasta biocombustibles. Fue laureada con la mitad del Premio Nobel de Química en 2018, “por la evolución dirigida de las enzimas”. La otra mitad del Premio se le otorgó a George P. Smith y Gregory Winter, quienes fueron reconocidos “por la presentación en fagos de péptidos y anticuerpos”.

* **Donna Strickland (1959)**: ingeniera física canadiense, pionera en la investigación en el campo del láser de alta intensidad. En 1989 finalizó su doctorado en física, con especialización en óptica, en la Universidad de Rochester, Estados Unidos. En su tesis doctoral, supervisada por Gérard Mourou, y en su trabajo conjunto posterior lograron crear pulsaciones de láser ultracortas y de alta intensidad, sin destruir el material amplificado, lo que condujo al desarrollo de aplicaciones que usan láser de alta intensidad. Debido a que los haces de láser son capaces de realizar cortes extremadamente precisos, esta técnica se utiliza en la cirugía con láser, en medicina y en estudios científicos, entre otros. En 2018 fue galardonada con el Premio Nobel de Física, junto con Gérard Mourou por su trabajo sobre la generación de nueva tecnología láser (amplificación de pulso gorjea-

do). Se convierte así en la tercera mujer en la historia en ganar el Premio Nobel de Física, tras Marie Curie en 1903 y Maria Goeppert-Mayer en 1963. Comparten el Premio Nobel con Arthur Ashkin, quien recibió la otra mitad del premio “por la creación de pinzas ópticas láser y su aplicación a sistemas biológicos”.

* **Carol Greider (1961)**: bioquímica estadounidense quien, en conjunto con Elizabeth Blackburn, descubrió la telomerasa, una enzima que, como ya se mencionó, protege los telómeros del acortamiento progresivo. Tras obtener su grado doctoral en 1987 y luego de trabajar en otros laboratorios, se unió al grupo liderado por Elizabeth Blackburn. En conjunto, generaron resultados de gran relevancia para la biología celular y la medicina, que han proporcionado información valiosa para comprender los mecanismos celulares y moleculares que ocurren en el proceso del envejecimiento celular y que, cuando fallan, causan enfermedades como el cáncer. Por consiguiente, sus resultados han estimulado el desarrollo de nuevas terapias. Junto con Elizabeth Blackburn, fue galardonada en 2009 con el Premio Nobel de Medicina y Fisiología “por su descripción molecular de los telómeros y la identificación del enzima telomerasa”. Compartieron el premio con el genetista Jack William Szostak, especialista en la clonación de levaduras y en la manipulación de genes. El hecho inédito que se otorgara el Premio Nobel conjuntamente a dos biólogas constituye un reconocimiento al talento de dos mujeres, y abre el camino para que un hecho como este sea algo natural a los ojos de la comunidad científica y del público en general.

* **May-Britt Moser (1963):** neurocientífica y psicóloga noruega quien, junto a su esposo Edvard Moser, fueron pioneros en investigar y descifrar el mecanismo que posee el cerebro para representar el espacio, ya que descubrieron las células que posibilitan la capacidad de determinar la posición y el conocimiento espacial. Observaron que cuando una rata pasaba por ciertos puntos dispuestos en una cuadrícula hexagonal en el espacio, se activaban células nerviosas que forman una especie de sistema de coordenadas para la navegación. Estos estudios, sumados a la demostración de cómo trabajan conjuntamente diferentes tipos de células involucradas en la navegación espacial, les permitieron descubrir el “GPS interno” que posibilita la orientación en el espacio. Fue galardonada en 2014 con el Premio Nobel de Fisiología o Medicina, compartido con Edvard Moser y John O’Keefe, “por sus descubrimientos de células que constituyen un sistema de posicionamiento en el cerebro”.

* **Jennifer Doudna (1964):** bioquímica estadounidense, reconocida por su trabajo en la edición genética. Se doctoró en Química Biológica y Farmacología Molecular en la Universidad de Harvard en 1989. Tras una estancia postdoctoral en la Universidad de Colorado, Boulder, realizó su investigación posterior en la Universidad de California, Berkeley. Junto a su colega Emmanuelle Charpentier, con quien aunó fuerzas en 2011, descubrieron la técnica de edición genética CRISPR-Cas9. El acrónimo CRISPR es el nombre de secuencias repetitivas presentes en el ADN de bacterias, que contienen el material genético de los virus que las han atacado en el pasado, y que por eso permiten reconocer si se repite la infección y defenderse ante ella,

cortando el ADN de los invasores. Reportaron en 2012 sus hallazgos revolucionarios, que mostraban cómo la CRISPR, combinada con una enzima, Cas9, puede cortar cadenas del ADN con precisión quirúrgica. El resultado es una técnica de edición genética que se ha descrito como el avance científico más importante del último siglo. En 2020 fue galardonada con el Premio Nobel de Química “por el desarrollo de un método para edición genética”, premio compartido con Emmanuelle Charpentier. Por tercera vez en la historia, este premio se entrega solo a mujeres (Marie Curie y Dorothy Crowfoot Hodgkin lo habían obtenido antes en solitario).

* **Andrea Ghez (1965)**: astrónoma estadounidense que investigó el agujero negro manifestado en el centro de nuestra galaxia. Realizó sus estudios de doctorado en el California Institute of Technology y se doctoró en 1992. La posibilidad de que existiera un agujero negro en el centro de la Vía Láctea se había discutido durante las últimas décadas, hasta que ella y sus colegas, Reinhard Genzel y Roger Penrose, pudieron observar el centro oscuro de nuestra galaxia, descubriendo que hay muchas estrellas orbitando elípticamente el agujero negro central. En su trabajo detectó las condiciones notablemente tormentosas en un plasma caliente que fue arrastrado hacia el agujero negro que reside en el centro de la Vía Láctea, a 26.000 años luz de distancia de la tierra. En 2020 recibió el Premio Nobel de Física, “por el descubrimiento de un objeto compacto supermasivo en el centro de la galaxia”, reconocimiento que compartió con Reinhard Genzel. Se transforma así en la cuarta mujer que gana el Premio Nobel de Física, de un total de 218 premios otorgados hasta 2021. Comparten

el Premio con Roger Penrose “por el descubrimiento de que la formación de agujeros negros es una predicción robusta de la teoría general de la relatividad”. Ellos tres descubrieron “los secretos más oscuros del Universo” y relacionaron estos objetos con la teoría general de la relatividad de Albert Einstein.

* **Emmanuelle Charpentier (1968)**: microbióloga, genetista y bioquímica francesa que ha sido globalmente reconocida por su trabajo en genética molecular. Realizó sus estudios de doctorado en el Instituto Pasteur en París, que finalizó en 1995. En 2012, junto con Jennifer Doudna -a quien conoce el año anterior- publicaron un artículo en Science que ha transformado el campo de la genética molecular. En esta publicación mostraron que cuando las bacterias son invadidas por segunda vez por un virus, la copia de la información genética viral almacenada en las secuencias CRISPR (expresadas como el doble tracrRNA: crRNA) recluta una proteína llamada Cas9, que luego busca y destruye el ADN viral, esencialmente cortándolo. Este hallazgo ha abierto un enfoque completamente nuevo para la edición del genoma, pues ofrece una técnica quirúrgica para eliminar o agregar ADN en ubicaciones específicas. Esta tecnología, que ya se está utilizando en muchos laboratorios de todo el mundo, servirá para ayudar a desarrollar nuevos tratamientos para una amplia gama de enfermedades humanas y trastornos genéticos. En 2020 es galardonada junto con Jennifer Doudna con el Premio Nobel de Química “por el desarrollo de un método para la edición del genoma”.

2.- Vivimos en una cultura que no considera la ciencia como una actividad para las mujeres

Las mujeres científicas están inmersas en una sociedad que por sesgos culturales no valora mayormente el talento de las mujeres. Ni siquiera se valoran sus capacidades básicas, como lo demuestran los numerosos chistes que se burlan de las habilidades de las mujeres para realizar tareas sencillas, como estacionar bien sus autos. Felizmente, este tipo de caricatura está siendo cada vez menos aceptada socialmente.

Como consecuencia de estos sesgos, no es sorprendente encontrar las siguientes opiniones en algunos países europeos, según lo revela un artículo publicado el año 2015 por el diario español El País (El País, 23 de septiembre de 2015). Este artículo describe los resultados de una encuesta europea realizada en línea a personas mayores de 18 años por encargo de la Fundación L'Oréal. Esta encuesta, que incluyó 1.012 personas en Italia, 1.009 en Francia, 1.001 en Alemania, 1.003 en España y 1.007 en el Reino Unido, reveló que el 63% de los ciudadanos españoles consultados cree que las mujeres no valen para científicas de alto nivel. Este porcentaje es todavía más alto si se tiene en cuenta el resto de los países encuestados, pues el 67% de las 5.032 personas encuestadas opinó lo mismo. Además, muchos de los consultados expresaron que a las mujeres les falta interés por la ciencia, perseverancia, espíritu racional, sentido práctico y espíritu analítico.

Por lo tanto, no es una sorpresa constatar que, pese a los esfuerzos actuales por mejorar la situación de las mujeres en ciencias, existen prejuicios arraigados en la sociedad que limitan el acceso y el avance de las mujeres en la actividad científica. Más aún, desde la infancia crecemos con la idea que la ciencia es un terreno de los hombres, como lo demuestran

los estudios del profesor Leopoldo de Meis, un destacado bioquímico brasileño, quien lideró un estudio que se realizó en varios países del mundo con el propósito de indagar qué visión tenían los niños de los científicos. Se recolectaron dibujos tanto de niños como de niñas de 10 a 13 años, a quienes se les pidió que dibujaran cómo imaginaban a una persona trabajando en ciencia. En la gran mayoría de los casos, tanto los niños como las niñas dibujaron a un hombre, trabajando solo en un laboratorio con diversos equipos de vidrio y a menudo con un aspecto un tanto desequilibrado, lo que puso de manifiesto el extendido estereotipo del científico loco (De Meis y cols., 1993; Lannes y cols., 1998).

Es importante destacar que pese a que en todos los países que participaron del estudio se recolectaron dibujos de aproximadamente los mismos números de niños y niñas. La gran mayoría dibujó a un científico hombre y solo en el 10% de los casos los dibujos presentaron mujeres científicas. Sin embargo, al pedirles que dibujaran artistas, tanto los niños como las niñas dibujaron hombres y mujeres en proporciones similares. Sorprende esta apreciación, que indica que no solo los niños, sino que también las niñas piensan que las mujeres no hacen ciencia, pero que sí están presentes en las actividades artísticas en proporción similar a la de los hombres. Lo más preocupante de esta percepción es que estos estudios muestran que las niñas no ven la carrera científica como un posible destino para las mujeres.

La ausencia significativa de mujeres científicas en la percepción de los niños revela que nos encontramos frente a un problema cultural profundo, que lleva a que desde la niñez no se considera la presencia de las mujeres en el quehacer científico. Sin embargo, esta situación parece estar mejorando lentamente, gracias a los esfuerzos que están realizando

distintos países para combatir estos estereotipos tempranos, como se detalla más adelante en la Sección 6.

3.- Escasa participación de las científicas en posiciones de liderazgo

A pesar de las décadas transcurridas desde que se empezó a tomar conciencia de la situación desmedrada que enfrentan las científicas mujeres, la ciencia sigue siendo inherentemente sexista. Esto se refleja en que las académicas en general, y también las del área científica, están muy poco representadas como profesoras titulares en las universidades y en que las científicas son una clara minoría en las academias nacionales de ciencia de todo el mundo. Aunque en muchos países hay más mujeres que hombres realizando estudios de pre y posgrado, hay relativamente pocas profesoras titulares mujeres en las universidades. Tal es así que, si bien las mujeres están bien representadas en los rangos iniciales de la jerarquía académica, su participación disminuye dramáticamente a medida que se asciende en la carrera. La situación chilena refleja fielmente esta realidad, como se describe en la Sección 2.

Muchos expertos opinan que la falta de modelos de mujeres científicas destacadas incide en la baja proporción de mujeres en las jerarquías académicas más altas. Por lo tanto, visibilizar el trabajo de mujeres científicas líderes que puedan actuar como ejemplo para las generaciones más jóvenes es una estrategia posible para mejorar la escasa participación de las científicas en todos los niveles de toma de decisiones que afectan la carrera académica. Más aún, las mujeres son apenas visibles en todos los niveles de toma de decisiones que afectan la carrera académica y, por lo tanto, carecen de información para descifrar las claves ocultas del sistema, lo que dificulta sus avances en la carrera académica. Como

consecuencia de esta marginalización, las mujeres a menudo subestiman sus propios logros y tienden a dudar de sus capacidades mucho más que los hombres. Estas dudas las llevan a sobreestimar los requisitos que se requieren para postular a becas de investigación y a proyectos independientes o para ser promovidas a las jerarquías académicas superiores. Otra consecuencia de esta falta de participación es que, por su desconocimiento de las reglas del juego, las mujeres suelen aceptar más responsabilidades académicas de las necesarias, lo que al limitar su tiempo para hacer investigación incide negativamente en sus carreras.

Aunque la proporción de mujeres en las jerarquías más altas está aumentando lentamente, persisten las desigualdades de género en la contratación (Moss-Racusin y cols., 2012), en el reconocimiento del trabajo de las mujeres y en la capacidad de las científicas para acceder a las redes informales de comunicación (Chen, 2013), en el nivel de los salarios (Chen, 2013), en el financiamiento para la investigación (Ley y Hamilton, 2008), y en la obtención de patentes (Ding y cols., 2006). Además, es inusual que en un congreso científico la proporción de mujeres que presentan las conferencias magistrales sea similar a la de los hombres. De hecho, se están haciendo esfuerzos a nivel internacional para aumentar la participación de las mujeres entre los conferencistas. Un ejemplo de ello es la reciente iniciativa en neurociencia, que fue comentada en un artículo editorial (<https://doi.org/10.1038/538290b>), que fue publicado en 2016 en la revista *Nature*.

También hay escasez de mujeres en los consejos editoriales de las revistas, en los grupos revisores de proyectos científicos y en los comités de selección para contratar nuevos académicos, lo que refuerza la idea inconsciente de que la

ciencia pertenece a los hombres. Sin embargo, plantear cuotas especiales para incorporar más científicas en estas instancias conlleva el problema de sobrecargar a las pocas mujeres que han alcanzado posiciones de liderazgo, además de generar suspicacias. Como ya se mencionó, una alternativa quizás más viable es visibilizar el trabajo de científicas líderes en sus campos, para que sirvan de ejemplo a las científicas de las generaciones más jóvenes.

4.- Otros factores que inciden en la generación de las brechas de género en ciencia

El sesgo negativo hacia las mujeres en ciencia se da incluso en mujeres científicas y también en algunos científicos que promueven activamente el avance de las mujeres en la ciencia. Es común escuchar a las científicas decir que se ignoran sus opiniones en paneles de discusión o en mesas redondas, pero que, si luego un hombre dice lo mismo, recibe el aplauso generalizado. En las discusiones de grupo, las científicas son a menudo interrumpidas o no son escuchadas, como si no estuvieran presentes en la misma habitación. En cambio, los hombres son más propensos a dejar que otros científicos concluyan sus intervenciones sin interrupciones. Peor aún, está bien documentado que lo que pasa por una declaración firme si la expresa un hombre se interpreta, por ambos sexos, como una agresión desagradable si la expresa una mujer.

El sesgo implícito a favor de los científicos hombres es omnipresente, como lo demuestra el hecho de que ellos son preferidos a las mujeres, incluso si tienen los mismos antecedentes. Un estudio realizado para explorar las respuestas de los científicos a dos Curriculum Vitae ficticios e idénticos, salvo por el nombre masculino o femenino, demostró claramente este sesgo (Moss-Racusin y cols., 2012). En este estudio se le

pidió a un grupo de profesores universitarios norteamericanos de física, química y biología que valorasen las solicitudes para el cargo de asistente de laboratorio presentadas por dos estudiantes: John y Jennifer. Estas se enviaron a 128 profesores de muy alta productividad científica, de universidades públicas y privadas; a 64 de ellos se les envió el currículum de Jennifer y a los otros 64, el currículo de John. Las respuestas indicaron que, por tener un nombre femenino, Jennifer recibiría menor tiempo de tutoría por ser menos competente y contratable, aún teniendo el mismo currículum que John. Además, los empleadores subestimaron sistemáticamente el rendimiento científico de Jennifer en comparación con el de John, y estaban dispuestos a pagar un salario 12% menor a Jennifer que a John.

Otro sesgo negativo hacia las mujeres científicas se refleja en que reciben menores salarios que los hombres, aunque realicen el mismo trabajo. En los Estados Unidos las mujeres solo constituyen el 21% de los profesores con jornada completa en disciplinas científicas y el 5% de los profesores con jornada completa en ingeniería. En promedio, un estudio de 2015 muestra que ganan solo el 82% de lo que ganan los científicos hombres (National Science Foundation, National Center for Science and Engineering Statistics. 2015. Women, Minorities, and Persons with Disabilities in Science and Engineering: 2015. Special Report NSF 15-311. Arlington, VA. <http://www.nsf.gov/statistics/wmpd/>). En la Unión Europea, un estudio realizado en 2009 (European Commission. She Figures 2009. <http://aei.pitt.edu/46079/>) mostró que en el sector público las mujeres científicas ganaban, en promedio, entre 25% y 40% menos que los científicos hombres. Aunque en los Estados Unidos la brecha salarial promedio es menor, la disparidad es especialmente notoria en física y astronomía, disciplinas en las cuales, según el estudio ya citado, las muje-

res ganan 40% menos que los hombres. Un artículo editorial más reciente (<https://www.nature.com/articles/d41586-018-00113-6>), confirma que en Estados Unidos y Canadá las científicas reciben salarios menores que sus colegas hombres.

Un problema histórico/cultural adicional reside en que se mira con escepticismo y se cuestiona la capacidad de las mujeres para hacer reales avances innovadores en ciencia. Este prejuicio hace más difícil para las científicas lograr que se acepten sus contribuciones si estas cuestionan el conocimiento establecido o si hacen aportes muy novedosos. El caso de Lynn Margulis, mencionado en la Sección 1, es paradigmático en este aspecto. Esto contrasta con el amplio reconocimiento que reciben los científicos que generan avances relevantes en el conocimiento. Las desigualdades también se extienden al menor reconocimiento de los trabajos científicos en los que figuran mujeres en puestos claves (primera autora o autora correspondiente), pues estos trabajos se citan menos que aquellos que tienen a hombres como autores en posiciones clave. Esta tendencia se observa ya sea en publicaciones en las que figura solo una persona o en trabajos con varios autores que emergen de colaboraciones nacionales o internacionales (Lariviere y cols., 2013). Un estudio semejante y más reciente, realizado en el área de la neurociencia, reveló hallazgos similares (Dworkin y cols., 2020).

Un comentario publicado como editorial en la revista *Science* el año 2015 (McNutt, 2015) pone de relieve un aspecto adicional de la discriminación hacia las mujeres en ciencia. La autora de esta editorial comenta cómo las cartas de recomendación elaboradas por científicos (hombres o mujeres) en apoyo a las estudiantes mujeres que postulan a incorporarse a programas doctorales de excelencia o a diversos tipos de becas o proyectos de investigación, contienen a

menudo evaluaciones inapropiadas. Caracterizan a algunas mujeres con epítetos tales como amigables, agradables, humildes, bondadosas y, con frecuencia, simpáticas. Estas no son necesariamente las características más relevantes para seleccionar a la próxima generación que avance las fronteras del descubrimiento. En cambio, las cartas recomendando a los hombres (y también a algunas mujeres), contienen palabras muy diferentes, como brillantes, creativos, trabajadores, profundos y capaces de ejercer liderazgo.

Según un estudio publicado el año 2013 (McCook, 2013), en Estados Unidos las científicas participan muy poco en los Consejos Asesores Científicos de diversas compañías biotecnológicas. Tras analizar, a partir de 1970, la composición de los consejos de aproximadamente 500 compañías, se encontró que el porcentaje de mujeres nunca superó el 10,2%, aunque en el período estudiado las mujeres representaban entre el 12% y el 30% de los doctores académicamente activos (McCook, 2013). Asimismo, en el Reino Unido un estudio publicado en 2012 mostró que las mujeres están subrepresentadas en los consejos de compañías dedicadas a la ciencia, la tecnología, la ingeniería y las matemáticas. Se da esta desigualdad pese a que la inclusión de las mujeres parece ser beneficiosa, pues un estudio realizado en 2012 en todo el mundo evidenció que las compañías con mujeres en sus consejos asesores científicos tuvieron cotizaciones más altas de sus acciones que aquellas con consejos compuestos solo por hombres. Las compañías y los medios justifican esta situación de desigualdad diciendo que como hay menos mujeres que hombres en el mundo académico en general, es difícil encontrar mujeres con la experiencia adecuada. No obstante, muchas mujeres destacadas en sus campos opinan que nunca se les ha pedido participar en los consejos asesores científicos. Más aún, las mujeres tampoco son invitadas, en

número significativo, a integrar los consejos de empresas creadas recientemente o a hacer difusión científica en los medios.

Y para concluir esta sección, es importante resaltar otro aspecto que incide en forma muy negativa en las carreras de las científicas, cual es el acoso sexual y laboral que sufren de parte de sus colegas hombres. La analogía del iceberg para el acoso sexual y laboral es apta. Sostiene que solo una fracción del acoso -cosas obvias como la agresión sexual- llegan a ser públicas. El resto invisible del iceberg incluye los ataques más insidiosos y perniciosos, como apropiarse de las ideas o resultados de las científicas y no reconocer sus aportes, sabotear su equipo de laboratorio y hacerlas sentir que están fuera de lugar en la comunidad científica -lo que da origen al síndrome del impostor-, además de llamar a las científicas con nombres despectivos o cuestionarlas en forma peyorativa, como lo refleja un artículo anónimo escrito por una científica, que fue publicado en la revista Science en 2020 (DOI: 10.1126/science.370.6516.630). Felizmente, se ha tomado consciencia de estos tipos de acoso, y las instituciones están implementando medidas efectivas para prevenirlos, generando oficinas de género donde las científicas pueden plantear sus problemas en este ámbito, y donde es posible buscar instancias de resolución de los conflictos.

5.- Cuidado preferencial de los hijos. Poco apoyo social

El cuidado de los niños pequeños es uno de los factores principales que dificulta la carrera científica de las mujeres que han tomado la decisión de formar una familia y tener hijos. La idea de que la investigación científica constituye un esfuerzo que lo consume todo y que, por lo tanto, es incompatible con formar una familia, está muy arraigada. Cumplir con las exigencias de la investigación académica

puede parecer desalentador para ambos padres, aunque las obligaciones familiares parecen pesar más fuertemente en la carrera de las mujeres. Es interesante leer el artículo escrito por una madre científica (Merad, 2020), en el cual analiza las dificultades que enfrentan las madres científicas para compatibilizar el cuidado de sus hijos con sus carreras en ausencia de sistemas adecuados de guarderías, y como estas dificultades se han agravado con la actual pandemia de Covid-19. Sin embargo, este problema sería teóricamente fácil de arreglar con la adecuada voluntad política para establecer períodos prenatales y postnatales apropiados y para crear jardines infantiles de calidad, atendidos por profesionales competentes, además de implementar políticas para evaluar en forma diferencial las trayectorias de las científicas que han tenido hijos. Sin embargo, incluso las políticas más avanzadas de apoyo a la familia no resuelven un problema más insidioso, como es el sesgo evidente o inconsciente de género que se puede detectar a todos los niveles, como se ha detallado en las secciones anteriores.

Otra evidencia central de este sesgo cultural contra las mujeres es el hecho de que las científicas que no han tenido hijos también encuentran serias dificultades para avanzar y ser reconocidas en sus campos. Si tener hijos fuera el único obstáculo para avanzar en ciencia, debería esperarse que las mujeres que no los tienen avancen en sus carreras igual que los hombres. Contradice esta suposición el hecho de que investigadoras destacadas, que han sacrificado la familia y la maternidad, también han experimentado tratos desiguales en comparación con sus colegas hombres.

El caso de la Dra. Nancy Hopkins, bióloga molecular del Instituto de Tecnología de Massachusetts (MIT) en Cambridge, Boston, es paradigmático en este sentido. Cuando

se convirtió en profesora titular en el MIT, sabía que los prejuicios hacia las científicas estaban profundamente arraigados, aunque no eran obvios. A los 50 años, después de 20 años de dedicación exclusiva a la ciencia, pues decidió no formar una familia ni tener hijos, y tras recibir un amplio reconocimiento de sus pares, descubrió que no tenía suficiente espacio de laboratorio para hacer su investigación sobre el desarrollo del pez cebra. Entonces usó una cinta de medir para demostrar que los profesores hombres tenían sustancialmente más espacio que el profesorado femenino. Reclutó a otras colegas para reunir más datos, y junto a otras científicas del MIT llegaron a la conclusión que todas ellas enfrentaban similares obstáculos.

Como resultado, las autoridades de MIT encargaron a la Dra. Hopkins que presidiera un comité para investigar si existía desigualdad de género en esta institución. La culminación de esta iniciativa fue el estudio histórico: “*A Study on the Status of Women Faculty In Science at MIT*”, que se publicó en el año 1999 (<http://web.mit.edu/fnl/women/women.html#The%20Study>). Este estudio sobre el sesgo de género en MIT fue un hito que reverberó en la educación superior de los Estados Unidos e impulsó progresos significativos en el trato hacia las científicas, pues muchos administradores tomaron medidas para hacer frente a la arraigada discriminación hacia ellas. Sin embargo, la Dra. Hopkins relata que hubiese preferido usar todo ese tiempo haciendo ciencia. Y como una muestra del cambio experimentado por la institución, en el periodo 2004-2012 MIT tuvo su primera presidenta mujer, la Dra. Susan Hockfield. Durante su presidencia, MIT tuvo su período más exitoso en obtener fondos para su funcionamiento.

6.- Medidas para eliminar los sesgos de género en la ciencia

En las secciones anteriores se han presentado diversos factores que inciden en la desigualdad de género en ciencia en el ámbito internacional, y que tienen un impacto negativo en el bienestar de toda la sociedad. De este análisis se desprende que aún existen estereotipos que cuestionan el talento de las mujeres en general, y que ponen en duda su capacidad para generar nuevos conocimientos y liderar equipos de científicos. Como un ejemplo de ello, destaca el hecho de que hasta el año 2021, las mujeres han obtenido el 1,8% de los Premios Nobel de Física, el 3,2% de los de Química y el 5,3% de los de Medicina, incluyendo Fisiología y Medicina.

Actualmente, existe consenso en muchos países sobre la urgencia de implementar políticas para mejorar la participación de las mujeres en la ciencia. Sin embargo, estas políticas deben considerar la variedad de contextos sociales, culturales, económicos y políticos en los cuales las mujeres aprenden cómo hacer ciencia y luego realizan investigación para generar nuevos conocimientos. Es necesario, en consecuencia, que cada país identifique cuidadosamente qué factores sociales y culturales inciden en la baja representación de las mujeres en la ciencia.

La ciencia actual requiere de la colaboración como uno de los principales impulsores de la generación de conocimiento científico. Por consiguiente, la creación de programas que fomenten la colaboración internacional de las investigadoras puede ayudar a disminuir las brechas de género. Otra medida que puede contribuir a mejorar las actuales desigualdades que enfrentan es la generación de programas de mentoría, mediante los cuales las científicas destacadas puedan apoyar a las más jóvenes y las aconsejen sobre cómo avanzar en sus

carreras. Este tipo de medidas puede contribuir a que las científicas no abandonen la ciencia, como ocurre actualmente con una frecuencia no despreciable, lo que representa una pérdida importante de talento.

El año 2006, el Inter Academy Council (IAC) formó un grupo consultivo sobre la mujer en la ciencia, con el mandato de examinar estudios anteriores, proporcionar ejemplos de proyectos efectivos ya implementados y emitir una serie de recomendaciones prácticas dirigidas en particular a las academias de ciencia e ingeniería de todo el mundo. El informe completo, titulado *Women for Science*, está disponible en: <https://www.interacademies.org/publication/women-science>. Además, el Inter Academy Panel publicó en 2021 un estudio titulado *“Gender Equality in Science: Inclusion and Participation of Women in Global Science Organizations. Results of two global surveys”*, que está disponible en el sitio: <https://www.interacademies.org/publication/gender-equality-science-inclusion-and-participation-women-global-science-organizations>.

2. LA SITUACIÓN DE LAS CIENTÍFICAS EN CHILE

Para iniciar esta narración, es importante recordar las palabras de Gabriela Mistral, primera mujer latinoamericana Premio Nobel de Literatura en 1945, quien en 1906 -a sus 17 años- escribió en el periódico *La Voz del Elqui*, el texto siguiente: “Instruir a la mujer es hacerla digna y levantarla (...). Y habrá así menos sombra en esa mitad de la humanidad. Y más dignidad en el hogar (...) Hágasele amar la ciencia más que las joyas. Que consagre a ella los mejores años de su vida. Que los libros científicos se coloquen en sus manos como se coloca el Manual de Piedad (...) Honor a los representantes del pueblo que en sus programas de trabajo por él incluya la

instrucción de la mujer; a ellos que se proponen luchar por su engrandecimiento, ¡éxito y victoria!”

Las científicas pioneras:

En Chile ha habido científicas pioneras, todas ellas nacidas 85 o más años atrás, quienes hicieron aportes significativos al conocimiento científico y al desarrollo de la ciencia en el país y contribuyeron a la formación en ciencia de muchas personas. Entre ellas se encuentra la Dra. Adelina Gutiérrez (1925 – 2015), astrofísica y la primera mujer en ser miembro de número de la Academia Chilena de Ciencias. Dice de ella la Dra. María Teresa Ruiz, primera mujer en recibir el Premio Nacional en Ciencias Exactas el año 1997: *“Valiente, hizo entonces algo que incluso hoy sería calificado de extraordinario. Lo hizo en una época donde doctorarse en Astrofísica era algo fuera de lo que se podía pedir a una mujer. Fundadora de la Academia de Ciencias, mi profesora nos mostró lo que se podía hacer, con el ejemplo, que vale más a veces que una enseñanza verbal”*.

En inmunología e inmunogenética destaca como pionera la Dra. Olga Pizarro (2015, QEPD), quien fue la segunda mujer en titularse en 1942 como Médica Veterinaria en la Universidad de Chile. Publicó sus trabajos en prestigiosas revistas, obteniendo importantes reconocimientos internacionales por su investigación sobre el complejo de histocompatibilidad murino, que controla el reconocimiento de lo propio y que, por lo tanto, es relevante para determinar la aceptación o rechazo de los implantes. Y en el área de neurofisiología fue pionera la Dra. Teresa Pinto (1924, QEPD), quien, tras titularse de Médico Cirujano en 1947 en la Universidad de Chile, hizo un postgrado en neurofisiología en Johns Hopkins University, en Estados Unidos. A su regreso,

creó el área de investigación en neuropsicología fisiológica, publicando numerosos artículos en revistas de prestigio internacional. Formó a un gran número de discípulos y su grupo de investigación en la Facultad de Medicina y en la Escuela de Psicología de la Universidad de Chile se constituyó en un referente en Latinoamérica. En el área de la fisiología fue pionera la Dra. Mitzy Canessa (1930, QEPD), quien se tituló de Química Farmacéutica en la Universidad de Chile, en 1952. Tras viajar a Estados Unidos, becada para realizar una estadía de investigación en Albert Einstein College of Medicine, regresó a Chile donde realizó una activa labor en investigación en fisiología celular, que generó numerosas publicaciones en revistas internacionales y que condujo, además, a la formación de muchos estudiantes y discípulos. El grupo conformado por la Dra. Canessa y los Drs. Mario Luxoro, Eduardo Rojas y Fernando Vargas, creó la escuela de biofísicos chilenos, que ostenta gran reconocimiento internacional por la ciencia que han generado quienes se formaron en ella, tanto en Chile como en el extranjero.

Están también entre las pioneras las Dras. Marta Velasco y Catherine Connelly. La Dra. Marta Velasco (1931) se tituló de Médico Cirujano en 1954 y fue la primera mujer elegida miembro de número de la Academia Chilena de Medicina y la primera presidenta de la Sociedad Médica de Santiago. Su investigación se centró en el área de la hepatología y en el estudio de los virus de la hepatitis y de la inmunodeficiencia humana (VIH), el virus que causa el SIDA, y fue iniciadora de la Hepatología en Chile. A su vez, la Dra. Catherine Connelly (1931), doctora en Biología de la Universidad de Yale, desarrolló una brillante y creativa trayectoria en biología molecular en la Facultad de Ciencias de la Universidad de Chile, formando numerosos discípulos en conjunto con su esposo, el Dr. Jorge Allende. Fue la primera científica elegida

el año 1990 como miembro correspondiente de la Academia Chilena de Ciencias.

Y también es relevante mencionar los aportes a la ciencia chilena de las Dras. Hilda Cid, Ligia Gargallo, Elisa Marusic y Colomba Norero. La Dra. Hilda Cid (1933), profesora de matemáticas y física de la Universidad de Chile, fue pionera en introducir la cristalografía de *Rayos X* en Chile. A su regreso de Estados Unidos, donde se especializó en biofísica molecular y en el estudio de la estructura de las proteínas, se incorporó primero a la Universidad Austral de Chile y luego a la Universidad de Concepción, donde jugó un papel destacado en investigación y en la enseñanza de la biofísica molecular. La Dra. Ligia Gargallo (1934), Química Farmacéutica de la Universidad de Chile, se doctoró en Química en 1972 en la Universidad de Lovaina, Bélgica. Ha sido pionera en el estudio de la fisicoquímica de polímeros en su laboratorio en la Pontificia Universidad Católica y es miembro de número de la Academia Chilena de Ciencias. Por su destacado trabajo, el año 2007 fue laureada por el programa internacional de L’Oreal-Unesco: “*Mujeres en Ciencia*” y el año 2014 fue galardonada con el Premio Nacional en Ciencias Naturales. Sigue la Dra. Elisa Marusic (1934), quien formada inicialmente en bioquímica y tras realizar una especialización en Fisiología en el grupo del Dr. Bernardo Houssay en Argentina y doctorarse en Ciencias Endocrinológicas en la Universidad de Yale en 1968, integró la Endocrinología a otras especialidades y participó en la formación de un número importante de investigadores básicos y clínicos. La Sociedad Chilena de Endocrinología y Metabolismo la eligió Investigadora Destacada 2010, y es reconocida internacionalmente por sus estudios pioneros de la hormona Aldosterona. Concluye este listado de científicas chilenas pioneras con la Dra. Colomba Norero (1934), titulada de Médico-Cirujana de a Universidad

de Chile, ha trabajado en pediatría investigando los efectos de la hipertensión arterial y las enfermedades renales y las infecciones por bacterias. A lo largo de su trayectoria ha tenido una participación muy destacada en distintos ámbitos académicos e institucionales del país y desde 1996 es miembro de número de la Academia Chilena de Medicina.

La situación actual de las científicas en Chile:

Tras la breve descripción anterior de las contribuciones de algunas científicas pioneras chilenas, que probablemente está incompleta, se presentan datos recientes que están disponibles en el sitio de la Agencia Nacional de Investigación y Desarrollo (ANID): <https://www.anid.cl/blog/2020/12/17/anid-publica-reporte-de-participacion-femenina-2020/>. Comenzando por un análisis del ingreso de mujeres a las carreras científicas, los datos del año 2020 indican que, del total de la matrícula universitaria en pregrado en ciencias, solo el 28% correspondió a mujeres. La misma cifra aplica para el área de ingeniería y construcción. En tanto en salud y servicios sociales, las mujeres representaron el 73% de la matrícula. Estas cifras muestran claramente que la ciencia y la ingeniería no son disciplinas preferidas por las mujeres que ingresan a la universidad. Y es interesante constatar que las académicas chilenas están menos representadas que los académicos en todas las áreas, tanto en las universidades estatales del CRUCH (38%), como en las universidades privadas del CRUCH (39%); en las universidades privadas el porcentaje es algo mayor (47%). Si se considera la representación femenina global en los distintos tramos, se constata que las mujeres representan el 55% de la matrícula global de pregrado, el 51% de la matrícula de Magister y el 43% de la matrícula de doctorado. Y en la jerarquía universitaria, las académicas representan el 43% de los profesores asistentes, el 29% de

los profesores asociados y el 22% de los profesores titulares. Unida a esta menor representación femenina en todas las jerarquías académicas, sus remuneraciones son a menudo inferiores que las de los académicos de igual jerarquía, pese a desarrollar igual labor académica.

En cuanto al reconocimiento nacional de las científicas, de los 13 premios nacionales en ciencias otorgados entre 1969 y 1991, ninguno fue otorgado a una mujer. En 1992 se crearon tres nuevas categorías: Ciencias Exactas, Ciencias Naturales y Ciencias Aplicadas y Tecnológicas. Se han otorgado 16 premios nacionales en Ciencias Exactas y solo 3 de ellos han sido otorgados a mujeres: María Teresa Ruiz, astrónoma, en 1997; Dora Altbir, física, en 2019, y Mónica Rubio, astrónoma, en 2021. De los 15 premios nacionales en Ciencias Naturales, solo tres lo han recibido mujeres: M. Cecilia Hidalgo, bioquímica, en 2006; Mary Kalin, botánica, en 2010, y Ligia Gargallo, química, en 2014. Y de los 15 premios nacionales otorgados en ciencias aplicadas, ninguna mujer lo ha recibido hasta ahora. Estas cifras indican que las científicas representan solo el 10% del total de los premios nacionales otorgados en ciencias.

Hay también un bajo número de mujeres rectoras de las universidades nacionales (5 de 59), y la participación femenina en la Academia Chilena de Ciencias es también bastante minoritaria. De los 36 miembros de número definidos por ley, solo seis son mujeres, y de los 39 miembros correspondientes en Chile, solo cinco son mujeres.

Respecto a la adjudicación de proyectos concursables financiados por ANID, la participación femenina es también minoritaria (https://s3.amazonaws.com/documentos.anid.cl/cti/ReporteDeGenero_2010-2020.pdf). En el año 2019

(últimos datos disponibles), las adjudicaciones de todos los instrumentos del programa Fondecyt en Ciencias Naturales, que representan un 36% del total de adjudicaciones de Fondecyt, solo un 27% de los proyectos lo lidera una mujer. Una participación similar se encuentra en Ciencias Agrícolas (27%) y en Ingeniería (22%). Si bien las mujeres siguen representando menos del 50% de las adjudicaciones totales, en Ciencias Médicas y en Ciencias Sociales se encuentra una mayor proporción de mujeres, con un 48% y 39% de los proyectos adjudicados liderados por mujeres, respectivamente. En el Programa Fondef, la principal área científica de financiamiento corresponde a Ingeniería y Tecnología, con 24% de proyectos liderados por mujeres el año 2019. En tanto, en Ciencias Naturales las mujeres lideran el 33% de los proyectos. Y en los proyectos asociativos, que incluyen los centros Fondap, los centros Basales y los institutos Milenio, la participación femenina como líderes de estos proyectos es también minoritaria.

Medidas para impulsar a las científicas en Chile:

Según datos de la UNESCO 2015, de entre 20 países latinoamericanos que reportaron datos en participación de mujeres en actividades científicas y tecnológicas, 5 de ellos ya alcanzaron la paridad de género, mientras que Chile se encuentra con un 32% de participación de mujeres en ciencia y tecnología ubicándose en el último tramo.

Como se mencionó en la Sección 6, desarrollar y potenciar el talento de las científicas ha sido desde hace ya varios años un tema central de las políticas de apoyo a las mujeres por parte de las academias de ciencias de diversos países. En esta línea, para promover el talento de científicas jóvenes, la Academia Chilena de Ciencias otorga anualmente desde el año

Según datos de la UNESCO 2015, de entre 20 países latinoamericanos, Chile se encuentra con un 32% de participación de mujeres en ciencia y tecnología ubicándose en el último tramo.

2012, el Premio de Excelencia Científica Adelina Gutiérrez a académicas que tengan hasta 40 años. Desde el año 2019, la Academia decidió otorgar anualmente un premio en ciencias exactas y otro en ciencias naturales. El premio consiste en la entrega de un diploma, acompañado por un monto de 1.500 dólares, y una invitación a presentar sus trabajos a la membresía en pleno de la Academia. A la fecha, se ha otorgado este reconocimiento a un total de 12 científicas, 6 del área de ciencias exactas y 6 del área de ciencias naturales.

Respecto a políticas estatales, es interesante constatar que la Comisión Nacional de Investigación Científica y Tecnológica de Chile, CONICYT, elaboró el año 2013 una Política Institucional de Equidad de Género para establecer acciones orientadas a avanzar en otorgar igualdad de oportunidades a las mujeres en el ámbito de la investigación, ciencia, tecnología, educación e innovación. El año 2016 se desarrolló un proceso de Actualización y Redefinición de la Política Institucional de Género para el período 2017-2025, que consta de tres ejes principales, que se describen a continuación.

Eje 1: Promover y potenciar la igualdad de género en el desarrollo de la actividad científica y tecnológica. Este Eje consta de tres objetivos estratégicos: (i) aumentar la participación de las mujeres en formación avanzada y proyectos de investigación y de divulgación y educación científica; (ii) aumentar el número de mujeres en los consejos y comités de evaluación de los procesos de selección de los proyectos de investigación, beca-

rios y participantes de los programas estratégicos de CONICYT (actual ANID), y (iii) incentivar a actores de la comunidad científica y tecnológica a implementar medidas de equidad de género para promover el ingreso y desarrollo de las mujeres en carreras científicas y tecnológicas.

Eje 2: Visibilizar el desarrollo de la Ciencia y Tecnología del país desde una perspectiva de igualdad de género. Este Eje posee cuatro objetivos estratégicos: (i) contribuir a la generación y difusión de conocimiento de la problemática de género en el área de la ciencia y la tecnología; (ii) aumentar el nivel de difusión de la política institucional de equidad de género y las estrategias para su implementación; (iii) aumentar el nivel de conocimiento y sensibilización de trabajadores y colaboradores de CONICYT en enfoque de equidad de género en ciencia y tecnología y la política de equidad de género como estrategia institucional transversal, y (iv) desarrollar las comunicaciones, tanto internas como externas de la institución, con perspectiva de género.

Eje 3: Instalar una cultura de equidad de género y diversidad en la gestión de recursos humanos y financieros de CONICYT. Este Eje consta de dos objetivos estratégicos: (i) desarrollar y promover la equidad de género en los procesos de compras y contrataciones de bienes y servicios externos, y (ii) desarrollar y promover la equidad de género en la gestión de recursos humanos de CONICYT, impulsando la diversidad y la conciliación de la vida laboral, familiar y personal, en procesos de reclutamiento y del desarrollo del personal de CONICYT, actual ANID.

Además, en el año 2020 el Ministerio de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación (CTCI) creó el Consejo de Género, para acompañar la construcción de una Política y un Plan de Acción de Igualdad de Género en el sistema científico. Este grupo de expertos fue convocado para realizar recomendaciones para la Hoja de Ruta de una Política de Igualdad de Género en Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación, que impulsa la Subsecretaría de Ciencia y que busca impulsar medidas que aumenten el acceso y permitan el desarrollo de investigadoras en igualdad de condiciones. Lo preside la subsecretaria, Dra. Carolina Torrealba, y lo integran José Miguel Benavente Hormazábal, economista; María Paz Epelman Medel, periodista; Miriam Lorena Henríquez Viñas, abogada; M. Cecilia Hidalgo Tapia, bioquímica; Ana María Montoya, economista; Claudio Alberto Olea Azar, químico; Adrián Palacios Vargas, neurocientífico; Verónica Undurraga Schüler, historiadora, y Yanira Andrea Zúñiga Añazco, abogada.

Para recoger la opinión de la ciudadanía, el Ministerio de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación convocó a una Consulta Pública para la Política de Igualdad de Género en CTCI, que estuvo abierta a todo público entre el 17 de diciembre de 2020 y el 24 de enero de 2021. La respondieron 1.550 personas; de ellas, el 93% cree que es necesario tener una política de igualdad de género en CTCI; el 6% se manifiesta en contra y el 1% no sabe si es necesaria esta política. Y en septiembre de 2021, el Diario Oficial comunica la aprobación de la Política Nacional de Igualdad de Género en Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación, que consta de cuatro ejes que se detallan a continuación:

Objetivo 1: Niñez inclusiva, protegida y con habilidades para el futuro. Este primer objetivo consta de tres

puntos: (i) promover la curiosidad, exploración científica y la capacidad reflexiva en la educación escolar desde las primeras edades, con el fin atraer a niñas y niños a las ciencias; (ii) proveer espacios educativos amables e inclusivos, libres de violencia y discriminación, que acojan la diversidad y reconozcan el cambio cultural que deben promover para eliminar tanto la violencia como los sesgos de género y los modelos de rol estereotipados; (iii) cerrar la brecha de género digital en mujeres y niñas. La educación digital hoy es una competencia esencial para la equidad, entrega acceso a información y oportunidades de desarrollo. Es imprescindible que las mujeres y niñas no queden rezagadas.

Objetivo 2: Sistemas de CTCI inclusivos, transformadores y responsables. Este objetivo consta de tres puntos: (i) promover la formulación y ejecución de planes institucionales sostenibles y robustos que permitan monitorear y actuar para cerrar las brechas de género en la CTCI, y les permitan erradicar las prácticas de acoso y violencia al interior de Universidades y centros de investigación del país; (ii) promover el liderazgo de mujeres en CTCI en cargos de alta relevancia, en todos los espacios de desarrollo y promoción de la investigación, transferencia y divulgación de la CTCI, tanto en las universidades y centros de investigación y desarrollo tecnológico, como en las empresas científico-tecnológicas; (iii) visibilizar a mujeres como referentes de la investigación, tecnología e innovación nacional y reconocer sus aportes a la creación de conocimiento en todas las disciplinas, como líderes que exploran y desafían lo establecido, que entregan nuevas

comprensiones, y que transforman su conocimiento en soluciones para los desafíos del país.

Objetivo 3: Un Estado comprometido con los datos, instrumentos y políticas para la igualdad de género en CTCI. Consta de tres puntos: (i) construir un sistema de recolección, sistematización, análisis y entrega de datos respecto de la participación de las niñas y mujeres en el sistema de CTCI, incluyendo la medición de indicadores sobre planes y políticas que permitan mejorar la situación en la educación primaria, secundaria, la progresión de la carrera de investigación y desarrollo e innovación y en las empresas tecnológicas; (ii) crear y transformar instrumentos y programas del Estado que promuevan el desarrollo de la ciencia, la tecnología, el conocimiento y la innovación, reconociendo la brecha de género existente en el sistema y promoviendo activamente la participación y progresión de la carrera de las mujeres en la I+D+i; (iii) robustecer a la institucionalidad pública de CTCI con programas, consejos e iniciativas que le permitan fortalecer sus procesos y políticas en materias de igualdad de género.

Objetivo 4: Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación para resolver los impactos de la brecha de género en nuestra sociedad. Este objetivo consta de dos puntos: (i) promover CTCI que nos permita comprender las brechas de género, mitigar los efectos de esta en nuestra sociedad y contribuir con herramientas concretas para abordarlas; (ii) velar para que las particularidades del género (socioculturales, biológicas, físicas, entre otros) sean tomadas en consideración como factores relevantes a la hora de crear, transferir y aplicar conocimiento.

3.- CONCLUSIONES

Los antecedentes presentados en este artículo indican claramente que aún existen prejuicios arraigados en la sociedad que limitan tanto el acceso como el adecuado desarrollo de las científicas en sus campos de trabajo. Por lo tanto, se están haciendo esfuerzos en el ámbito internacional para eliminar estas brechas de género en ciencia, lo que implica un cambio cultural importante.

Felizmente en Chile se ha aprobado recientemente la Política Nacional de Igualdad de Género en Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación. Se espera que ello permita, en el corto plazo, promover la incorporación de las mujeres a las carreras científicas, y que también contribuya a proteger sus capacidades y talentos para generar nuevos conocimientos, y así contribuir a disminuir y, eventualmente, eliminar las brechas de género en ciencia. Será interesante examinar la situación en unos años más, para poder evaluar el real impacto de esta política nacional.

4.- BIBLIOGRAFÍA

- Chen H. (2013). Inequality quantified: Mind the gender gap. *Nature* 495: 22-24.
- De Meis, L.; Machado, RCP.; Lustosa, P.; Soares V.R.; Caldeira, M.T. & Fonseca, L. (1993). The stereotyped image of the scientist among students of different countries: evoking the alchemist? *Biochemical Education* 21:75-81.
- Ding, W.; Murray, F. & Stuart T.E. (2006). Gender differences in patenting in the academic life sciences. *Science* 313:665-667.

- Dworkin, J.D.; Linn, K.A.; Teich, E.G. et al. (2020). The extent and drivers of gender imbalance in neuroscience reference lists. *Nat Neurosci* 23: 918–926.
- Lannes, D.; Flavoni, L. & De Meis, L. (1998). The concept of science among children of different ages and cultures. *Biochemical Education* 26:199-204,
- Lariviere, V.; Ni, C.; Gingras, Y.; Cronin, B. & Sugimoto, C.R. (2013). Bibliometrics: global gender disparities in science. *Nature* 504:211-213.
- Ley, T.J. & Hamilton, B.H. (2008). Sociology. The gender gap in NIH grant applications. *Science* 322:1472-1474.
- McCook, A. (2013). Women in biotechnology. Barred from the boardroom. *Nature* 495, 25-27.
- McNutt, M. (2015). Give women an even chance. *Science* 348:611.
- Merad, M. (2020). Reflections from a mother scientist. *Nat Med* 26: 1316.
- Moss-Racusin, C.A.; Dovidio, J.F.; Brescoll, V.L.; Graham, M.J. & Handelsman, J. (2012). Science faculty's subtle gender biases favor male students. *Proc. Natl Acad. Sci. USA* 109:16474–16479.

Parte 1

Nuevos espacios para la diplomacia y la ciencia

Mínimos habitantes para que la ciencia de las regiones llegue al mundo

*Paulina Assmann**

El país es un entorno privilegiado para la investigación, y hace mucho tiempo que las comunidades se adaptan a él usando el conocimiento. Eso sí, hay una perspectiva nueva que se abre recientemente con la creación de organismos que articulan la ciencia hecha en el territorio. Con las macrozonas del Ministerio de Ciencia, surge ahora la oportunidad que este conocimiento vuelva al mundo en forma científica. Para consolidar este rol, la diplomacia es clave.

EL CAMINO DE IDA: LA CIENCIA LLEGA A CHILE Y LUEGO A REGIONES

“Siempre adelante”, “siempre adelante”. No hay otra frase que explique la ciencia mejor que esa. Captura su esencia y, además, es fundamental, porque recoge el espíritu que lleva a

* Seremi de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación para la Macrozona Centro Sur.

la humanidad a desarrollar a la ciencia como un método, como una técnica, para ir siempre adelante.

Chile existe gracias a esta forma de pensar. Se ubica en el último extremo, al sur del mundo, en un confín de la cuenca del Pacífico, a las puertas del continente que aloja el Polo Sur.

¿Qué otra frase podría haber traído a los primeros habitantes a estas latitudes? ¿A desarrollar embarcaciones hechas con cueros de lobo marino inflados? ¿A recorrer los canales australes en barcas donde se resguardaba un fuego permanente? También a las olas de personas que arribaron después. En carabelas, la gran innovación de la construcción naval del Renacimiento. Usando hierro, pólvora, enviando informes al otro extremo del globo con tinta y papel.

No fue fácil llegar a Chile. Para ninguno de estos pueblos. No somos el creciente fértil, no somos un regalo del Nilo. Llegar a Chile, y vivir en estas tierras, siempre requirió un esfuerzo para adaptarse; para domesticar la papa; para desarrollar variedades de maíz que rindieran en el clima del altiplano, en la costa, entre los valles de Atacama y Biobío; para levantar edificios de adobe que, a diferencia de los que se construyen en España, soporten terremotos.

Los paisajes chilenos siempre han sido desafiantes. Obligan a pensar, a reflexionar, a plantear respuestas fuera de la caja.

La idea de laboratorio natural -sin este nombre, pero sin duda en su espíritu- viene de esta experiencia, compartida entre pueblos originarios, colonizadores, chilenos, de relacionarse con un entorno que plantea dificultades, escollos que se pueden salvar usando el ingenio, la inventiva, la creatividad.

Para ponerse al día con las naciones a la vanguardia del desarrollo científico, Chile tenía que iniciar un camino que en estos países tomó un siglo o más. Buena parte de este recorrido se ha hecho en los últimos 20 o 30 años.

Los primeros científicos que llegan a Chile, lo hacen a un territorio que tiene esta historia. Regiones diversas, donde sus habitantes plantean soluciones creativas a sus desafíos. No llegan al continente de las plantaciones, de la riqueza fácil, donde se podía “hacer la América”.

Las expediciones de Alexander von Humboldt, de Charles Darwin, de Ignacio Domeyko o de Claudio Gay tienen algo en común. En el siglo XIX, cuando se construye la república, el Estado en formación decide llamar a científicos, contactarlos por la vía diplomática, para conocer el territorio, sus minerales, su fauna y flora, su geografía... Y funcionó.

La minería chilena se desarrolló gracias a las exploraciones de Domeyko. El interés que despertó Gay por la ciencia natural, convirtió al país en un pionero en innovación agrícola y vitivinícola.

Pero el siglo XX es más complejo. Hay que poner esto en la perspectiva que nos brinda la historia de la ciencia.

En el Chile anterior al siglo XVIII, alcanzaba el ingenio para levantar una casa de adobe antisísmica o para adaptar un cultivo de maíz. En el siglo de la Independencia, bastaba invitar a un científico o a un académico. Andrés Bello, que da nombre a la Academia Diplomática, es un ejemplo. Primer rector de

la Universidad de Chile, nos dejó además el Código Civil y un compendio de gramática.

Las mayores iniciativas de investigación científica del siglo XX son de otra escala. El viaje a la Luna, significó una inversión mayor: en diez años, Estados Unidos destinó US\$ 25 mil millones de la época a la iniciativa. Cinco veces el valor total de la economía del país en 1960.

Pero no solo influyen los recursos. Detrás de estos proyectos hay equipos de investigadores y técnicos. En el caso de Apolo, 20 mil científicos y personal con formación universitaria. En el Chile de 1960, un 4,5% de sus habitantes tiene educación universitaria de cinco años o más, es decir, unas 250.000 personas.

Chile avanza, pero a otro ritmo. Por lo que para ponerse al día con las naciones a la vanguardia del desarrollo científico, tenía que iniciar un camino que en estos países tomó un siglo o más. Buena parte de este recorrido se ha hecho en los últimos 20 o 30 años. En este lapso se crearon centros de investigación regionales o como las iniciativas Milenio, Basales o proyectos Anillo, sin olvidar el generar cultura en los niños a través del programa Explora.

Recién en 2018 se crea el Ministerio de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación, el primer organismo chileno capaz de proponer políticas en el ámbito. Entonces, cabe preguntarse a qué distancia estamos. A modo de jemplo solo basta recordar que la Royal Society de Londres, que financió el trabajo de Isaac Newton, se fundó en 1660.

EL CAMINO DE VUELTA: LA CIENCIA LLEGA A REGIONES Y COMENZAMOS A PONERNOS AL DÍA

La creación del Ministerio de Ciencia resulta crucial de cara al futuro del país. Marca un punto de inflexión. Primero, por su rol articulador, porque es capaz de proponer políticas en su ámbito y defender un presupuesto. Cosas básicas si pensamos en los ministerios de salud o de educación. Pero también porque recoge esta parte de la historia chilena que se plantea arriba, la historia de las comunidades que resuelven los problemas de su entorno.

El Ministerio de Ciencia tiene cinco Secretarías Regionales Ministeriales, que son su vínculo con la comunidad científica, académica, productiva y de innovación a lo largo del país. Es un ejemplo de descentralización que comenzó apenas en 2019 y que tiene como primera misión ponerse al día con la tarea de que la ciencia se incorpore a los procesos locales.

En el caso de la Macrozona Centro Sur, un ejemplo de ello es el monitoreo de la presencia de coronavirus en las aguas residuales. El piloto comenzó en Chillán, Región de Ñuble, donde se implementaron tres puntos de análisis, uno de ellos como control, pues recibía las aguas servidas de una residencia para personas en aislamiento por contagio. La iniciativa se llama “*Poop Testing*”, y logra un indicador temprano y certero de la presencia de SARS-CoV-2 en un cuadrante urbano, al realizar un test RT-PCR de ARN en heces fecales, donde el virus aparece alrededor del tercer día de haber iniciado el contagio, es decir, una o dos semanas antes del diagnóstico clínico. Además, permite la detección hasta 21 días después de que los síntomas han desaparecido y que el test nasofaríngeal entregue resultados negativos.

La creación del Ministerio de Ciencia, es crucial de cara al futuro del país. Marca un punto de inflexión. Primero, por su rol articulador, porque es capaz de proponer políticas en su ámbito y defender un presupuesto. También porque recoge la historia de las comunidades que resuelven los problemas de su entorno.

Apenas comenzado, se detectó la presencia de coronavirus en un sector, y en coordinación con las autoridades del Ministerio de Salud se organizó un operativo de búsqueda en el polígono de interés. Se muestreó a 191 personas, y se encontraron casos asintomáticos que, afortunadamente, pudieron derivarse a una de las residencias sanitarias de la ciudad, evitando así contagios.

La experiencia se llevó a San Pedro de la Paz, en el Gran Concepción, donde funcionó un año con el nombre de Semáforo Poop Covid. Hoy se aplica en 30 comunas de la Región del Bío-bío y, entre otros logros, ha permitido detectar tempranamente casos de variante Delta en zonas donde el acceso al testeo PCR es más difícil.

En esta la iniciativa participaron la empresa sanitaria local, el laboratorio de una universidad en Concepción y el Estado, a través de la Secretaría Regional del Ministerio de Ciencia. Y ha sido referida en publicaciones científicas internacionales, comparándola con lo que están haciendo ciudades de otros continentes.

Este el camino de vuelta que lleva la ciencia realizada en el país al escenario global, donde sirve como ejemplo para otras comunidades. Es una buena nueva, un reciente, del que bien cabe sentir el mismo orgullo que cuando el deporte logra medallas o cuando se destaca un vino de calidad.

Pero se trata apenas del punto de partida, falta mucho para ponerse al día.

UN CASO EJEMPLAR, O LA DIFERENCIA ENTRE EL CAMINO DE RIPIO Y EL CAMINO ASFALTADO

¿Qué explica este logro científico, en una región ubicada a 516 kilómetros de la capital? El Gran Concepción, en particular, aglomera a 1,2 millones de habitantes, y es la segunda urbe en extensión después de Santiago. La zona cuenta con una amplia base industrial, exportadora, y concentra el 14% del gasto en I+D+i del país. Además, es por lejos la que más invierte en actividades innovativas. En 2018, último año disponible en el Boletín de Macrozonas del Ministerio de Ciencia, la Centro Sur destinó 103 mil millones de pesos a este punto.

Estas condiciones constituyen lo que se denomina mínimos habitantes para el trabajo científico. Un concepto que engloba la infraestructura, el equipamiento y el capital humano avanzado que hay en un territorio. Concepción reúne estas condiciones. Y eso atrae científicos, producen ciencia. Ello a tal nivel que aprovecha ventajas de los paisajes en otras latitudes, como el laboratorio natural por excelencia del norte, su cielo.

En la Macrozona Norte, por ejemplo, se levantan los observatorios Paranal, La Silla, Las Campanas, ALMA y APEX. En el mediano plazo, se construirán también los siguientes: GMTO, ELT y CTA. Gracias a una política de largo aliento, Chile tiene derecho de uso sobre el 10% del tiempo de observación de estos implementos. Y si bien los instrumentos están localizados en el norte, en Concepción hay programas de formación de pre y posgrado en astronomía, y sus universidades participan en centros de excelencia con financiamiento público, como el Centro de Astrofísica y Tecnologías Afines (CATA), el Instituto

Milenio de Astrofísica (MAS) y el Núcleo Milenio de Formación Planetaria (NPF).

Es posible desarrollar esta investigación en las regiones de Atacama o Coquimbo, pero hay primero que invertir en sus mínimos habilitantes, con el beneficio adicional de que estas regiones -consideradas hoy zonas de rezago económico- pueden aprovechar el impulso para su desarrollo en otras áreas. Y atacar problemáticas locales como la sequía o el desarrollo de nuevas variedades agrícolas

En este caso, estamos hablando de asfaltar el camino. Para el paso siguiente, bien vale la analogía con el camino. Para dar el salto que el país requiere para insertarse con una postura desde la ciencia, desde la tecnología, en la comunidad internacional, se puede aprovechar la ruta pavimentada que ya existe en las zonas de Valparaíso, Metropolitana o Concepción.

Pensemos en el caso del *boom* eólico en la Macrozona Centro Sur, donde se han instalado en los últimos años proyectos por US\$ 1.500 millones, algo más de lo que costó instalar el observatorio ALMA (US\$ 1.400 millones). La inversión en carpeta es similar a la que viene en proyectos de astronomía. Hay, entre las regiones VI y IX, parques eólicos planificados por un valor estimado de US\$ 2.500 millones. Si el 10% de esta cifra se destinara a investigación relacionada con energía eólica, Chile sería líder en la zona. Y no es descabellado imaginarlo, tanto en este rubro como en otros, como hidrógeno verde, minería limpia y más en los que Chile cuenta con ventajas naturales.

UNA DIPLOMACIA PARA LA CIENCIA DE REGIONES

Una diplomacia de la ciencia, con la ciencia, contribuiría enormemente al desarrollo de las regiones y sus comunidades.

Una diplomacia de la ciencia, con la ciencia, contribuiría enormemente al desarrollo de las regiones y sus comunidades. Esta apuesta beneficia también a la política de relaciones exteriores chilena.

Ahora, esta apuesta beneficia también a la política de relaciones exteriores chilena. Pensemos tan solo en la capacidad que tiene la Macrozona Centro en temas de inteligencia artificial e informática, la concesión para fabricar el pasaporte chileno y la polémica a propósito de la seguridad de datos personales que se suscitó cuando se licitó el proceso a una empresa ligada al gobierno de otro país.

Líneas más arriba planteamos la historia del país como un constante análisis del entorno, un hecho casi obligatorio para las comunidades que se han querido adaptar a vivir en el país. En distintos puntos de tiempo, con culturas diferentes, esta forma ha permeado.

Es una forma que se parece mucho a la ciencia, y que, cuando comienza a hacerse ciencia en el país, se consolida y avanza. En apenas dos años, desde la creación del Ministerio de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación, y las respectivas macrozonas, se ven frutos.

Esta necesidad de conocer, investigar el entorno para generar soluciones, beneficia directamente a las comunidades. La ciencia no es abstracta: si se implementa el análisis de aguas servidas, se salvan vidas. Si se hace un convenio que garantice tiempo en los observatorios, se crea riqueza y conocimiento. Si se aprovecha la ventaja geográfica austral, se abre una luz de esperanza frente al cambio climático. Para lograrlo, se requiere de mínimos habilitantes en infraestructura, equipamiento y capital humano. Esto puede lograrse, y la diplomacia juega un rol gravitante.

Parte **1**

Nuevos espacios para la diplomacia y la ciencia

Los temas menos conocidos para el servicio exterior

los temas más relevantes para el desarrollo de Chile - el rol en ellos de nuestra diplomacia futura

*Roberto Araos**
*Ana María Troncoso***

INTRODUCCIÓN

Este artículo tiene como propósito exponer lo que ha sido el tratamiento y desarrollo de los temas a cargo de la Dirección de Energía, Ciencia, Tecnología e Innovación o “DECYTI”, en el ámbito de nuestra Política Exterior en el pasado y, desde ese entendimiento y perspectiva, proyectar lo que debería ser su tratamiento y desarrollo en el futuro.

Son temas que prácticamente todos los países del mundo han determinado como críticos para su desarrollo y por supuesto que el nuestro no es la excepción.

Así, en Chile está medido y consignado que su bajo crecimiento se debe a una muy baja productividad relati-

* Encargado de Negocios de Chile en Irán

** Funcionaria de la Dirección de energía, ciencia, tecnología e innovación de la Cancillería.

va, la cual se explica por una muy baja tasa de innovación productiva. Está analizado y consignado también, al menos preliminarmente, el papel crítico que tendrán las energías renovables en nuestro desarrollo futuro, dado el enorme potencial inexplorado que Chile posee.

Los dos grandes temas y “desafíos país” mencionados, así como todo el resto de una vasta cantidad de materias multi sectoriales atinentes y vinculadas a la ciencia, la tecnología y la innovación, están siendo enfrentados a través de nuevas políticas públicas, planes y programas del Estado, lo que inclusive comprende reestructuraciones importantes del punto de vista de su organigrama, lo cual se ejemplifica en la creación reciente de dos nuevos Ministerios: el de Minería y Energía y el de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación.

Todos estos esfuerzos nacionales, tienen un claro correlato internacional, es decir, en la consecución de los objetivos estratégicos de desarrollo nacional en estas materias, existen múltiples elementos internacionales involucrados, los cuales recorren un espectro muy amplio de materias, desde las más típicas o tradicionales vinculadas a la cooperación, las inversiones y la transferencia tecnológica, hasta las más sofisticadas y dinámicas que se desarrollan y expresan a través de los nuevos ecosistemas internacionales de ciencia, tecnología e innovación, en constante evolución.

De manera que el marco y circunstancias en que se encuentra nuestro país en estos ámbitos hoy día, más que justifica la conveniencia de estimular una reflexión institucional interna, que aporte a clarificar y determinar el rol futuro preciso que nuestra Diplomacia debería asumir, para potenciar su aporte al desarrollo nacional en estas críticas materias.

Desde su creación, en 1901, solo 23 mujeres de un total de 632 galardonados, han recibido el Premio Nobel en Ciencias.

Al propósito primeramente enunciado, se integran en este trabajo dos visiones distintas, pero complementarias.

La primera sustentada por quien ha sido durante los últimos 12 años, la Sub Directora de la DECYTI, a cargo de temas de Ciencia y Tecnología, Sra. Ana María Troncoso. Desde ese cargo y posición, la Sra. Troncoso desarrolla un análisis que clarifica respecto de la historia de la creación de esta Dirección en el pasado, como asimismo respecto de las funciones y tareas que le son propias, sus aportes históricos y el rol que actualmente desempeña, todo ello, incluyendo una apreciación de lo que ha sido su evolución a través de los años.

La segunda, sustentada por quien ejerció el cargo de Director de la DECYTI hasta septiembre 2021 pasado, MC Sr. Roberto Araos, y que se concentra básicamente en desarrollar una reflexión sobre el rol futuro de nuestra diplomacia en estas materias.

PARTE I: PASADO Y PRESENTE DE LA DECYTI

La Dirección de Energía, Ciencia y Tecnología e Innovación (DECYTI) fue creada por Orden de Servicio N° 164 de la Subsecretaría de Relaciones Exteriores, en mayo del año 2006. A la fecha, han pasado más de 15 años desde su creación y, con ello, nuevos desafíos, cambios, mejoras y también una serie de aprendizajes.

DECYTI nació para apoyar el proceso de internacionalización de los actores nacionales involucrados en el impulso de la investigación, innovación y desarrollo, particularmente, buscando oportunidades, en estrecha coordinación con las Embajadas y Misiones de Chile en el exterior, para su inserción en las redes internacionales de I+I+D. La Orden de Servicio que creó la DECYTI estableció una serie de objetivos y funciones para la Dirección, entre las cuales destacan:

* Llevar la coordinación de Cancillería con los Ministerios de Minería y Energía y la Comisión Nacional de Energía en aspectos relacionados al aseguramiento del abastecimiento energético nacional y la diversificación de la matriz energética.

* Llevar la coordinación de la Cancillería con el Ministerio de Economía, la CORFO, Ministerios sectoriales, CONICYT y otros organismos similares en los aspectos relacionados con la dimensión internacional de la energía, innovación, ciencia y tecnologías de información y comunicación.

* Participar en negociaciones de tratados internacionales en materias de ciencia, tecnología y energía en coordinación con agentes públicos y privados.

Con el paso del tiempo, DECYTI fue ampliando su alcance. Junto con mantener las funciones establecidas mediante la Orden de Servicio N°164, la Dirección participó activamente en diversas instancias, tales como el Consejo Nacional de Innovación para la Competitividad (CNIC, hoy CNID), en el Comité Interministerial para la Competitividad y el Comité de Ministros del Sistema Bicentenario de Becas de Capital Humano en el Extranjero, aportando al desarrollo de la

Estrategia Nacional de Innovación para la Competitividad. Destaca, asimismo, la participación en las sesiones de la Comisión de Desafíos de Futuro del Senado de la República.

Respecto a las áreas de interés, la Dirección fue profundizando su trabajo en materias de innovación, capital humano avanzado, astronomía, entre otros. Se han ido sumando elementos vinculados a laboratorios naturales y, más recientemente, asuntos relacionados al problema del agua.

Asimismo, destaca el apoyo brindado desde la Dirección a los Planes Estratégicos, particularmente con California, Massachusetts, Estado de Washington y São Paulo, en específico, aquellas acciones en beneficio del Posicionamiento de Chile en Asociaciones Estratégicas con Países Afines.

Todo lo anterior, en estrecha coordinación y trabajo conjunto con distintas Direcciones de MINREL, así como, con la red de Embajadas y Misiones de Chile en el Exterior.

Esta Dirección temática suele no ser conocida por todos. Aborda materias que, hasta hace poco, no formaban parte de la política exterior tradicional. Hoy, el trabajo de DECYTI, está arraigado y forma parte permanente de la agenda política con distintos países, así como, en múltiples organismos multilaterales sectoriales.

En un proceso de difusión del trabajo de la Dirección, en el periodo 2011-2018 se publicaron alrededor de 60 boletines virtuales informativos, dirigidos a los funcionarios y las funcionarias del Ministerio, así como, a nuestras principales contrapartes de las oficinas de relaciones internacionales de las agencias sectoriales con quienes nos relacionamos.

Estos temas también se han identificado como elementos relevantes en la formación de los alumnos y las alumnas de la Academia Diplomática (ACADE). En ese sentido, en complemento a las cátedras en materia de Diplomacia Científica que impulsa dicha Academia, actualmente, DECYTI colabora con la presentación formal de los temas y prioridades de trabajo en el marco del proceso de formación de los alumnos y las alumnas en formación, así como, en el proceso de capacitación formal de los diplomáticos y las diplomáticas.

El trabajo muchas veces es de largo aliento. La astronomía es un valioso ejemplo de ello. DECYTI ha apoyado activamente el proceso de instalación de observatorios astronómicos internacionales en nuestro país. Un ejemplo concreto de dicho trabajo responde al liderazgo ejercido en las negociaciones tendientes a la suscripción, en octubre del 2011, del acuerdo entre el Gobierno de Chile y la Organización Europea para la Investigación Astronómica en el Hemisferio Austral (ESO) para la instalación del European Extremely Large Telescope (E-ELT) en el Cerro Armazones, Región de Antofagasta, a lo que se suma el reciente trabajo de articulación que permitió, en diciembre de 2021, la firma de un nuevo instrumento denominado Acuerdo de colaboración científica y tecnológica por el E-ELT entre ESO y el Gobierno de Chile.

Detrás de estas temáticas, colaboración interinstitucional y trabajo colaborativo interdisciplinario, hay un equipo profesional que ha sido muy importante en su materialización. La especialización ha sido un eje relevante en DECYTI; espacio en el que varios funcionarios y funcionarias se han especializado y aportado, desde sus distintas profesiones y experiencias laborales. Puede ser considerado como un espacio del área política de MINREL en que profesionales del servicio, conjuntamente con funcionarios/as de la planta de servicio

exterior han desarrollado y potenciado sus capacidades en pos de la materialización y puesta en marcha de iniciativas que han dado un apoyo permanente al trabajo que llevan a cabo las agencias especializadas.

Hoy estamos frente a una DECYTI más robusta, abierta a nuevos temas y desafíos que nuestro país presenta en la esfera de investigación, innovación y desarrollo; cuyas materias forman parte activa de la agenda política del Ministerio.

La misión de DECYTI es facilitar la vinculación de las políticas de Chile en energía, ciencia, tecnología, conocimiento e innovación con la política exterior, a través de la generación de alianzas estratégicas con Estados afines, organismos y actores relevantes, tanto en la esfera bilateral, como multilateral y regional, con el propósito de fortalecer y complementar las capacidades nacionales en dichos ámbitos.

Su objeto principal se orienta a la inserción profunda de Chile en las redes internacionales de I+D+i, abriendo la posibilidad de diversificar nuestra matriz energética, así como ampliar las capacidades de exportación y producción, favoreciendo la proyección como un país exportador de servicios sofisticados de base tecnológica.

Lo anterior se traduce en, la práctica, en un trabajo estrecho y coordinado con las agencias sectoriales especializadas y, con ello, la incorporación de estos temas en la agenda de trabajo con distintos países e instancias multilaterales, particularmente la programación y materialización de trabajos conjuntos y reuniones políticas.

En esta línea, desde la perspectiva en materia de ciencia y tecnología, destaca el trabajo que se ha llevado a cabo

conjuntamente con Direcciones homólogas en el Cono Sur, específicamente con las Direcciones de Ciencia y Tecnología de las Cancillerías de Brasil y Perú, con quienes hemos establecido mecanismos formales de colaboración en ciencia, tecnología e innovación (llamadas Comisiones Mixtas), así como, propiciado un trabajo articulado en instancias multilaterales sectoriales, como por ejemplo, en las sesiones ordinarias de la Comisión de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo de la UNCTAD.

Finalmente, son muchas las materias que destacan en la descripción histórica de DECYTI, varios hitos e instancias que hacen de esta Dirección un espacio propicio para apoyar la vinculación de las políticas de Chile en energía, ciencia, tecnología, conocimiento e innovación con la política exterior.

PARTE II: ROL DE LA DIPLOMACIA, LINEAMIENTOS ESTRATÉGICOS FUTUROS PARA LA DECYTI Y LA CANCELLERÍA

En base a la experiencia acumulada durante la carrera como diplomático, así como en Santiago a cargo de áreas administrativas y de gestión de la Cancillería, en cuanto asumí como Director de DECYTI a principios del 2021, comencé a analizar el trabajo de mi Dirección y los temas a su cargo, así como las posibilidades de potenciar dicho trabajo del punto de vista de la gestión, nada nuevo en realidad, lo que cualquier Director que asume hace normalmente.

Al poco andar pude visualizar que el principal desafío, previo a pensar siquiera en cualquier mejoramiento en la gestión y los procedimientos, o los procesos de planificación y control de resultados, era el determinar con precisión el rol que le correspondía ejercer a nuestra diplomacia en estas materias, a la Cancillería como un todo.

En función de ello elaboré un documento que se denominó “Propuesta de Lineamientos Estratégicos para la Acción”, el cual fue presentado a la autoridad superior en septiembre 2021 pasado, como una aporte al trabajo futuro de la Dirección -o Departamento en el recién publicado nuevo organigrama- y sobre todo, como un aporte a la reflexión sobre el direccionamiento de ese trabajo, hacia el objetivo de lograr integrar estos temas de futuro en la agenda de nuestra Política Exterior, de una forma mucho más profunda y proactiva, en la que respetando las competencias últimas en estas materias que detentan las instituciones nacionales a cargo, nos posiciono no obstante de manera muy clara en sus “cadenas de valor” institucionales, donde el valor agregado de la Política Exterior ejecutada por la Cancillería, sea incuestionable, reconocido y definitorio, sobre todo y principalmente para sus estrategias de internacionalización.

El documento en cuestión se expone a continuación, no en todas sus partes, sino mas bien en lo que son los capítulos más conceptuales del mismo y más atingentes por lo tanto a este artículo, de acuerdo a lo siguiente:

CAPÍTULO I: ENERGÍA, CIENCIA, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN, NUEVOS DESAFÍOS PARA LA DIPLOMACIA DE CHILE - REFLEXIONES PRELIMINARES

¿Cuál es rol de la Cancillería?

Respecto de los temas de Energía, Ciencia, Tecnología e Innovación, a cargo de DECYTI, las grandes preguntas para nosotros, los diplomáticos, antes de hablar de una Diplomacia del Hidrógeno o Digital o Científica/Tecnológica y de Innovación, deberían ser las siguientes: ¿Cuál es el rol que le corresponde desempeñar al cuerpo diplomático del Servicio Exterior de acuerdo a la ley en éstas materias? y enseguida,

¿cuál es el rol que actualmente desempeñamos en la práctica? y, en esta comparación, si es una distinta a la que deberíamos asumir, ¿cómo hacer para modificarlo?

Por lo tanto, una reflexión preliminar respecto de las preguntas antes enunciadas se impone como el lógico y necesario paso previo para poder definir algunos lineamientos estratégicos centrales, que guíen el trabajo de DECYTI en el futuro.

¿Cuál es el rol de la Cancillería de acuerdo con la ley?

Si nos guiamos por su texto, ese rol se encuentra claramente definido en los primeros artículos de la nueva ley 21.080 de 2018, en términos que aplican a todos los temas, incluyendo a los que ocupan esta reflexión. En esencia, la nueva ley indica que, con las directivas emanadas desde la Presidencia de la República, es deber del Ministerio de RR.EE. elaborar y desarrollar una Política Exterior al servicio del desarrollo nacional, para lo cual - y entre otros objetivos - debe coordinar las actividades de las entidades públicas y privadas que inciden en la Política Exterior, las cuales tienen, asimismo, el deber de coordinarse en el ejercicio de las funciones que presenten dicho componente de incidencia en la Política Exterior nacional.

Esta definición, que describe nuestra Misión institucional como aquella consistente en elaborar y desarrollar una Política Exterior al servicio del desarrollo nacional, innova al exponer, adicionalmente y por primera vez de manera explícita, lo que siempre se entendió de manera implícita, que formaba parte de ese quehacer: el deber de coordinar a las entidades públicas y privadas que inciden en la Política Exterior.

Respecto de materias científicas y técnicas tan complejas y especializadas - y alejadas de las de nuestra competencia institucional y quehacer tradicionales – como son de las que trata este análisis, una interpretación posible y, más que eso, intuitivamente espontánea, podría hacernos pensar que nuestra función debería ser una posicionada en la esfera de la simple observación, reacción y acompañamiento, respecto de acciones que otras entidades nacionales definen, planifican y despliegan o pretenden desplegar en el exterior y que, por lo tanto, pueden tener una incidencia o efecto directo o indirecto en la Política Exterior del país.

No obstante, de acuerdo con esa misma definición legal, se puede apreciar claramente, que solamente coordinar lo que autónomamente deciden hacer internacionalmente otras entidades públicas o privadas en estas materias, es una suerte de cota inferior o mínimo, puesto que ese trabajo se inscribe “entre otras materias” que la ley indica debe realizar la Cancillería, para que nuestra Política Exterior se ponga plenamente al servicio del desarrollo nacional.

En otras palabras, nada impide, legalmente hablando, que la Cancillería pueda planificar y desarrollar, coordinada y proactivamente, planes y acciones adicionales, que complementen y refuercen los planes y acciones internacionales de actores nacionales internos, superando el paradigma de la simple coordinación reactiva.

Así, desde el punto de vista legal, se puede decir que la indicación de “desarrollar una Política Exterior al servicio del desarrollo nacional”, deja el espacio necesario -y más que eso, define la obligación- para la proactividad en la gestión e incorporación de estos temas en nuestros objetivos de Política Exterior, a través de instrucciones para las Embajadas e inclu-

so, en lo posible e idealmente, a través de metas individuales a nivel de funcionarios, abriéndose así un espacio para un aporte de mayor valor hacia los actores nacionales internos y sus objetivos sectoriales en estas materias.

En realidad, el avanzar en esta dirección precisa, simplemente es consistente con el Propósito de nuestra Institución, es decir, por qué hace lo que hace, la razón misma de su propia existencia, que es la de aportar al desarrollo nacional a través del diseño y ejecución de una Política Exterior a su servicio.

¿Cuál es el rol que actualmente desempeñamos como Cancillería?

Respecto de lo expuesto, el problema que la Cancillería enfrenta en estos temas de alta especialización -y varios otros similares, debe decirse- es que, nuestras contrapartes nacionales, en general y desde hace mucho, nos posicionan en un espacio de su accionar, que implícitamente responde a la concepción más reduccionista del papel que la ley nos asigna, en términos más que nada de apoyo y coordinación logística.

Se aprecia que la función que, como mínimo, debemos desempeñar en dicho ámbito del apoyo logístico y de la coordinación, sí lo desempeñamos en propiedad - al menos en la medida que los actores internos que desarrollan acciones en el exterior o con impacto directo en el exterior, nos lo comunican y se coordinan - lo que en eventos o acciones de importancia ocurre la mayoría de las veces, más aún a partir de la nueva ley de la Cancillería que impone la coordinación como un deber legal.

Lo anterior no se observa con frecuencia, sin embargo, cuando hablamos de una dimensión de coordinación o trabajo colaborativo de mayor complejidad, profundidad o amplitud, que supere lo simplemente logístico, dimensión en la cual se nos incorpore con funciones y tareas específicas en las estrategias de internacionalización y planes de acción de mediano y largo plazo, a través de los cuales dichos actores internos buscan apoyar el logro de sus objetivos sectoriales nacionales. De esto último prácticamente no participamos, ni en su diseño y gestación, ni en su operación, ni en la necesaria retroalimentación y análisis respecto de los impactos esperados versus los resultados finales obtenidos.

Posiblemente, o más bien, lógicamente, actúan de esta forma también, en tanto no perciben un mayor aporte para sus objetivos sectoriales, a obtener de un tal trabajo colaborativo más profundo con nosotros, mientras que, a contrario sensu, actúan en temas de apoyo logístico externo en que la claridad respecto del valor del aporte diplomático es insoslayable.

Una excepción que -hasta cierto punto- confirma la regla, es la de la implementación de la estrategia nacional internacional del Hidrógeno Verde, en la que el Ministerio de Energía definió una serie de acciones internacionales con determinadas contrapartes internacionales de interés prioritario, para las que se requería ineludiblemente del tradicional apoyo logístico de la parte diplomática, para efectos de contactar gobiernos, agencias y compañías, firmar acuerdos, armar agendas de reuniones, concertar viajes e itinerarios y así sucesivamente.

En este caso, sin embargo, cumplidos los programas y firmados los acuerdos, a diferencia de casos anteriores, se puede distinguir una línea nueva y diferenciadora, en tanto se

están efectuando diversos esfuerzos institucionales – incluyendo los del propio Ministerio de Energía por supuesto - para lograr una integración posterior de los equipos diplomáticos del Servicio Exterior, a lo que se indicaba anteriormente, a una estrategia y plan de acción internacionales de mediano y largo plazo.

Si bien en etapa de progreso incipiente, DIPLANE ha jugado un rol importante conectando metodológicamente los objetivos sectoriales nacionales del Ministerio de Energía en esta materia del H2V, con instrucciones para las Misiones en el exterior. Lo mismo puede decirse de PROCHILE y SUBREI, que están trabajando estrechamente con dicho Ministerio de Energía en una estrategia de largo plazo. Es en este marco, a su vez, que DECYTI está coordinando un trabajo con DIPLANE y PROCHILE, para establecer un plan piloto en dos Embajadas que no cuentan con Agregadurías Comerciales, para efectos de integrar a sus equipos diplomáticos a su estrategia y plan de negocios en materia de H2V.

No obstante, este proceso que avanza en el desarrollo de una “diplomacia del hidrógeno verde”, tal y como la definiera el propio Ministro de Relaciones Exteriores, aún tiene un camino por recorrer en términos del diseño e implementación de una nueva metodología y cultura de trabajo con las contrapartes del sector nacional de la energía, a efectos de lograr una integración más profunda de los cuadros diplomáticos del servicio exterior, a la estrategia de internacionalización sectorial y su “cadena de valor”, en un trabajo mucho más colaborativo y de “equipo”. Sin perjuicio de lo anterior, la buena noticia, no obstante, es que se aprecia un avance en la dirección correcta en una materia de alta importancia estratégica para el desarrollo de Chile, la cual debe ser integrada al diseño y desarrollo de nuestra Política Exterior de largo plazo.

Como ya se mencionó, siendo la anterior una “excepción que confirma la regla”, este mismo panorama no se aprecia en otras materias, en particular aquellas que no han contado con el alto nivel de claridad estratégica e impulso político que ha tenido la del H2V, como para inducir de manera natural un nivel de mayor involucramiento de los cuadros diplomáticos, en un trabajo de mayor nivel de complementariedad con los actores nacionales a cargo, como es el caso de las materias de Ciencia, Tecnología, Innovación e Innovación con base productiva (lo que se conoce como I+D+i) que forman parte del resto de los grandes temas a cargo de DECYTI.

En efecto, la experiencia muestra que en dichas materias, la mayoría de las instituciones que forman parte de nuestro ecosistema nacional en Ciencia, Tecnología e Innovación, recurren y hacen partícipes a nuestras Embajadas y cuadros diplomáticos de sus estrategias de internacionalización solo respecto de temas mayormente logísticos y puntuales, más que a través de estrategias y planes de acción de mediano y largo plazo, en los cuales se nos otorgue un papel específico a desarrollar para colaborar y lograr los resultados que dichas estrategias y planes buscan conseguir. Podemos citar, por ejemplo, al ecosistema universitario, el cual funciona de manera casi completamente independiente y solo cuando requiere algún apoyo muy específico es que nos contactan y piden nuestra intervención. Lo mismo puede decirse del ecosistema de innovación y emprendimiento nacional en general.

Es necesario considerar también que esta situación no necesariamente es siempre una derivación de que no se perciba un valor agregado suficiente del hacernos parte, sino que más bien se ha constatado, al menos en algunos casos, que esto se debe simplemente a que dichos actores nacionales en

realidad no cuentan con estrategias de internacionalización bien definidas.

Tampoco puede dejar de mencionarse que la señalada falta de definición y claridad en las estrategias de internacionalización que, en algunos casos, se logra percibir por parte de actores nacionales a cargo de estas materias, se entiende es una consecuencia natural de un ecosistema nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación que está en una suerte de proceso de creación/transición que aún no termina de estabilizarse. Sin ir más lejos, baste mencionar que el propio Ministerio de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación junto con la Agencia Nacional de Investigación y Desarrollo, son ambos una creación reciente que responde, precisamente, al cambio de paradigma que se busca impulsar en el país en estas materias.

En otras palabras, como responsables de apoyar de la mejor manera posible los procesos de internacionalización de nuestro ecosistema nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación, actualmente enfrentamos la complejidad adicional de confrontar un “cuadro en movimiento”.

Por otra parte, no puede dejar de mencionarse que, en ocasiones, se observa un trabajo colaborativo de mayor profundidad, cuando a nuestras contrapartes nacionales se les presentan propuestas de valor que son consistentes con sus objetivos sectoriales y las estrategias de internacionalización que los apoyan. De esto último existen ejemplos, aunque son los menos numerosos y como se dijo no son, en estricto rigor, colaboraciones que surjan en el contexto de la aplicación de una estrategia y plan de acción de las que se nos haga partícipes, sino más bien de propuestas de valor elaboradas por la propia DECYTI, o bien de nuestras Embajadas y cuerpos

diplomáticos que las identifican y “levantan” de los medios locales en los que operan.

En síntesis, de acuerdo con el Propósito de nuestra Institución, es claro que, en estas materias, todo lo que deberíamos hacer institucionalmente para que el mismo se cumpla de acuerdo a la ley – Misión – no lo estamos haciendo, lo cual llama a la definición de nuevos direccionamientos para el trabajo de DECYTI o, como se enunció inicialmente, nuevos lineamientos estratégicos para la acción, que apoyen y contribuyan al diseño, elaboración y ejecución de una Política Exterior que integre de una mejor manera estos temas de alta importancia para el futuro de Chile.

Dado que nuestro rol actual es distinto al que debería ser, ¿cómo hacer para modificarlo?

Evidentemente la respuesta a esta pregunta no es fácil ni directa. Sin embargo y como en todo desafío institucional y estratégico, dicha respuesta sólo puede comenzar a elaborarse a partir de algo previo: unas adecuadas definiciones y un diagnóstico respecto del Propósito, Misión y Visión de la organización.

Las reflexiones iniciales anteriores responden precisamente a esa lógica y relevan claramente que existen un Propósito y una Misión institucionales que en este ámbito de materias no se están cumpliendo a cabalidad. Al mismo tiempo, se insinúan los fundamentos para la definición de una Visión propia sobre nuestro rol futuro, una Visión sobre la cual, de ser adoptada por la autoridad institucional, se pueda comenzar a diseñar y a desarrollar una respuesta acorde al desafío planteado.

En este caso se propone que esa Visión sea la siguiente: lograr cuadros diplomáticos capaces de operar e integrarse, a través de un trabajo colaborativo y de equipo, a espacios superiores en las cadenas de valor de las estrategias de internacionalización de los principales actores nacionales que llevan estas materias.

De adoptarse esta propuesta de Visión estaríamos logrando el primer paso indispensable, cual es el de lograr fijar la dirección hacia la cual debemos movernos. El segundo paso requiere lograr identificar “el cómo” logramos materializar aquello que establecemos como Visión institucional.

Evidentemente la respuesta a esta segunda pregunta es más compleja que la primera, y pasa por lograr identificar y ocupar un espacio de operación en el que podamos integrarnos con aportes de mayor valor a los equipos de actores nacionales, que requieren desplegar estrategias y acciones internacionales para lograr sus objetivos internos ya sea privados, de política pública o mixtos.

La complejidad de la solución se acentúa, si tenemos en cuenta que, en materias de tan alta especialización, el proceso de “identificación” y “ocupación” de un espacio operativo distinto y superior al de nuestro rol efectivo actual, muy probablemente va de la mano de un proceso “constructivo”. Esto quiere decir que no se trata solo de identificar desde lo teórico hacia donde debemos movernos, porque para lograr realmente “ocupar” ese espacio nuevo y superior de colaboración y trabajo - que hoy en estricto rigor no existe - muy posiblemente tendremos que, al mismo tiempo, irlo construyendo nosotros mismos, desde la práctica, en un proceso progresivo, simultáneo e interdependiente. Los lineamientos

estratégicos para la acción que se describen más adelante, siguen precisamente esa lógica.

Se definen entonces, en los capítulos siguientes, dos lineamientos estratégicos básicos, los cuales se aprecian como apropiados y conducentes, en términos simplemente lógicos y de sentido común, a efectos de guiar el trabajo y la acción futura institucionales, en consistencia con la Visión antes relevada como la más apropiada para nuestra Cancillería, en estas materias de futuro tan críticas para el desarrollo de Chile.

Si dicha Visión se logra materializar, que es a lo que toda esta propuesta en definitiva apunta, lo esperable será que el trabajo diplomático de la Cancillería, en coordinación con esta DECYTI, iniciará todo un nuevo ciclo de contribución a nuestros objetivos sectoriales nacionales en estos temas críticos, aporte que será, comparativamente con lo precedente, de un valor absolutamente superior, contribuyendo así al mejor cumplimiento del fin último de nuestra institución, cual es el de “elaborar y desarrollar una Política Exterior al servicio del desarrollo nacional”.

CAPÍTULO II: FORMACIÓN Y CAPACITACIÓN EN EL ECOSISTEMA NACIONAL DE CIENCIA, TECNOLOGÍA, CONOCIMIENTO E INNOVACIÓN, Y EN EL SECTOR ENERGÍA

Resulta de simple sentido común visualizar que para iniciar un proceso de “construcción” de un nuevo espacio de interacción de más profundidad y contenido con nuestras contrapartes nacionales, cuyos ámbitos de acción son altamente especializados, el avanzar nosotros mismos hacia algún grado mínimo de especialización es imprescindible, para lo cual debemos conocer y entender al sector de la Energía y al

ecosistema nacional de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación en que nuestras contrapartes se insertan y operan, que es de suyo vasto y complejo.

Se propone aquí entonces y como primer lineamiento estratégico principal, el inicio de un esfuerzo institucional integral en materia de formación y capacitación respecto de dicho ecosistema y sus actores, así como respecto de sectores y temas específicos de particular relevancia, apuntando a lograr una comprensión amplia de nuestras fortalezas y debilidades nacionales más críticas. Como bien se comprenderá, este entendimiento es crucial para poder visualizar y proyectar las oportunidades y desafíos que se enfrentan en el medio internacional, así como identificar oportunidades de valor y a las contrapartes internacionales más relevantes en una proyección del trabajo diplomático de mediano y largo plazo.

CAPÍTULO III. PROFUNDIZACIÓN PROACTIVA DE LA VINCULACIÓN PRÁCTICA CON EL ECOSISTEMA: CAMBIO DE PARADIGMA

Este segundo lineamiento estratégico principal surge, como se indicó al principio, desde la perspectiva de que no será suficiente estudiar y conocer a las contrapartes nacionales, las materias específicas más relevantes que tratan, o la conexión operativa del ecosistema en general con sectores y problemas específicos nacionales, para lograr “construir” un espacio superior de vinculación, gestión y aporte de la Cancillería en todas estas materias, a través de una Política Exterior que las integre de una manera mucho más focalizada en lograr impactos relevantes para el ecosistema nacional.

Parece claro que, adicionalmente y en paralelo, habrá que desarrollar un esfuerzo institucional consciente y sostenido para avanzar en esa dirección, la de proactivamente trabajar

más profunda y directamente con dichas contrapartes. Hablamos en principio de los mismos actores identificados en el Módulo II.1 anterior.

Una forma práctica de comenzar a trabajar este cambio de “paradigma” en nuestro relacionamiento con los actores nacionales internos, es visualizarlos directamente como “clientes”, a los cuales debemos aproximarnos primero desde la perspectiva de “conocerlos y entenderlos” en sus objetivos y necesidades y, particularmente, en los objetivos y necesidades de apoyo internacional que de ellas se derivan, que es a lo que en realidad apunta de manera específica el primer lineamiento estratégico contenido en el Capítulo II.

Al mismo tiempo, debemos partir del supuesto de que, en algunos casos, estos “clientes” en realidad no cuentan con estrategias y planes de internacionalización mayormente evolucionados o definidos y que, por lo tanto, existe un espacio no menor de oportunidad para trabajar con ellos en ese ámbito y, sobre todo, para aportarles con ideas y direccionamiento, a efectos de lo cual, nuevamente, el avance que vayamos logrando a través de las acciones definidas en el Capítulo II anterior, que involucran la consecución de un mayor nivel de comprensión de los desafíos que enfrentan, así como de las debilidades y fortalezas del ecosistema en que se insertan, será de gran ayuda.

En consistencia con estas dos realidades, se propone aquí una estrategia de trabajo en dos frentes diferentes también. El primero desde la perspectiva de que existirán casos particulares en los que nuestra contraparte tendrá un cierto nivel de claridad respecto de sus estrategias de internacionalización y, por lo tanto, serán capaces de solicitarnos apoyos y colaboraciones específicas.

La otra perspectiva será la de que, no existiendo tal claridad o nivel de definición, será de nuestro cargo el plantearles colaborar al diseño de una estrategia internacional que aún no está bien definida, así como también el proponerles ciertas ideas o proyectos específicos de potencial relevancia para ellos, los cuales serán previamente identificados y trabajados por la propia DECYTI en coordinación con nuestras propias Misiones en el exterior.

REFLEXIÓN FINAL

La pertinencia de todas estas consideraciones respecto del rol futuro de nuestra diplomacia en los temas que son y serán cada vez más críticos para el desarrollo de Chile, se reflejan todas ellas de manera extraordinariamente clara, en el extracto de las “Recomendaciones Especiales” finales que emergieron para la carrera diplomática en España, en noviembre de 2021 (ver link más abajo) pasado, a partir de un estudio encargado por la Canciller González Laya en función de la percepción generalizada existente en ese país, en el sentido de que “la carrera diplomática española hace tiempo que no funciona como debería”.

Dice así la segunda recomendación final del referido estudio que consideró un análisis comparado internacional:

“En varios de los países examinados, la diplomacia constituye una carrera especial dentro de la administración pública. De hecho, en las últimas décadas, la evolución de la profesión ha permitido a los diplomáticos, y a la Administración Pública en general, aprovechar las experiencias y versatilidad de la profesión para apoyar a otras Administraciones del Estado o empresas privadas en la mejora de la capacidad de proyección exterior. Se recomienda reforzar la colaboración con especialistas, académicos y no académicos, y los diferentes actores relevantes

para que los diplomáticos puedan jugar un papel central en promover un ecosistema que incluya a todos los stakeholders”.

La propuesta hecha a la autoridad entonces, es plenamente consistente con el camino de desarrollo futuro que otras Cancillerías están considerando como el más relevante y apropiado respecto de los desafíos globales, buscando posicionarse de manera mucho más clara y relevante en las “cadenas de valor” de otras contrapartes institucionales, para como se dijo al inicio de la II parte de este artículo, en nuestro ecosistema nacional: “el valor agregado de la Política Exterior ejecutada por la Cancillería, sea incuestionable, reconocido y definitorio, sobre todo y principalmente para sus estrategias de internacionalización”.

El OIEA y Chile: Una Alianza para el Progreso

*Rafael Mariano Grossi**

A finales del verano de 1960, la Sede del Organismo Internacional de Energía Atómica no era más que un boceto en una lámina arquitectónica. El personal del Organismo trabajaba desde el Grand Hotel de Viena, situado en el Ring, esa elegante avenida de edificios imperiales todavía surcados por las cicatrices de la Segunda Guerra Mundial.

En todo el mundo, la promesa que encerraba la energía nuclear entusiasmaba a científicos e industriales por igual. Las economías repuntaban y la generación de la posguerra alcanzaba la mayoría de edad. La luna estaba al alcance y en la tierra las primeras computadoras sentaban las bases de la cuarta revolución industrial.

Con todo, en mitad de ese optimismo, la amenaza de una guerra nuclear ensombrecía ampliamente un mundo políticamente dividido.

* Director General del Organismo Internacional de Energía Atómica.

En ese contexto Chile, todavía tambaleante tras los efectos devastadores de uno de los seísmos más potentes jamás registrados, se incorporó como Estado Miembro del OIEA el 19 de septiembre de 1960. Decir que las relaciones entre Chile y el OIEA han crecido y avanzado desde ese año crucial es quedarse cortos.

El OIEA, que por entonces tenía 74 Estados Miembros, 593 funcionarios y un presupuesto de menos de 6 millones de dólares, cuenta ahora con 173 Estados Miembros, 2.560 funcionarios y un presupuesto de 390 millones de dólares. En ese mismo lapso, Chile ha visto crecer su población de 8 a 19 millones de habitantes y su PIB ha pasado de 4.000 a 253 mil millones de dólares.

Actualmente, el OIEA y Chile se sirven de la ciencia y las técnicas nucleares para ayudar al país a progresar en la consecución de 9 de los 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible de las Naciones Unidas.

Desde que se incorporó al OIEA, Chile se ha adherido a casi todos los marcos jurídicos o normativos internacionales más destacados del ámbito nuclear, desde la seguridad tecnológica y la seguridad física hasta las salvaguardias o la responsabilidad civil por daños nucleares. Al hacer suyas las responsabilidades y las oportunidades que le confiere ser miembro del OIEA, Chile es un ejemplo de cómo un Estado Miembro puede ayudar al Organismo a construir un marco y una cultura de salvaguardias y de seguridad tecnológica y seguridad física robustos y capaces de responder a las oportunidades y los riesgos en constante evolución inherentes a la ciencia y la tecnología nucleares, y aprovechar al máximo, al mismo tiempo, la asistencia prestada por el OIEA con respecto al uso de la ciencia y la tecnología nucleares para

Chile ha demostrado su compromiso con la seguridad nuclear y radiológica y la supervisión reglamentaria mediante, por ejemplo, el desarrollo de capacidad técnica para prestar servicios de dosimetría biológica en casos de sobreexposición.

mejorar la vida y los medios de subsistencia de sus propios ciudadanos y los de sus vecinos.

Antes de analizar las ventajas que comporta ser miembro del OIEA, veamos los pilares sobre los que se sustentan los usos pacíficos de la energía nuclear, y el papel que desempeñan Chile y el OIEA para preservarlos.

El sector nuclear se rige por una cultura global donde prima la seguridad. Esta cultura está respaldada por un marco jurídico potente y ágil y por una red internacional de comunicación y colaboración en cuyo centro se encuentra el OIEA. En los años posteriores al accidente que tuvo lugar en 1986 en la central nuclear de Chernóbil, el OIEA ayudó a la comunidad internacional a extraer enseñanzas fundamentales, revisar y renovar la tecnología que había en las centrales nucleares y reevaluar la manera de explotar esa tecnología. Operadores y reguladores traspasaron sus propias fronteras y, junto con el OIEA, construyeron una cultura que antepuso la seguridad a todo el resto. Tras el accidente de 2011 en la central nuclear de Fukushima Daiichi, el OIEA prestó asistencia a los países para que redoblaran sus esfuerzos destinados a aplicar universalmente las buenas prácticas cruciales para preservar ese sistema que antepone la seguridad.

Año tras año, el OIEA sigue apoyando este cometido, ya sea facilitando exámenes transfronterizos por homólogos, organizando ejercicios de emergencia internacionales, ofre-

ciendo sus servicios de expertos, actuando como centro de comunicación en caso de emergencias o elaborando y divulgando normas y orientaciones en materia de seguridad. Países de todo el mundo, incluso aquellos que carecen de centrales nucleares, desempeñan funciones sumamente importantes en la preservación de este régimen internacional de seguridad nuclear. Chile no explota ninguna central nuclear, pero utiliza materiales nucleares de otras maneras. Por ejemplo, el reactor nuclear de investigación chileno RECH 1 produce radioisótopos para el diagnóstico y el tratamiento de enfermedades. El OIEA colabora con Chile, que está estudiando la manera de mejorarlo, tanto en lo que respecta a su tecnología como a los conocimientos necesarios para utilizarlo de la manera más eficaz, eficiente y segura posible.

Entretanto, Chile apoya la seguridad nuclear internacional en la medida en que es parte en acuerdos clave, como la Convención sobre Seguridad Nuclear, la Convención Conjunta sobre Seguridad en la Gestión del Combustible Gastado y sobre Seguridad en la Gestión de Desechos Radiactivos y, en materia de responsabilidad civil, la Convención de Viena sobre Responsabilidad Civil por Daños Nucleares.

El derecho nuclear puede ser complicado y el OIEA ayuda a asesorar de manera directa, mediante el examen tanto de proyectos de legislación como de sus versiones finales, y a través de seminarios, publicaciones y talleres. En 2018, Chile acogió un taller de esas características que congregó a asesores jurídicos, funcionarios y expertos de 18 Estados Miembros del OIEA de América Latina y el Caribe.

Los reglamentos y normas de seguridad pueden parecer esotéricos sobre el papel, pero su cumplimiento es un cometido práctico y técnico, que exige una mejora y un aprendizaje

continuos. Es ahí donde el OIEA puede ayudar a los Estados Miembros de diversas maneras. Por ejemplo, en 2007 y 2017 Chile acogió misiones del Servicio de Evaluación de la Protección Radiológica Ocupacional (ORPAS) del OIEA. Durante la segunda misión, un grupo de cuatro expertos superiores de Brasil, Costa Rica, Argentina y el OIEA, visitaron diversas instituciones de Chile, entre ellas hospitales, una instalación de producción de radioisótopos, una instalación de irradiación industrial, una planta de gestión de desechos y laboratorios que prestan servicios de dosimetría y calibración. Asimismo, el grupo ORPAS examinó documentos, observó procesos y entrevistó a miembros del personal antes de formular sus recomendaciones.

Chile demostró también su compromiso con la mejora continua al solicitar, en 2018, el Servicio Integrado de Examen de la Situación Reglamentaria (IRRS) del OIEA. Integrado por expertos internacionales, el grupo del IRRS evaluó durante 12 días el marco regulador del país en materia de seguridad. La misión, acogida por la Comisión Chilena de Energía Nuclear (CCHEN), abarcó todas las instalaciones y actividades civiles con fuentes nucleares y de radiación del país, sometidas a regulación. Se llegó a la conclusión de que Chile había demostrado su compromiso con la seguridad nuclear y radiológica y la supervisión reglamentaria mediante, por ejemplo, el desarrollo de capacidad técnica para prestar servicios de dosimetría biológica en casos de sobreexposición. La misión también formuló recomendaciones, como que el Gobierno revisara el marco jurídico y regulador en materia de seguridad nuclear, radiológica, del transporte y de los desechos para que sea plenamente coherente con las normas de seguridad del OIEA más recientes, y que garantizara la separación funcional entre el órgano regulador y las entidades con responsabilidades o intereses que pudieran influir inde-

bidamente en la adopción de decisiones. Chile ha respondido favorablemente y el proceso sigue en curso.

Ahora bien, aún con reglamentos y actividades nucleares sólidas, y pese a las ínfimas probabilidades de que se produzca un suceso significativo, debemos estar siempre preparados para lo peor. Dado que un accidente o incidente puede tener repercusiones que trascienden las fronteras nacionales del lugar de los hechos, la colaboración se impone. Con la firma y ratificación de la Convención sobre la Pronta Notificación de Accidentes Nucleares, Chile ha accedido a trabajar con el OIEA para alertar a otros en caso de accidente. También ha firmado y ratificado la Convención sobre Asistencia en caso de Accidente Nuclear o Emergencia Radiológica, que proporciona un marco internacional para facilitar la rápida solicitud y prestación de asistencia.

De esta manera, Chile afianza la importante labor del OIEA y, en particular, del Centro de Respuesta a Incidentes y Emergencias del Organismo. Esa estrecha colaboración reporta grandes beneficios a Chile y a sus ciudadanos. Por ejemplo, en 2020 el OIEA ayudó a Chile a poner a prueba su respuesta a través de los medios sociales ante una amenaza para la seguridad física nuclear. Antes del ejercicio, los oficiales de información pública del Centro de Respuesta a Incidentes y Emergencias del OIEA capacitaron al personal de la CCHEN en el uso de un simulador de medios sociales, una plataforma segura que simula Facebook, Twitter, YouTube y otros canales. Esta plataforma permite que grupos de información pública que trabajan en comunicación de emergencias, desde cualquier parte del mundo mantengan intercambios realistas con un público falso a través de medios sociales durante una emergencia ficticia. La realización del ejercicio en un entorno cerrado permite poner a prueba y evaluar los procedimientos

de emergencia sin riesgo de alarmar a la población. Solo los grupos podían ver el ejercicio chileno a medida que transcurría en línea. El escenario inventado era sencillo: el robo en la capital, Santiago, de una furgoneta cargada de material radiactivo para uso industrial. Las reacciones ficticias -que incluían historias en los medios, información falsa, usuarios de los medios sociales presos del pánico y algunos funcionarios locales que enviaban mensajes confusos- dificultaban aún más la tarea de los comunicadores. El mayor desafío al que se enfrentó la CCHEN durante el ejercicio fue responder de manera oportuna, clara y coordinada, para aliviar el pánico e, hipotéticamente, salvar vidas.

La necesidad de estar preparados para esta clase de escenarios se agudizó después de que los atentados terroristas del 11 de septiembre de 2001 mostraran al mundo el riesgo de que material radiactivo cayera en manos de quienes pudieran querer usarlo para infundir miedo o pánico.

Chile se ha adherido a la Convención sobre la Protección Física de los Materiales Nucleares (CPFMN) y a su crucial Enmienda, ambos instrumentos jurídicos internacionales clave en materia de seguridad física nuclear adoptados bajo los auspicios del OIEA. La CPFMN establece obligaciones para las partes en relación con la protección física de los materiales nucleares utilizados con fines pacíficos durante el transporte internacional, así como la tipificación como delito de determinadas infracciones relacionadas con los materiales nucleares. También establece obligaciones en materia de cooperación internacional, por ejemplo, en el caso de hurto, robo o cualquier otro acto de apropiación ilícita de materiales nucleares, o de amenaza verosímil de que se produzca uno de esos actos.

En la Enmienda de la CPFMN se extiende el alcance del tratado original para abarcar la protección física de las instalaciones y los materiales nucleares utilizados con fines pacíficos durante el uso, el almacenamiento y el transporte en territorio nacional. Asimismo, se tipifican como delito infracciones como las relacionadas con el tráfico ilícito y el sabotaje de materiales o instalaciones nucleares, y se prevé una cooperación internacional reforzada a la luz de la ampliación del alcance, como la asistencia y el intercambio de información en caso de sabotaje o de amenaza verosímil de que se produzca uno de esos actos. Una vez más, los marcos jurídicos son fundamentales y se consolidan a través de su universalización, una esfera a la que el OIEA presta especial atención. Pero esto, por sí solo, no es suficiente; hay que poner en práctica lo que está escrito. Estos instrumentos jurídicos internacionales imponen a sus partes obligaciones legislativas, reglamentarias, técnicas y prácticas, y el OIEA está preparado para ayudar. Los planes integrados de apoyo a la seguridad física nuclear (INSSP) del OIEA proporcionan a los Estados que lo solicitan un marco sistemático y exhaustivo para examinar sus regímenes de seguridad física nuclear y determinar esferas en las que es necesario reforzarlos. Los planes también ponen de relieve cualquier tipo de asistencia necesaria para promover el desarrollo de un régimen de seguridad física nuclear eficaz y sostenible.

Otro ejemplo innovador de la asistencia que presta el Organismo es su labor para mejorar el equilibrio de género en el ámbito de la seguridad física nuclear es *Women in Nuclear*. La iniciativa, puesta en marcha en 2021, tiene como objetivo inspirar a mujeres jóvenes para que se incorporen al sector. También permite incrementar el número de candidatos cualificados, ayudando al sector a cosechar los beneficios de la diversidad en los grupos. Como actividad inicial, el OIEA

Women in Nuclear es una iniciativa puesta en marcha en 2021, que tiene como objetivo inspirar a mujeres jóvenes para que se incorporen al sector. También permite incrementar el número de candidatos cualificados, ayudando al sector a cosechar los beneficios de la diversidad en los grupos.

está organizando una serie de seminarios *web*, el primero de ellos se centró en la función del OIEA en el fortalecimiento de la capacidad de las mujeres en materia de seguridad física nuclear y contó con la participación de Constanza Bucarey, del Departamento de Control del Tráfico Ilícito, adscrito al Servicio Nacional de Aduanas de Chile.

Debido al aumento del número de miembros del OIEA y al creciente número de países que utilizan tecnología y técnicas nucleares en esferas que van desde la salud y la energía hasta la agricultura y la industria, se ha incrementado la demanda de nuestra asistencia en materia de seguridad física nuclear y nuestra oferta se ha vuelto más sofisticada. En 2021, el OIEA empezó a construir en nuestros laboratorios de Seibersdorf, cerca de Viena, un nuevo centro de seguridad física que acogerá en un único espacio de alta tecnología a nuestros destacados expertos y la tecnología más reciente. Gracias a él, Chile y otros Estados Miembros tendrán acceso a todavía más mecanismos para mejorar su capacidad y conocimientos en todo lo relacionado con la seguridad física, desde la protección física del material hasta la respuesta a los ciberataques.

Mucho antes de que existieran la ciberdelincuencia y el terrorismo nucleares, la amenaza de un mundo en el que muchos países poseyeran armas nucleares llevó a líderes de todos los continentes a tomar medidas para impedir la proliferación nuclear y garantizar el uso de la ciencia nuclear para fines

pacíficos. Las piedras angulares de sus esfuerzos incluyen la creación del OIEA en 1957 y la adopción, poco más de diez años después, del Tratado sobre la No Proliferación de las Armas Nucleares (TNP).

Chile y otros Estados de América Latina fueron de los primeros en contribuir a esos esfuerzos con la adopción, en 1967, del primer tratado regional por el que se establecía una zona libre de armas nucleares: el Tratado para la Proscripción de las Armas Nucleares en la América Latina y el Caribe (Tratado de Tlatelolco). Este prohíbe a las partes adquirir o poseer armas nucleares y almacenar y utilizar en su territorio armas de otros Estados, y exige a las partes que concierten acuerdos con el OIEA para la aplicación de salvaguardias a sus actividades nucleares.

El TNP, con 191 Estados partes, es a escala mundial el tratado del ámbito de la no proliferación nuclear, los usos pacíficos de la energía nuclear y el desarme nuclear, con mayor número de adhesiones. Chile se adhirió en 1995, y ese mismo año entró en vigor el acuerdo concertado entre Chile y el OIEA para la aplicación de salvaguardias en relación con el Tratado de Tlatelolco.

En 2003 Chile puso en vigor un Protocolo Adicional a ese Acuerdo de Salvaguardias y el TNP. Este ayuda a la comunidad internacional a superar un punto débil del sistema de salvaguardias que se hizo evidente en 1991, con el descubrimiento del programa clandestino de armas nucleares de Iraq.

El protocolo adicional confiere a los inspectores del OIEA la facultad de realizar actividades de verificación en lugares distintos de las instalaciones nucleares declaradas, acceder a más información y obtener una mejor visión de las actividades

nucleares de un Estado en todo el ciclo del combustible. Esto facilita a los Estados que respetan la ley la labor de demostrar que no tienen nada que ocultar y dificulta a los Estados con ambiciones clandestinas la tarea de desviar material nuclear de usos pacíficos hacia usos militares.

En los últimos diez años, la labor de salvaguardias del OIEA ha aumentado significativamente en términos de volumen y complejidad. En el período comprendido entre 2010 y 2021, el número de Estados con un acuerdo de salvaguardias en vigor con el Organismo ha pasado de 176 a 185 y el número de Estados con un protocolo adicional, de 104 a 138. En la actualidad hay más de 1.300 instalaciones y otros lugares sometidos a salvaguardias, lo que supone un aumento del 13% en comparación con la cifra de hace diez años. Más importante aún, el número de cantidades significativas de material nuclear bajo salvaguardias -es decir, la cantidad aproximada de material nuclear respecto del cual no se puede excluir la posibilidad de fabricación de un dispositivo nuclear explosivo- ha aumentado casi un 30% hasta superar la cifra de 221 a 430 en 2020. En el curso de la pandemia de COVID-19, nuestros inspectores no pararon ni un solo minuto, ya que su labor es fundamental para el mantenimiento de la paz mundial.

Ahora que hemos establecido las bases fundamentales para ganar la confianza pública que nos permite aprovechar los beneficios del átomo, veamos las principales maneras en que el OIEA ayuda a Chile a utilizar la ciencia y la tecnología nucleares para abordar situaciones de emergencia y lograr sus objetivos a más largo plazo.

En marzo de 2021, Chile se convirtió en el primer país en beneficiarse de lo que desde entonces se ha convertido en

la mayor operación de respuesta a emergencias del OIEA hasta la fecha.

A fin de ayudar a combatir la pandemia de COVID-19, el OIEA ha proporcionado a Chile, y a más de 120 países que así lo solicitaron, lotes de RT-PCR en tiempo real y todo lo necesario para realizar de forma segura pruebas fundamentales para detectar, rastrear y estudiar el Coronavirus causante del COVID-19.

El OIEA tiene décadas de experiencia en la esfera de enfermedades zoonóticas como COVID-19, Zika y el Ébola. Por medio de sus 12 laboratorios especializados, alianzas internacionales y grupos de expertos nucleares, ha impartido capacitación a técnicos y científicos y ha proporcionado equipo a laboratorios de todo el mundo.

El OIEA está ampliando esta experiencia y sus conocimientos para mejorar la capacidad de los Estados Miembros de detectar rápidamente el próximo brote de una enfermedad zoonótica y estar mejor preparados para hacerle frente. Este proyecto mundial lleva por título Medidas Integradas contra las Enfermedades Zoonóticas, o ZODIAC, y Chile es uno de los muchos países que han designado a un oficial nacional de enlace y un laboratorio nacional, elementos clave para establecer una solución satisfactoria e integrada a una amenaza mundial recurrente.

La pandemia no es, ni mucho menos, el único desafío que el OIEA ha ayudado a superar a sus Estados Miembros.

En lo que respecta a Chile, el OIEA tiene una dilatada trayectoria de colaboración con ese país a través del programa de Cooperación Técnica (CT) del Organismo. El éxito de

esta asociación se refleja en la financiación total del proyecto, que ha ido en aumento en los últimos años, pasando de 1,3 millones de euros en 2018-2019 a 1,4 millones de euros en 2020-2021 y a 1,6 millones de euros propuestos para 2022-2023. Además, Chile está sacando provecho de su participación en 22 proyectos regionales y 6 proyectos interregionales del OIEA, algunos de los cuales reciben financiación por medio de otros mecanismos, como la Iniciativa sobre los Usos Pacíficos (PUI).

En su marco programático nacional para 2020-2025, Chile establece diez esferas prioritarias: el cambio climático y la adaptabilidad de las especies vegetales a este; la seguridad nuclear y radiológica; el establecimiento de una autoridad reguladora independiente; el control de plagas mediante la técnica del insecto estéril; la inocuidad, la trazabilidad y la autenticidad de los alimentos; la evaluación y la vigilancia nutricionales; el diagnóstico y el tratamiento del cáncer; la evaluación y la gestión de los recursos hídricos y del medio marino y costero; la utilización del reactor RECH-1, y la gestión de los conocimientos nucleares.

En la segunda mitad del presente capítulo destacaré algunas de las formas innovadoras en que están trabajando conjuntamente el OIEA y Chile en el marco del programa de CT del OIEA para dar cumplimiento al mandato del Organismo de permitir a todos sus Estados Miembros, se encuentren donde se encuentren, acceder a los usos pacíficos de la ciencia y la tecnología nucleares. Algunos de los proyectos ilustran progresos ya logrados por la alianza, pero se prestará especial atención a los proyectos actuales o que se iniciarán en un futuro próximo, centrados en abordar desafíos en las esferas prioritarias para Chile y en sus sectores económicos de mayor importancia.

TRAZABILIDAD DE LOS ALIMENTOS Y RETENCIÓN DE LOS MÁRGENES DE BENEFICIO

La industria alimentaria es el segundo sector económico más importante de Chile, supone el 18% del producto interno bruto (PIB) y representa prácticamente uno de cada cuatro puestos de trabajo, la mayor parte de ellos en zonas rurales. Como país exportador de alimentos, verificar la autenticidad de los productos, por ejemplo, la miel, y servirse de la trazabilidad para, a partir de información científica, determinar su origen es una capacidad clave que Chile desea desarrollar. Para ello, el país debe dotarse tanto de infraestructura de laboratorio como de una base de datos de largo alcance.

El sector de la apicultura en Chile es un buen ejemplo de las posibles ventajas de adoptar medidas como estas. Chile exporta alrededor del 70% de la miel que produce y el 90% de esta se envía a la Unión Europea, y en particular a Alemania. La mayoría de la producción se expide a granel, lo que comporta un costo de oportunidad considerable, ya que los beneficios que genera certificar la miel, determinar su autenticidad y venderla a precios muy superiores, van a parar a los países destinatarios. Para que ese beneficio vuelva a Chile, el OIEA está ayudando al país a crear un sistema nacional para verificar la autenticidad y determinar el origen (trazabilidad) de los alimentos, que consistirá en un banco de datos computarizado para recopilar, almacenar y difundir información y datos sobre relaciones isotópicas y la caracterización química de alimentos producidos en Chile que podrían ser susceptibles de fraude. Este proyecto también es de interés, entre otros, para los productores de vino y de aceite de oliva.

El establecimiento de un sistema de estas características comportará la construcción de una red de laboratorios para

verificar la autenticidad y la trazabilidad de los alimentos, incluido un Laboratorio Nacional Analítico de Referencia. La CCHEN ofrecerá asistencia técnica para la validación de las metodologías y se encargará de garantizar la calidad de los resultados. A fin de prestar apoyo a la labor del laboratorio de referencia, el centro multidisciplinario de investigación del laboratorio de la Universidad de Antofagasta ampliará el equipo de que dispone y se convertirá en el primer laboratorio de la red. El OIEA contribuirá al desarrollo de capacidades de análisis y metodológicas para, mediante técnicas basadas en las relaciones isotópicas, verificar la autenticidad y determinar el origen de los alimentos. Además de prestar asistencia para la adquisición del equipo necesario, el Organismo impartirá capacitación por medio de becas, pasantías y visitas de expertos.

Gracias a un sistema nacional sostenible de autenticación, los productores chilenos de alimentos podrán acceder a una tecnología de última generación que les permitirá retener una mayor parte de la cadena de valor durante los próximos años.

ASISTENCIA PARA QUE LOS BOSQUES SE ADAPTEN AL CAMBIO CLIMÁTICO

El OIEA posee una amplia experiencia en la tarea de ayudar a los Estados Miembros, incluido Chile, a utilizar técnicas nucleares para acelerar el proceso natural de mutación en plantas como el arroz, el trigo, el maíz, la cebada y la soja. Gracias a su asociación con la FAO, el Organismo ofrece a los países una solución holística y mancomunada.

La irradiación permite a los científicos obtener variedades vegetales que ofrezcan unos productos de mayor calidad, unas cosechas más abundantes y más estables, una mayor resiliencia al cambio climático y más tolerancia al estrés ambiental.

Esta técnica probada es eficaz en relación con el costo, rápida y robusta. También es transferible, puede implementarse en cualquier lugar, no entraña riesgos y es respetuosa con el medio ambiente, de modo que los Estados Miembros pueden optimizar la biodiversidad vegetal, reducir el uso de agua para el riego y acabar con su dependencia respecto de plaguicidas y fertilizantes costosos y dañinos.

Se han sacado al mercado oficialmente para su uso comercial más de 3.200 variedades mutantes de más de 210 especies de plantas procedentes de más de 70 países. Esto ha traído consigo grandes beneficios económicos y mejoras en las condiciones de vida.

A pesar de este sólido historial, el proyecto de inducción de mutaciones en plantas de Chile es pionero. Se trata del primer proyecto nacional de todo el programa de CT del OIEA relacionado con la silvicultura, un sector que representa el 2,1% del PIB de Chile. La silvicultura es la tercera mayor industria del país en términos de exportaciones, por detrás de la extracción de cobre y del sector agroalimentario, y representa el 7,4% del empleo industrial. Los bosques autóctonos de Chile ocupan una superficie de 13,4 millones de hectáreas, mientras que las plantaciones de pino, eucalipto y otras especies cubren un área de 2,4 millones de hectáreas. Las investigaciones han mostrado que el cambio climático, que en el último decenio ha provocado un descenso de las precipitaciones y un aumento de las temperaturas, está alterando la distribución y las tasas de crecimiento de las especies forestales, así como su vulnerabilidad a insectos y hongos. En algunas especies, como el pino chileno, eso está provocando un incremento de la tasa de mortalidad de estas plantas.

Chile y el OIEA han concluido que es urgente generar material genético mejorado mediante la mutagénesis. Esto permitirá al país repoblar la tierra con especies autóctonas y exóticas más adaptadas al cambio climático, incluidas plantas más tolerantes a la sequía y más resistentes a plagas y enfermedades. Chile cuenta ya con varios elementos importantes para este proceso, como su reactor nuclear y su infraestructura para la mejora de los bosques, laboratorios e invernaderos para la propagación de árboles por medio de semillas, de la clonación y de la micropropagación. No obstante, para seleccionar determinadas cepas mutantes es preciso disponer de equipo para la selección asistida de marcadores moleculares. En la primera fase del proyecto se determinarán, mediante dosimetría, las dosis subletales con el objetivo de mejorar la tasa de germinación del *Peumus Boldus*, popularmente conocido como boldo, y el arraigo del *Eucalyptus Nitens*, popularmente conocido como eucalipto brillante, así como clones híbridos. El objetivo es centrarse en especies importantes para la producción de pasta de papel y para la obtención de madera sólida, cuya propagación por medio de la clonación ha sido difícil hasta la fecha.

En una etapa posterior, el proyecto prevé desarrollar protocolos para el cribado de genotipos a partir de la secuenciación de nueva generación y llevar a cabo un estudio sobre la asociación del genoma completo en aquellas especies sobre las cuales falta información genética. Estos importantes avances no solo ayudarán a Chile, sino que también permitirán al OIEA prestar asistencia a otros Estados Miembros que se enfrentan a desafíos similares.

El proyecto del OIEA de fitomejoramiento por inducción de mutaciones no es el primero con el que se brinda asistencia al sector chileno de la silvicultura. El Organismo también ha

ayudado al sector a usar técnicas nucleares para combatir la erosión del suelo y la consiguiente contaminación del agua.

Junto con la FAO y el Gobierno de Chile, el OIEA ha ayudado a la industria a desarrollar estrategias para la conservación del suelo, sirviéndose de radionucleidos procedentes de precipitaciones radiactivas y técnicas de isótopos estables por compuesto para rastrear el origen de los sedimentos.

DIAGNÓSTICO Y TRATAMIENTO DEL CÁNCER

Otro proyecto pionero en el que están involucrados el OIEA y Chile comenzó en 2018. El primer curso de maestría sobre radioterapia avanzada, respaldado por el OIEA, tiene por objeto poner remedio a la escasez de radioncólogos cualificados en América Latina. Esta iniciativa es un paso importante para que tanto Chile como el resto de América Latina puedan beneficiarse de los avances científicos habidos en el ámbito de la radioterapia desde mediados de los años noventa.

Desde que el OIEA emprendiera sus actividades en la esfera de la salud humana, hace más de medio siglo, el uso de técnicas nucleares en la medicina y la nutrición se ha convertido en una de las aplicaciones pacíficas más generalizadas de la energía atómica. El OIEA presta asistencia a los países coordinando proyectos de investigación, ofreciendo orientación a cargo de expertos, proporcionando equipo, elaborando normas armonizadas a escala internacional, impartiendo capacitación e intercambiando conocimientos.

El cáncer es una de las esferas a las que el Organismo presta especial atención, ya que representa un desafío cada vez mayor para los sistemas de salud de todo el mundo y su

En América Latina se diagnostican más de un millón de casos de cáncer al año, más de la mitad de los cuales requieren radioterapia. Para que todos puedan tener acceso a esta tecnología que prolonga la vida, la región precisa más de 300 nuevos radioncólogos.

impacto afecta de manera desigual a todo el planeta, siendo los países en desarrollo los que soportan la mayor carga. Algunos países, en particular en África, no poseen ni un solo aparato de radioterapia.

En América Latina se diagnostican más de un millón de casos de cáncer al año, más de la mitad de los cuales requieren radioterapia. Para que todos cuantos lo necesitan puedan tener acceso a esta tecnología que prolonga la vida, la región precisa más de 300 nuevos radioncólogos.

El curso, de un año de duración y que cuenta con el respaldo del OIEA, está organizado conjuntamente con la Fundación Arturo López Pérez y la Universidad de Los Andes, en Chile, y en él participan 15 estudiantes de 12 países. Los expertos del OIEA han trabajado con los organizadores en Santiago en la elaboración del programa de estudios, que incluye cursos prácticos, teóricos y en línea. Se espera de los estudiantes que capaciten a otros radioncólogos y ayuden a impulsar la adquisición de tecnologías más avanzadas en sus países.

Esta iniciativa está financiada en parte por el Gobierno del Japón a través de la PUI y el programa de CT del OIEA, en el marco de un proyecto que nace al amparo del Acuerdo Regional de Cooperación para la Promoción de la Ciencia y la Tecnología Nucleares en América Latina y el Caribe (ARCAL).

Como sucede en tantas ocasiones, el éxito de un proyecto suele llegar a Estados Miembros situados a miles de kilómetros de distancia. El Organismo prevé repetir el curso que se está impartiendo en Chile a fin de paliar la escasez en otros continentes de personal de radioterapia capacitado.

EL RESCATE DE NUESTROS OCÉANOS Y DE NOSOTROS MISMOS

Nuestros océanos se encuentran bajo la amenaza de toxinas emergentes favorecidas por el cambio climático y de la contaminación por plásticos. A este ritmo, los científicos prevén que de aquí a 2050 podría haber más plástico que peces en el océano.

El OIEA ha acumulado 26 años de experiencia en la gestión y la vigilancia eficaces de toxinas marinas. Al mismo tiempo, y por conducto de NUTEC Plastics, el Organismo está ayudando a sus Estados Miembros a utilizar métodos nucleares y de base nuclear para rastrear y analizar microplásticos.

Con el apoyo del OIEA, Chile ya ha realizado avances en la vigilancia de algunas toxinas marinas, pero el cambio climático está agravando la floración de algas nocivas. En los últimos 20 años, esta floración ha aumentado su frecuencia, alcance y toxicidad en las costas chilenas. La expansión de nuevas especies de microalgas tóxicas y las toxinas emergentes aún no reguladas por las autoridades sanitarias del país representan una grave amenaza para la salud pública y la producción de alimentos de origen marino.

Aparte de las toxinas, el aumento de la contaminación por microplásticos exige que atendamos urgentemente los sistemas marinos. Numerosas especies terrestres y marinas ingieren y acumulan microplásticos, que pueden actuar como

vectores de microorganismos, microalgas tóxicas y compuestos orgánicos lipofílicos tóxicos. Los datos sobre la exposición humana a microplásticos son limitados y los riesgos toxicológicos asociados a estos todavía no se comprenden a cabalidad, pese a que se ha demostrado fehacientemente su amplia presencia en todo tipo de alimentos, agua potable y moluscos marinos, así como su claro impacto en la biología de los organismos de agua dulce y marina.

Chile es el sexto mayor exportador de productos pesqueros a escala mundial. La acuicultura se concentra en gran medida en la región de Los Lagos, donde se encuentra el archipiélago de Chiloé. Esta actividad supone una fuente de ingresos para más de 60.000 pescadores artesanales y sus familias, pertenecientes a comunidades costeras vulnerables y cuyas vidas y medios de subsistencia ya se están viendo perjudicados.

A pesar de las valiosas iniciativas ciudadanas destinadas a mitigar la contaminación por plásticos, pueden encontrarse residuos plásticos y microplásticos en todo el litoral, aguas superficiales, la biota, playas arenosas y sedimentos. La falta de validación y armonización en los métodos de muestreo y extracción de microplásticos está impidiendo seriamente que Chile alcance el ODS 14: “Conservar y utilizar sosteniblemente los océanos, los mares y los recursos marinos”.

El país cuenta con programas consolidados de vigilancia de toxinas marinas paralizantes, diarreicas y amnésicas, en los que se emplean métodos internacionalmente validados y armonizados. Carece, en cambio, de programas de vigilancia para hacer frente al riesgo que plantea un amplio grupo de toxinas marinas emergentes todavía no reguladas, que están yendo a parar -por ejemplo- a navajas y mejillones.

Con la asistencia del OIEA, Chile sigue creando capacidad y adquiriendo conocimientos especializados en materia de técnicas de espectrometría para caracterizar microplásticos presentes en la biota y en playas arenosas (imagenología por microscopía Raman) y de técnicas nucleares para detectar toxinas marinas emergentes mediante análisis de radiorreceptor.

Esto brindará datos de referencia esenciales sobre contaminación por microplásticos y toxinas marinas emergentes y reforzará los programas nacionales de vigilancia. Con esta nueva información, las instituciones nacionales correspondientes serán capaces de gestionar y conservar de manera sostenible los ecosistemas marinos y costeros del país, proteger la vida y los medios de subsistencia de familias costeras vulnerables y progresar en el cumplimiento de objetivos nacionales y compromisos internacionales.

LA ALIMENTACIÓN DE LOS NIÑOS DE UNA NACIÓN

En América Latina, los programas nacionales de nutrición llegan a unos 80 millones de personas. En Chile, estas intervenciones son hoy más eficaces que nunca, pues la tecnología de base nuclear está permitiendo diagnosticar mejor la malnutrición.

Al igual que sucede en otras regiones, en América Latina los niños han ido paulatinamente volviéndose más sedentarios, hacen menos ejercicio y comen más alimentos ricos en grasas. En un estudio conjunto del Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia (UNICEF), la Organización Mundial de la Salud (OMS) y el Grupo Banco Mundial, realizado en 2017, se constató que casi 4 millones de niños menores de cinco años de la región tienen sobrepeso y muchos de ellos padecen deficiencias de nutrientes esenciales, como hierro,

zinc y vitamina A. Las técnicas nucleares, como el uso de isótopos estables para evaluar el contenido de agua corporal total, ofrecen mucha más información que una balanza.

Con la ayuda del OIEA, científicos de Chile especializados en nutrición han evaluado la composición corporal y el gasto calórico de los niños. Han determinado la proporción de masa corporal grasa y magra, han estudiado cómo los niños captan y utilizan los minerales que obtienen de los alimentos y han averiguado cuánta energía usan sus cuerpos para el ejercicio y cuánta almacenan como grasa. Esta nueva información crítica ha ayudado a Chile a ajustar sus programas y políticas de nutrición y a reducir considerablemente las tasas de obesidad infantil y los consiguientes riesgos de padecer enfermedades no transmisibles, como el cáncer, la hipertensión o la diabetes tipo II.

UNA RESPUESTA ACORDE CON LA DEMANDA DE MINERALES Y METALES DE ALTA PUREZA

La demanda mundial de minerales y metales de alta pureza va en aumento y el OIEA está ayudando a Chile a mantenerse a la altura, empleando para ello tecnología de radiación.

Las ricas reservas minerales de Chile favorecen a una pujante industria minera que aporta alrededor de un 9% al PIB del país y realiza aproximadamente la mitad de sus exportaciones.

Chile es el mayor productor mundial de cobre y sus minas son una importante fuente de molibdeno, elemento químico que desempeña una función crítica en más del 80% de los procedimientos de medicina nuclear.

Chile es el mayor productor mundial de cobre y sus minas son una importante fuente de molibdeno, elemento químico que desempeña una función crítica en más del 80% de los procedimientos de medicina nuclear.

Con el propósito de mantener la prosperidad de su industria nacional y de ayudar a satisfacer la creciente demanda de exportaciones, los mineros chilenos vienen colaborando con el OIEA en el empleo de radiotrazadores y sondas nucleónicas para optimizar sus procesos de producción y extracción y lograr una mayor eficiencia en la detección y medición de concentraciones de minerales y metales. La tecnología de la radiación basada en isótopos radiactivos mejora la calidad de los productos, optimiza los procesos y ahorra costos y energía porque es más precisa y más rápida que las técnicas tradicionales de trazadores.

Como ocurre con tantas de sus iniciativas, el Organismo facilita el intercambio de conocimientos a nivel internacional. De esta manera, expertos de países como Chile, que a lo largo de los años han acumulado conocimientos especializados basados en unas prácticas e infraestructuras de extracción bien consolidadas, están transmitiendo su conocimiento a homólogos de otros países.

EL ESCLARECIMIENTO DE DELITOS

A medida que los delitos se vuelven más complejos en todo el mundo, los investigadores policiales están recurriendo a técnicas nucleares para resolver casos. La Policía de Investigaciones de Chile (PDI) gestiona el Laboratorio de Criminalística Central, que cuenta con una unidad especializada en cuestiones ambientales que ayuda a investigar delitos. En él

se recopilan y analizan pruebas materiales de investigaciones penales realizadas en todo el país. La mayoría de los instrumentos de que se dispone para analizar pruebas alteran los especímenes o llegan incluso a destruirlos por completo, lo que dificulta la investigación y el análisis ulteriores.

El OIEA viene trabajando con la PDI y la CCHEN para complementar métodos convencionales, incorporando técnicas nucleares no destructivas a fin de incrementar la precisión en el análisis de pruebas. El Organismo ha ayudado a expertos chilenos a adquirir experiencia, validación y capacitación en materia de análisis por activación neutrónica, con el que se pueden determinar perfiles de origen, incluso si solo se dispone de muestras muy pequeñas. Asimismo, el proyecto ha ayudado a crear capacidad nacional en materia de instrumentación, con objeto de caracterizar e identificar con exactitud la estructura cristalina de las pruebas mediante el uso de la técnica de difracción de *Rayos X* (XRD), un instrumento analítico fundamental en criminalística. El OIEA ha apoyado el establecimiento de una red nacional que se basa en el uso de técnicas nucleares no destructivas para caracterizar, identificar y analizar especímenes forenses. Esta red, coordinada por la PDI, cuenta -entre otros- con la Universidad de Chile y la Universidad de Concepción, y ayuda a resolver viejos y nuevos casos, tanto en Chile como en países vecinos, gracias a la colaboración regional.

EL EMPODERAMIENTO DE LAS MUJERES EN BENEFICIO DE TODOS

En todo cuanto hace, el OIEA trata de empoderar a las mujeres, muchas de las cuales se ven afectadas de manera muy directa por los principales desafíos mundiales, como la pobreza, la enfermedad y el cambio climático. Es lo correcto y también lo más inteligente. Cuando las mujeres pueden

desempeñar plenamente su papel en la sociedad, todos salimos ganando.

Por eso felicito a Chile por la creación de un capítulo de Women in Nuclear (WiN) y celebro la oportunidad de haber participado en la ceremonia de inauguración del capítulo regional de Women in Nuclear para América Latina y el Caribe, que cuenta con el apoyo del OIEA.

Menos de una cuarta parte de los profesionales dedicados al sector nuclear en todo el mundo son mujeres, y en América Latina y el Caribe ese porcentaje suele ser incluso menor, sobre todo en puestos superiores. Por eso WiN es tan importante.

El OIEA facilitó la creación del capítulo regional de WiN, en cooperación con el Acuerdo Regional de Cooperación ARCAL. Juntos estamos apoyando la participación igualitaria de las mujeres en el ámbito de la ciencia y la tecnología nucleares, promoviendo la contribución que realizan dentro de esa esfera a funciones técnicas, científicas y de liderazgo. El proyecto se sustenta en iniciativas llevadas a cabo anteriormente por el Organismo a fin de preparar a mujeres de la región para que asuman responsabilidades de liderazgo y actúen como defensoras de la energía nuclear en sus respectivas instituciones nacionales.

Bajo mi dirección, el OIEA puso en marcha el Programa de Becas Marie Skłodowska-Curie, que cada año apoya a más de 100 mujeres de todo el mundo para que cursen una maestría o un doctorado relacionados con el ámbito nuclear. En la propia Secretaría del OIEA hemos instituido políticas que nos están ayudando a avanzar en nuestro objetivo de

alcanzar la paridad de género en los puestos del cuadro orgánico de aquí a 2025.

Si nos remontamos a aquel día de septiembre en el que Chile y el OIEA aunaron fuerzas por primera vez y vemos cuán lejos hemos llegado, es difícil no ser optimista. Tanto Chile como el OIEA han progresado enormemente desde 1960. Sus colaboraciones han traído consigo innumerables beneficios, tanto para el pueblo de Chile como para personas que viven mucho más allá de sus fronteras. Es un loable ejemplo de cómo, trabajando conjuntamente, el OIEA y sus Estados Miembros pueden cumplir la promesa que encierra el lema “Átomos para la paz y el desarrollo”.

El Congreso Futuro

*Guido Girardi**

INTRODUCCIÓN

El Congreso Futuro es un evento desarrollado en Chile desde el año 2011, que tiene como objetivo crear un foro de intercambio de ideas abierto y gratuito entre importantes personalidades del mundo científico, académico e intelectual con la ciudadanía.

Esta iniciativa, originada desde el Senado de la República de Chile, es el actual resultado de la colaboración amplia entre el Estado de Chile, la Cámara de Diputados, los gobiernos locales, la Academia Chilena de Ciencias, las universidades nacionales, empresas privadas, con el apoyo de entidades internacionales como Nobel Prize Foundation, American Association for the Advancement of Science (AAAS), la revista científica Nature o la Universidad de Harvard.

* Senador de la República de Chile

BREVE HISTORIA DEL EVENTO

Con motivo del bicentenario del Congreso Nacional y la apertura de diálogos para el futuro, se da cabida a la idea de organizar un seminario internacional para la discusión de las ciencias y humanidades. Así Patricio Melero, presidente de la Cámara de Diputados, junto a Guido Girardi, presidente del Senado, y Juan Asenjo, María Teresa Ruiz, Servet Martínez y José Miguel Aguilera (Premios Nacionales de Ciencias), dieron el “vamos” a la organización del “Congreso Internacional de Futuro: ciencia, tecnología, humanidades y ciudadanía”¹.

Tal evento se celebró entre el 30 de noviembre y el 3 de diciembre de 2011, asistiendo reconocidos científicos tanto nacionales como internacionales, entre los que destacaron Ragendra Pacgauri (Nobel de la Paz 1997), Yuan Tseh Lee (Nobel de Química 1986), Carlo Rubbia (Nobel de Física 1984), entre otros. La idea original contemplaba preguntarse: “¿Cómo influirán en nuestra sociedad la biotecnología, la nanotecnología, la astrofísica? ¿Qué ética conducirá nuestras decisiones? ¿Qué hechos relevantes irán quedando para la interpretación de los historiadores? ¿Qué preguntas se hará la filosofía?”².

Su segunda edición llegaría poco más de un año después, entre el 17 y el 19 de enero del 2013, luego que la Comisión Desafíos del Futuro y el Consejo del Futuro del Senado reunieran a más de un centenar de académicos en el Salón de Honor del Congreso Nacional. Temas por discutir de esta segunda edición fueron: Origen de la vida; Cambio climático;

1 https://www.camara.cl/prensa/sala_de_prensa_detalle.aspx?prmId=47211

2 <http://bicentenario.bcn.cl/detalle?h=10221.3/366>

La idea de crear espacios donde la sociedad puede encontrarse con los últimos avances de la ciencia, tecnología y conocimiento no es nueva. Existen registros de exhibiciones de ciencia e ingeniería desde inicios del siglo XIX.

Energías renovables; Movimientos telúricos; Salud de los océanos; Inteligencia artificial y Nanotecnología, entre otros³.

Desde esa oportunidad, Congreso Futuro se ha realizado ininterrumpidamente cada año. Para la tercera edición de 2014, patrocinada por la Fundación Más Ciencia, se destacaron los problemas de financiamiento de las ciencias en Chile. Como discurso final de estas jornadas, celebradas entre el 9 y el 11 de enero de ese año, el Presidente de la República, Sebastián Piñera, anunció la creación del Ministerio de Educación Superior, Ciencia y Tecnología⁴, con la intención de estimular la investigación científica en la escolaridad. Esto llevaría a los estudiantes ganadores del XV Congreso Nacional Escolar de Ciencia y Tecnología a participar como expositores de la siguiente edición del Congreso Futuro en 2015⁵.

La quinta edición del evento de divulgación científica, en 2016, presentó la necesidad de discusión sobre género, ya que de los 200 invitados preliminares, 89 eran científicas.

3 https://www.bcn.cl/seminarios_actividades/detalle_seminario.html?hs=10221.1/35784

4 <https://sochifi.cl/2014/01/17/presidente-pinera-anuncia-creacion-de-nuevo-ministerio-de-educacion-superior-ciencia-y-tecnologia/>

5 <https://www.conicyt.cl/explora/estudiantes-de-regiones-destacan-entre-los-ganadores-del-xv-congreso-nacional-escolar-de-ciencia-y-tecnologia-explora-conicyt/>

De ellas, finalmente solo llegaron 15. Así, el aumento de la paridad fue un desafío en ediciones posteriores⁶.

Por lo demás, se alcanzaron records de espectadores vía *streaming* al punto de que la charla magistral de Kaliash Styarhi (Nobel de la Paz 2014) fue escuchada por 83 mil personas⁷. Para 2017, el senador Guido Girardi firmó un acuerdo de cooperación con Brian Farrel, director del Centro David Rockefeller de Estudios Latinoamericanos de la Universidad de Harvard, con la intención de convocar a las escuelas de Ingeniería y Ciencias Aplicadas; La Facultad de Artes y Ciencias; el Centro de Astrofísica, y el Museo de Zoología Comparada para participar en los siguientes eventos del Congreso Futuro⁸.

OTROS EVENTOS SIMILARES A NIVEL INTERNACIONAL

La idea de crear espacios donde la sociedad puede encontrarse con los últimos avances de la ciencia, tecnología y conocimiento no es nueva. Existen registros de exhibiciones de ciencia e ingeniería desde inicios del siglo XIX. En la historia moderna, desde 1851 en adelante, se han desarrollado centenares de exposiciones internacionales donde países de todo el mundo son invitados a mostrar sus avances en ciencia, tecnología y las artes. Estas ferias no solo son un fenómeno que busca visibilizar los méritos de los inventores y pensadores de cada país, sino que, además, estas responden a

6 <https://www.elmostrador.cl/cultura/2016/01/25/congreso-del-futuro-la-convenccion-de-ciencia-que-puso-a-chile-en-la-escena-mundial/>

7 <https://www.elmostrador.cl/cultura/2016/01/25/congreso-del-futuro-la-convenccion-de-ciencia-que-puso-a-chile-en-la-escena-mundial/>

8 El Mercurio, 23 de septiembre 2017, c9

estrategias estatales para demostrar las capacidades técnicas y mérito de desarrollo tecnológico y científico de una nación⁹.

Actualmente, se han diseñado espacios para dar a conocer los últimos descubrimientos y avances en creación e investigación tanto en las áreas de las ciencias naturales, como ciencias exactas, humanidades y artes, los cuales llegan a ser muy específicos y con una audiencia objetivo. Ejemplo de esto son los simposios de investigación en áreas de la ciencia, donde investigadores presentan los resultados de sus trabajos para otros pares con el conocimiento para comprender la información que se les presenta; esto genera problemas de inclusión hasta dentro de la misma academia¹⁰.

Existen otros espacios más amenos y elaborados para que el público en general pueda escuchar e incluso interactuar con investigadores, académicos e intelectuales. El ejemplo más claro de esto son las conocidas conferencias TED (Technology, Entertainment, Design), creadas en 1984, en donde hasta 2020 poseen más de 3.500 presentaciones magistrales en más de 100 idiomas, y que en 2012 superaron los mil millones de visitas a los videos publicados en su sitio web¹¹.

Las presentaciones en estas conferencias tienen como objeto esparcir las ideas y motivaciones de innovadores.

Otros eventos de difusión científica desarrollados en Estados Unidos son el World Science Festival en Nueva York (inaugurado en 2008), el Bay Area Science Festival en San

9 <https://books.google.cl/books?id=TQA7DwAAQBAJ>

10 <https://www.taylorfrancis.com/chapters/edit/10.4324/9781351142243-18/tripartite-approach-accessibility-diversity-inclusion-academic-conferences-trudie-walters>

11 <https://www.ted.com/about/our-organization/history-of-ted>

En los doce años de vida de Congreso Futuro, la interacción con la ciudadanía, la investigación e innovación y la política han llevado al desarrollo de productos, actividades y normativas importantes para el país.

Francisco, el Cambridge Science Festival organizado por el museo MIT en Massachussets, el Festival de Ciencia e Ingeniería de EE.UU. de Washington, entre otros. El British Science Festival en Reino Unido (originado durante el siglo XIX), país que además cuenta con festivales de ciencia en las ciudades más importantes como Caithness, Cambridge, Cheltenham, Edinburg, Glasgow, Manchester y Nottingham. Italia posee desde 2003 el Festival della Scienza y el BergamoScienza de Bérgamo. La ciudad de Gotemburgo en Suecia desarrolla desde 1997 el Vetenskapsfestivalen. Australia posee el Sydney Science Festival y el World Science Festival Brisbane, mientras que desde 1997 Nueva Zelanda desarrolla el New Zealand International Science Festival¹². Estos son, en su mayoría, desarrollados por universidades locales u organizaciones sin fines de lucro, creadas para encargarse de la administración del evento.

A nivel nacional existen actividades que buscan generar un acercamiento de la ciencia y tecnología a la población, como el Festival de la Ciencia, desarrollado por la Universidad de Chile y el Ministerio de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación (MINCYT); otro proyecto es el CienciaFEST y el Ciencia al Parque, organizados por el programa Explora de la Agencia Nacional de Investigación y Desarrollo.

12 <http://blogs.nature.com/ofschemesandmemes/2011/06/21/mapping-the-worlds-science-festivals>

Puerto Ideas Chile es una organización sin fines de lucro originada en 2010 y que desde 2011 desarrolla festivales científicos en Valparaíso y Antofagasta¹³. El Festival de la Ciencia (FECI) es una actividad organizada por MINCYT y Ciencia Pública, en conjunto con instituciones de educación superior de Chile, como la Universidad de Chile y la Universidad de Santiago¹⁴.

Aunque Congreso Futuro comparte muchas de las dinámicas presentes en estos eventos -invitados nacionales e internacionales de diversas disciplinas, paneles para seguir de manera presencial o digital, plataforma virtual para revisar presentaciones previas, mesas de debate, actividades paralelas- la diferencia crucial es que el evento se origina e involucra al Poder Legislativo de la nación.

EFFECTOS DEL CF EN CHILE

En los doce años de vida de Congreso Futuro, la interacción con la ciudadanía, la investigación e innovación y la política han llevado al desarrollo de productos, actividades y normativas importantes para el país.

Involucramiento con la sociedad: invitados, asistentes y voluntarios.

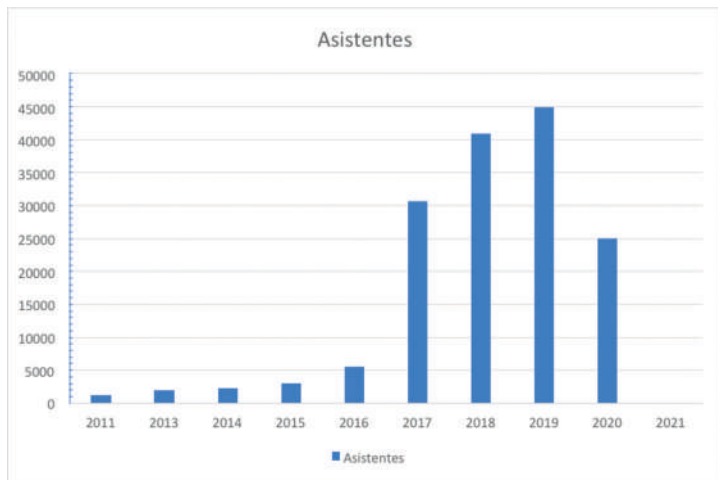
Desde sus inicios en 2011, el Congreso Futuro fue concebido como un espacio de conexión y encuentro de la población con investigadores nacionales e internacionales, y para la reflexión sobre la importancia de la legislación en materias de desarrollo científico y tecnológico.

¹³ <https://puertodeideas.cl/es/festivales/>

¹⁴ <https://www.vime.usach.cl/noticias/convocatoria-para-el-festival-de-la-ciencia-feci-2021>

Como se observa en el Gráfico 1, hay un aumento sostenido de asistentes al Congreso que se incrementa de manera significativa en la versión de 2017, que es el segundo año de regionalización del evento con encuentros satélites en gran parte del país (10 regiones). Ese año también se inicia la transmisión digital de las exposiciones vía streaming a través de Youtube y el sitio web de Congreso Futuro. En 2018 se alcanzó un peak de 5 millones de visitas online.

Gráfico 1. Cantidad de asistentes por año de evento



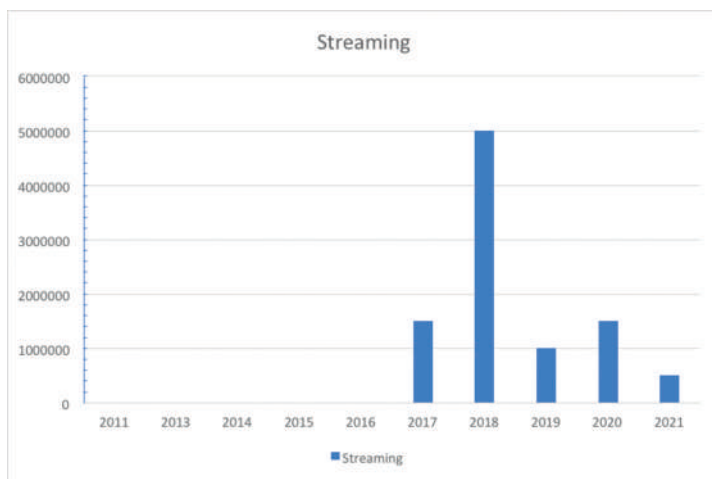
Se puede apreciar un alza significativa en 2017, segundo año desde el que se hace Congreso Futuro en regiones. El año 2021 tuvo 0 visitas presenciales debido a las restricciones sanitarias producto de la pandemia de COVID-19 en el país.

El año con más visitantes presenciales fue 2019 con más de 45 mil personas presentes en las charlas en Santiago, así como en otras diez ciudades del país. En cuanto a visitas debido a streaming de las ponencias, el año 2018 fue el número de mayor conexión digital, con más de cinco millones

Desde sus inicios en 2011 el Congreso Futuro fue concebido como un espacio de conexión y encuentro de la población con investigadores nacionales e internacionales, y para la reflexión sobre la importancia de la legislación en materias de desarrollo científico y tecnológico.

de visitantes en las plataformas. La tendencia señala que los años recientes del evento han tenido más visitas (Gráfico 2).

Gráfico 2. Cantidad de visualizaciones del evento por medio de transmisiones en línea.



Las transmisiones en línea durante el evento comenzaron en el año 2017, y alcanzaron su peak en 2018.

Congreso Futuro de enero de 2020 fue uno de los pocos, sino el único, evento público que no fue suspendido a raíz de las inestables condiciones post estallido social. Sin embargo, no se pudo realizar en el Salón de Honor del Congreso de Santiago -en pleno centro de la ciudad-, sino que en un teatro

de otra comuna y bajo estrictas medidas de seguridad. Todo lo que redundó en una disminución del 55% de los asistentes, también atribuible al desgaste de la sociedad chilena tras los sucesos ocurridos a partir del 19 de octubre de 2019¹⁵⁻¹⁶.

El evento de 2021 se realizó bajo las estrictas restricciones sanitarias decretadas para controlar la pandemia, por lo que no hubo asistentes presenciales, pero sí más de 500 mil espectadores digitales pendientes en los distintos paneles¹⁷.

Desde 2016 se implementó un programa de reclutamiento de estudiantes universitarios -de áreas científicas, idiomas y periodistas- para colaborar como voluntarios en el desarrollo del evento, asistiendo a los expositores, los requerimientos de la prensa, coordinando el ingreso y salida del público y diversas actividades logísticas fundamentales para el éxito del evento. En una encuesta realizada en julio de 2020, de 50 voluntarios de 2016 a 2019, el 60% concuerda con la frase “experiencia que no hubieses conseguido en otro programa”; mientras que un 22% obtuvo contactos con expositores internacionales. El 2% de los jóvenes voluntarios fue integrado en un equipo de investigación liderado por uno de los expositores (información no publicada).

En todos estos años, Congreso Futuro ha contado con la participación de 741 reconocidos expositores nacionales e internacionales en charlas, presentaciones, debates y otras

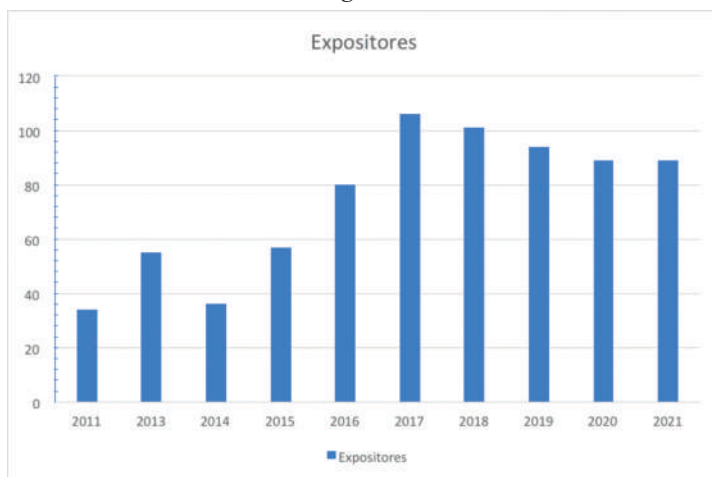
15 <https://www.dw.com/es/crisis-en-chile-qu%C3%A9-ha-cambiado-en-tres-meses-de-protesta/a-52101121>

16 Madariaga, C. (2019). El “Estallido social” y la salud mental de la ciudadanía: Una apreciación desde la experiencia PRAIS. *Revista Chilena de Salud Pública*, 23(2), 146-156.

17 <https://www.latercera.com/que-pasa/noticia/congreso-futuro-concluye-su-decima-version-superando-el-medio-millon-de-conectados/Z45XSK4DWVD6VN-BGQ7TTKTEVUM/>

formas de intercomunicación¹⁸. Entre ellos 19 Premios Nobel (gráficos 3 y 4), como Frances Arnold (Química, 2018), Carlo Rubbia (Física 1984), Yuan Tseh Lee (Química, 1986), Brian Schmidt (Física, 2011), Torsten Wiesel (Medicina, 1981), Susumu Tonegawa (Medicina, 1987) y Kailash Satyarthi (De la Paz, 2014).

Gráfico 3. Cantidad de expositores por año en el Congreso Futuro.



La cantidad de invitados como expositores al Congreso futuro ha aumentado a través del tiempo, como parte del desafío de tener la mayor diversidad de conocimiento presente en el evento.

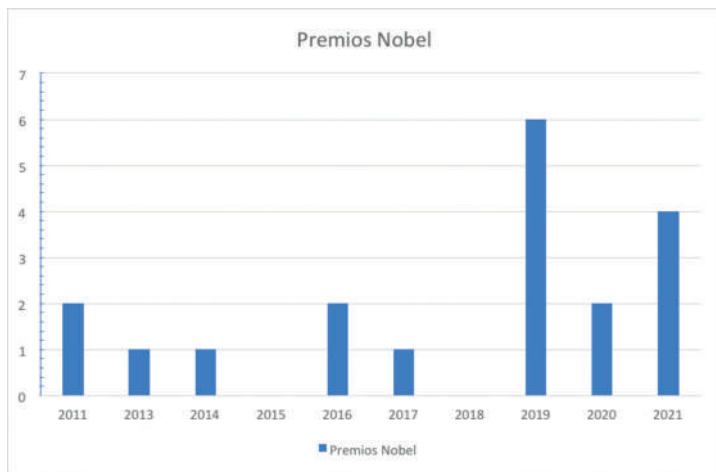
Una de las instancias que los expositores han valorado es el espacio de encuentro con pares científicos. En encuestas de evaluación post evento, realizadas a los invitados entre 2017 y 2019, los conceptos de “único”, “inspirador” y “una oportunidad perfecta para conocer otros exponentes”, fueron los más seleccionados al comparar Congreso Futuro con

18 Como fue el androide Geminoid H4 que posee la apariencia de su creador, Hiroshi Ishiguro en Congreso Futuro 2016, o el robot Watson en el año 2017.

otros eventos similares. También destacan las actividades regionales, las realizadas en sociedad con otras instituciones.

Esto se refleja en la firma de convenio institucionales y acuerdos de colaboración de investigación conjunta entre los propios expositores.

Gráfico 4. Número galardonados con alguno de los premios Nobel.



Parte de los esfuerzos del Congreso es contar con invitados de gran importancia y trayectoria en las áreas de las ciencias naturales, ciencias exactas, humanidades y artes. Los premios Nobel son un ejemplo de relevancia dentro de sus campos de estudio, y todos los años se hacen gestiones internacionales para contar con invitados de tal importancia.

En las últimas versiones de Congreso Futuro se ha buscado equidad de género entre los panelistas: en 2018 el 49.5% de los presentadores fueron mujeres, 42.7% en 2019 y 44% en 2020.

En función a la experiencia internacional de los invitados, el Congreso Futuro ha logrado diferenciarse de varios de los otros eventos de similar naturaleza.

Involucramiento con instituciones nacionales

La presencia de los invitados en nuestro país facilita actividades en paralelo, donde los expositores han podido dialogar de manera más cercana con profesionales, jóvenes estudiantes y la comunidad. Ejemplo de esto son charlas en universidades nacionales, eventos en regiones y diversas actividades donde el público podía preguntar y opinar.

En 2019 fueron 34 fundaciones, empresas, universidades, agencias de gobierno, embajadas e instituciones públicas, las que desarrollaron eventos en paralelo con los invitados del Congreso Futuro, y 25 en 2020, pese a las restricciones post estallido.

Entre las organizaciones que se han vinculado con Congreso Futuro y desarrollado eventos se encuentran Fundación Chile, Fundación Tribu, Fundación VTR, Fundación CON-CIENCIA, Fundación Chile 21, la Pontificia Universidad Católica de Chile, la Universidad de Chile, la Universidad Mayor, el Instituto SEK, la Universidad Adolfo Ibáñez, la Universidad Diego Portales, las embajadas de Reino Unido, Francia, China, Canadá, Israel y Estados Unidos, la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (Cepal), la Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales (Flacso), y el Gobierno de Chile.

Congreso Futuro es un espacio en el cual la ciencia y la tecnología se integran de manera activa a la discusión política nacional, debido a que el evento genera espacios de debate y reflexión sobre los desafíos que la sociedad enfrenta y enfrentará.

La creación del Ministerio de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación está interrelacionada con el evento. Durante la inauguración del Congreso Futuro 2017, la Presidenta Michelle Bachelet anunció su firma para el proyecto de ley que crea esta cartera.

En octubre de 2020, el senador Girardi junto al neurobiólogo español Rafael Yuste -tres veces expositor en el Congreso Futuro-, presentaron dos proyectos de ley que buscan establecer la figura legal de los neuroderechos para su protección, así como los de la indemnidad mental y el desarrollo de la investigación y las neurotecnologías. Este trabajo legislativo es único en el mundo y ha atraído la atención de las Naciones Unidas y de países como Estados Unidos y España.

Como resultado de la lógica de crear espacios de discusión e interacción entre el mundo de las políticas públicas y la academia, desde 2018 -bajo el alero de la Comisión Desafíos del Futuro- se desarrollan Mesas de Trabajo con más de 500 académicos y científicos, expertos en diversas materias, cuyo objetivo es intercambiar conocimientos, elaborar escenarios, sistematizar conclusiones y generar estrategias de consensos en beneficio de políticas públicas para el futuro del país.

Entre las Mesas de Trabajo se encuentran: Programa Espacial Satelital para Chile; Minería Verde; Inteligencia Artificial; Hidrógeno Verde; Escenarios Futuros; Chile Forestal y Sustentable; Acuicultura Endémica; Neuroderechos; Ciberseguridad y plataformas digitales.

Eventos satélites

Desde 2016, junto al Congreso de Futuro de Santiago, se desarrollan eventos en regiones como Antofagasta, Tarapacá,

Coquimbo, Valparaíso, O'Higgins, Maule, Biobío, La Araucanía, Los Ríos, Los Lagos, Magallanes y Aysén.

Desde ese mismo año se efectúa Café del Futuro, que es una conversación múltiple que fluye a partir del intercambio de visiones de tres exponentes -que se explayan con toda libertad desde sus especialidades y convicciones- sobre temas de ciencia, tecnología, ser humano y futuro.

En las seis temporadas cada dosis de Café del Futuro viene cargada de profundos conocimientos, sabrosos contrastes, mucha lucidez y, sobre todo, buen humor. Es probable que ningún invitado tome café y tampoco se alcance consenso, pero siempre queda más de alguna frase o concepto digno de meditar e incluir al acervo cultural propio. Más de 50 mil personas -presencial y vía streaming- han visitado 15 cafés y bares, y compartido con 60 invitados.

El Nobel Prize Dialogue Santiago fue concebido como un evento abierto e interdisciplinario que reunió a un grupo único de laureados Nobel, científicos, líderes mundiales, responsables políticos, premios nacionales de Ciencia y Educación y referentes de opinión, para discutir sobre 'El Futuro del Aprendizaje'. Se realizó en enero de 2019 y 20 expertos nacionales e internacionales abordaron esta temática y los desafíos que enfrentará a futuro, en un formato presencial y transmitido vía streaming. El evento tuvo una audiencia de 500 personas presenciales y más de 200 mil por medio de streaming.

En septiembre de 2017 Congreso Futuro y CNN desarrollaron el Primer Debate Presidencial sobre Ciencia en el que siete candidatos expusieron y defendieron sus planteamientos

en cuatro áreas: Cambio Climático, Matriz Productiva, Sociedad Digital y Políticas Públicas e Institucionalidad.

Desde 2018, a través de una alianza con las municipalidades y universidades locales, se ha desarrollado el programa Congreso Futuro en tu Comuna, que consiste en cuatro actividades -Cátedras del Futuro, Talleres de Robótica, Cine del Futuro, Charla Introdutoria al Universo y Observación Astronómica- que se desarrollan durante una semana en cada comuna.

Desde Congreso Futuro 2019 se ha incluido una jornada -Futuristas- dedicada a acercar a la ciencia a niños y jóvenes y en la cual han participado más de 600 menores, tanto asistentes como expositores.

Con motivo del eclipse solar del 2 de julio de 2019, Congreso Futuro en tu Comuna, en conjunto con la Municipalidad de La Reina y el Instituto Milenio de Astrofísica MAS, realizaron una actividad de observación del eclipse en el Parque Mahuida, el cual convocó a más de 10 mil personas.

REFLEXIÓN DE CIERRE

Es indiscutible que la ciencia y tecnología son una parte fundamental de la sociedad moderna. Desde su fundación, Congreso Futuro ha trabajado para construir espacios de encuentros entre la sociedad, la academia y la política, para que dialoguen, intercambien ideas y logren los consensos necesarios para enfrentar los desafíos venideros.

Desde el siglo XIX la exposición de los logros científicos ha sido una forma de diplomacia y demostración de capacidad y desarrollo de los países. Desde entonces y a través de

fortalecer los valores democráticos a nivel internacional, se ha comprendido la importancia de compartir el conocimiento con las nuevas generaciones y la población en general, para estimular la curiosidad, el cuestionamiento, el asombro y cariño por la naturaleza y motivarlas a progresar como especie, individuos y sociedad.

En líneas gruesas, esto es el método científico con que el *homo sapiens* obtiene el conocimiento desde siempre y es parte de nosotros, independiente si lo ejercemos como profesión o contemplando la naturaleza.

Este evento busca ser un espacio para satisfacer la curiosidad científica, crear espacios de comunicación y dar líneas de pensamiento sobre el futuro. La evidencia acumulada sugiere que se está logrando.

Tanto expositores como organismos nacionales e internacionales que han colaborado con Congreso Futuro, destacan el espacio como novedoso, acogedor y muy útil para permitir una interacción horizontal entre academia y población -intercambiando conocimiento y preguntas nuevas-, además de crear lazos de trabajo y formar redes de cooperación para los eventos futuros.

Ampliar los espacios de participación conlleva a que el conocimiento crezca, la pluralidad de los discursos facilita la aparición de ideas novedosas y nuevas perspectivas para la resolución de problemas y conflictos. Latinoamérica es un espacio lleno de conocimiento local, con una gran diversidad de costumbres, filosofías y comunidades. Un gran paso que puede tomar el Congreso Futuro es plantear este evento como un puerto de alianza para el flujo de Ciencia, Tecnología, Innovación y Desarrollo dentro de la región.

El progreso tecnológico, bien guiado y controlado, nos lleva a una mejor calidad de vida. Pero si el conocimiento es utilizado con fines egoístas puede, fácilmente, manipular y dañar a la gente. Es necesario que desde las políticas públicas surjan mecanismos de control capaces de entregar la suficiente libertad a la población para que esta pueda florecer como individuos críticos, pero que se generen las restricciones necesarias para controlar y mitigar potenciales estragos que existen y que seguirán surgiendo.

El conocimiento nos entrega las herramientas para discernir y tomar decisiones que afectan a la población: medicina, ingeniería, informática, estadística, conservación biológica, filosofía, arte. Todas estas áreas afectan y definen cómo legislamos. No podemos ignorar que son parte fundamental en el área de la discusión de las políticas públicas.

¿Qué nos depara el futuro?

Solo podemos especular y hacer proyecciones a partir del presente; pero eso no nos obliga a ser pasivos ante lo incierto, sino que debemos aprender a prepararnos para el mañana. Ser más proactivos y no solo responder a los problemas que enfrentamos, también hay que proyectar escenarios futuros y diseñar estrategias que nos permitan conllevarlos y ser resilientes. Es en este marco que Congreso Futuro fue ideado para reflexionar de cara al futuro y pensar en lo que queremos ser y como llegar a serlo.

Parte 1

Nuevos espacios para la diplomacia y la ciencia

Puerto de Ideas y la importancia de las redes de colaboración en el desarrollo de la cultura científica en Chile

*Chantal Signorio**

RESUMEN

En este artículo se reflexiona sobre el papel de Puerto de Ideas en el fomento de la cultura científica y cómo las redes de colaboración son fundamentales en ese proceso, dando cuenta de la importancia del trabajo en red y la formación de alianzas con instituciones nacionales e internacionales diplomáticas, científicas, culturales y editoriales para impulsar la cultura científica y un ecosistema en torno a la ciencia y tecnología. Se aborda la relevancia de la democratización y comunicación de la ciencia, así como el escenario de la ciencia y tecnología en Chile. También se profundiza en las iniciativas que ha llevado a cabo la Fundación Puerto de Ideas desde el año 2011 para impulsar la cultura científica en el país, tales como: el Festival Puerto de Ideas Valparaíso, el Festival de Ciencia Puerto de Ideas Antofagasta, el Programa

* Directora Ejecutiva Puerto de Ideas.

Educativo presencial y virtual, el Paseo por la Ciencia, las Cátedras Puerto de Ideas, la Mediateca Digital y los estudios de audiencias. Por lo tanto, las actividades de Puerto de Ideas se construyen gracias a este trabajo colaborativo que se ha ido nutriendo cada año con nuevas instituciones y alianzas, potenciando el trabajo de programación y producción de la fundación, democratizando el conocimiento científico y generando un vínculo bidireccional entre ciencia y sociedad.

CULTURA CIENTÍFICA Y COMUNICACIÓN DE LA CIENCIA

La ciencia y la tecnología¹ juegan un papel fundamental en la construcción de las comunidades, abriendo horizontes de conocimiento, permitiendo entender los procesos del entorno y diseñando soluciones a los problemas (CONICYT, 2014). Asimismo, el conocimiento científico es una de las mayores riquezas de la sociedad contemporánea, puesto que permite impulsar el desarrollo económico y social de las naciones, donde la ciencia, la tecnología y la innovación se han convertido en herramientas para la transformación de las estructuras productivas, la explotación racional de los recursos, el cuidado de la salud, de la educación, la alimentación, entre otros (OEI, 2012, Sanz, Alcalá y Bacallao, 2014).

La prosperidad de los países se asocia a la capacidad de gestionar y aplicar el cambio científico-tecnológico a las diversas necesidades que enfrentan sus ciudadanos (OEI, 2012). Por lo mismo, los países latinoamericanos crecientemente han enfatizado a la CyT como motores de progreso, en el marco de modelos económicos y de desarrollo que reconocen su centralidad como herramienta fundamental (UNESCO, 2016). En este sentido, el desarrollo de la cultura científica,

1 Abreviado como CyT

Para fomentar el vínculo entre la ciencia y la sociedad, se han desarrollado iniciativas que sobrepasan la educación formal e incluyen procesos de participación ciudadana, con debates sobre ciencia y sus consecuencias (Alvial, 2019).

entendida como el conocimiento de un individuo o colectivo, acerca de las actividades científicas y la apropiación de la ciencia y tecnología por parte de ellos (Godin, 2000), se torna crucial en el contexto latinoamericano.

El concepto de cultura científica se utiliza para designar el fenómeno de divulgación de la ciencia y la inserción de la sociedad, incluyendo reflexiones sobre la dimensión cultural y social de la ciencia, la tecnología, la salud y el medio ambiente (UNESCO, 2016). De esta forma, la apropiación social de la ciencia se refiere a la incidencia de la información científico-técnica sobre la vida de las personas en cuanto a su grado de alfabetización científica, valoraciones y prácticas hacia la ciencia. Apropiarse de la ciencia implica adquirir nueva información e incorporarlas a los esquemas cognitivos previos, adoptando una actitud científica ante las decisiones que los ciudadanos toman a diario, generalmente en contextos de riesgo e incertidumbre (Cámara, Laspra y López, 2017).

Sin comunicación social de la ciencia es imposible desarrollar la cultura científica, donde la ciudadanía se apropie del conocimiento, participe y lo utilice en su vida cotidiana, por lo que las iniciativas de comunicación y divulgación son esenciales para el desarrollo de una sociedad más activa en la toma de decisiones del orden científico-tecnológico. Es necesario democratizar los sistemas científicos, abriendo espacios de participación pública dirigidos no solo a aspectos

relacionados con la identificación y regulación de los impactos y los riesgos, sino también en el espacio más amplio de las políticas de ciencia y tecnología dentro de las sociedades (Lozano, 2008).

Para fomentar el vínculo entre la ciencia y la sociedad, se han desarrollado iniciativas que sobrepasan la educación formal e incluyen procesos de participación ciudadana, con debates sobre ciencia y sus consecuencias (Alvial, 2019). Es importante ir más allá de los contextos tradicionales de comunicación para involucrar a públicos en entornos más informales y lúdicos como festivales científicos (Holliman, Collins y Taylor, 2009, Jensen y Buckley, 2014). Además, con la implementación de museos, libros y revistas científicas, secciones de ciencia en medios de comunicación (impresos, radio, televisión, Internet), redes sociales, productos audiovisuales e iniciativas de educación no formal, se potencia una comunicación bidireccional entre la ciencia y la sociedad, que permite una verdadera apropiación social de la ciencia.

Asimismo, la divulgación científica es una herramienta de apoyo en la comprensión pública de la ciencia y facilitadora de los procesos de escolarización formales. La relación entre divulgación y educación es complementaria: el interés inicial en la ciencia y la formación de científicos, son elementos propios de la educación formal y la divulgación potencia experiencias en materia de educación científica, a través de formatos, temáticas y actividades que van más allá de la sala de clases o un laboratorio, fomentando el interés y apropiación de contenidos científicos (Olmedo, 2011). Es por ello que las iniciativas de divulgación científica antes mencionadas generan un aprendizaje no formal de la ciencia y fomentan la cultura científica en los estudiantes (Blanco, 2004).

La construcción del conocimiento científico y su difusión es un proceso cooperativo que involucra a investigadores, instituciones, disciplinas y países (González y Gómez, 2014). En este sentido, la cultura científica requiere tanto de los entornos, actividades y resultados propios del país como del ecosistema mundial de ciencia y tecnología, por lo que la cooperación internacional no puede ser ajena al objetivo del fortalecimiento de la cultura científica como factor de desarrollo (Sebastián, 2006). De esta manera, para acercar la ciencia a la ciudadanía es necesario generar espacios donde instituciones nacionales e internacionales, científicas, académicas y de la sociedad civil puedan confluír, compartir ideas, establecer colaboraciones y elaborar propuestas conjuntas en torno a la ciencia y su democratización.

Si bien la comunicación, divulgación, educación y formación de redes de colaboración se tornan cruciales para el impulso de la cultura científica en la ciudadanía, a nivel nacional existen dificultades para fomentar el interés sobre las temáticas científicas en la población. Dado este contexto, es muy importante que la divulgación científica se acerque a las necesidades del público no experto, tocando temas que tengan relación con su contexto específico, que los interpelen y que sean comunicados a través de un lenguaje cercano y accesible a todo tipo de audiencias (Olmedo, 2011).

EL ESCENARIO DE LA APROPIACIÓN SOCIAL DE LA CIENCIA Y LA TECNOLOGÍA EN CHILE

En los últimos 20 años en Chile ha crecido el interés hacia las temáticas de la ciencia, la tecnología e innovación para la elaboración de políticas de desarrollo económico y social, por el aporte que realizan al mejoramiento de la capacidad competitiva a nivel nacional y regional (CONICYT, 2010). Sin

Para acercar la ciencia a la ciudadanía es necesario generar espacios donde instituciones nacionales e internacionales, científicas, académicas y de la sociedad civil puedan confluír, compartir ideas, establecer colaboraciones y elaborar propuestas conjuntas en torno a la ciencia y su democratización.

embargo, el conocimiento científico y tecnológico ha estado históricamente restringido al mundo académico, centros de investigación y laboratorios. La comunidad científica no ha tenido la vocación ni la obligación de comunicar sus saberes en otros contextos, lo que ha generado una gran distancia con la ciudadanía. Por lo tanto, a nivel nacional se presentan desafíos importantes en el desarrollo de iniciativas que fomenten la ciencia, la tecnología e innovación.

Con el objetivo de comprender la percepción de la ciudadanía sobre la ciencia, en 2015 se desarrolló la Primera Encuesta Nacional de Percepción Social de la Ciencia y Tecnología en Chile (ENPSC), encargada por CONICYT a la Dirección de Estudios Sociales de la Pontificia Universidad Católica de Chile, que luego se replicó en el año 2018 y estuvo a cargo del Centro de Microdatos de la Universidad de Chile. La encuesta tiene por objetivo “conocer las percepciones y representación que la población chilena mayor de 15 años tiene sobre la ciencia y la tecnología, así como indagar en cuánto y cómo las valora, y las formas en que se apropia de ellas” (CONICYT, 2019, n.p).

Para el año 2018, un 62% de los chilenos declaró estar interesado en la ciencia, y un 69% en la tecnología, pero un 77% declaró sentirse poco o nada informado respecto de la ciencia. Asimismo, un 80,8% respondió que no conoce instituciones que se dediquen a hacer investigación en Chile.

Respecto de la autoevaluación que realiza la población sobre la formación científica y técnica que ha recibido, un 56% de las personas calificó la educación científica y técnica que recibió en un nivel bajo o muy bajo. Esta cifra no tiene una diferencia estadísticamente significativa respecto de su nivel en 2015. Finalmente, esta visión crítica fue más profunda en mujeres (59,5%) y en los tramos de mayor edad (llegando al 65,5% en los mayores de 60 años). (Centro Microdatos Universidad de Chile, 2019).

Dentro de las conclusiones que se obtuvieron a partir de las encuestas de los años 2015 y 2018, se encuentra una mayor diversificación de la imagen de la ciencia y una mayor percepción de motivación social para dedicarse a CyT. Asimismo, en comparación al año 2015, en 2018 aumentó el consumo de CyT en medios masivos y un interés general en la ciencia, lo que no implica una mayor percepción de conocimiento en temas científicos (CONICYT, 2019). De esta manera, los datos de las encuestas del 2015 y 2018 dan cuenta que si bien se ha avanzado, la cultura científica y tecnológica es percibida como lejana para gran parte de la sociedad, limitando el impacto de estos conocimientos en el desarrollo del país.

FUNDACIÓN PUERTO DE IDEAS: IMPULSADO LA CULTURA CIENTÍFICA EN CHILE

Tomando en consideración el escenario de divulgación del conocimiento científico-cultural en Chile, es que surgen organizaciones como la Fundación Puerto de Ideas, cuyos objetivos van dirigidos a expandir el acceso al conocimiento cultural y científico a través de un enfoque multidisciplinario, en interacción con la ciudadanía.

Puerto de Ideas es un espacio de divulgación del conocimiento que aborda, desde diversos lenguajes, las investigaciones y descubrimientos que están definiendo el mundo. Su misión es “ser un lugar de encuentro multidisciplinario entre la ciudadanía y las ideas, donde la palabra esté al centro de la entretención, promoviendo la curiosidad y el amor por el saber”. Su visión es “ser un espacio vital para la circulación del pensamiento contemporáneo y el conocimiento científico en Chile y en Latinoamérica, que contribuya a la construcción de una ciudadanía más informada, crítica y comprometida con su entorno social, cultural y natural”. Asimismo, los valores que definen a Puerto de Ideas son: democratización, descentralización, excelencia, interdisciplinariedad, innovación, entretención, cercanía, diversidad, transversalidad, inclusión, transparencia y territorio.

Puerto de Ideas se ha transformado en uno de los agentes culturales más reconocidos en Chile y Latinoamérica. Desde sus inicios, en 2011, ha democratizado el acceso al conocimiento científico y cultural a través de instancias multidisciplinarias que conectan diversas temáticas con públicos heterogéneos. Asimismo, ha contribuido a la descentralización de la actividad cultural y científica del país y a la formación de nuevas audiencias, con la organización de dos festivales al año: un festival de reflexión cultural en la ciudad de Valparaíso y un festival de ciencia en la ciudad de Antofagasta. Hasta fines de 2021, se han realizado 19 festivales: Once en Valparaíso y ocho en Antofagasta, con más de 800 invitados de 30 nacionalidades. Más de 800.000 personas han participado en las distintas actividades que ha desarrollado Puerto de Ideas en 11 años y más de 20.000 estudiantes han sido parte de los programas educativos realizados en estos festivales.

Con especial interés en convocar a públicos masivos a través de un lenguaje cercano, en los festivales se realizan conferencias, entrevistas y diálogos donde participan destacados invitados nacionales e internacionales. Además, se presentan obras de teatro, conciertos, intervenciones urbanas, recorridos temáticos, exposiciones, ciclos de cine, cafés científicos y filosóficos, talleres y actividades para el público familiar e infantil.

Los contenidos se definen a partir de un proceso abierto y colaborativo en donde participa un consejo asesor para cada festival, que resguarda la calidad y diversidad de las temáticas. Asimismo, este proceso involucra a municipalidades, establecimientos educacionales, museos, bibliotecas, embajadas, organizaciones culturales internacionales, festivales extranjeros, editoriales y agentes literarios extranjeros, entre otros actores relevantes a nivel local y global.

A continuación, se profundizará en las iniciativas que realiza Puerto de Ideas, que impulsan el encuentro entre la ciencia y la sociedad y el desarrollo de redes que han ido configurando un ecosistema propicio para la apropiación del conocimiento científico en Chile.

Festival Puerto de Ideas Valparaíso: el encuentro entre las ideas y la ciudadanía

Una de las principales actividades que ha desarrollado la Fundación para la divulgación y la comunicación del conocimiento cultural y científico en Chile, es el Festival Puerto de Ideas Valparaíso.

Desde sus inicios, en 2011, se ha posicionado como la fiesta del pensamiento contemporáneo más importante de

Puerto de Ideas se ha transformado en uno de los agentes culturales más reconocidos en Chile y Latinoamérica. Desde sus inicios, en 2011, ha democratizado el acceso al conocimiento científico y cultural a través de instancias multidisciplinares que conectan diversas temáticas con públicos heterogéneos.

América Latina. Se han realizado once festivales de reflexión en torno a la cultura, los procesos creativos, las ideas y las preguntas más desafiantes que está enfrentando el mundo. Más de 210.000 personas han participado de manera presencial de las más de 300 actividades que se han desarrollado en los festivales. Es una instancia multidisciplinaria donde se cruzan temáticas humanistas, científicas y artísticas.

En sus 10 años ha dado la bienvenida a más de 400 voces provenientes de los más diversos campos de conocimiento. Destacan el Premio Nobel de Economía estadounidense, Joseph Stiglitz; el Premio Nobel de Medicina, Michael Rossbach; el filósofo búlgaro-francés y Premio Princesa de Asturias, Tzvetan Todorov; la escritora estadounidense y Premio Princesa de Asturias, Siri Hustvedt; el escritor cubano Premio Princesa de Asturias, Leonardo Padura; la socióloga holandesa y Premio Príncipe de Asturias, Saskia Sassen; la semióloga y psicoanalista francesa, Julia Kristeva; el sociólogo y economista español Manuel Castells; las escritoras argentinas Mariana Enríquez y Selva Almada; el escritor israelí David Grossman; Judith Butler, intelectual estadounidense; el poeta Raúl Zurita; el arquitecto y Premio Pritzker, Alejandro Aravena; el escritor argentino Alan Pauls; Alfredo Jaar, artista visual chileno; el historiador italiano Carlo Ginzburg; Salvatore Settis, historiador del arte italiano; el intelectual chileno Gastón Soublette; Nicole Krauss, escritora estadounidense; el cineasta español Fernando Trueba; Javier Cercas, escritor

español; Guillermo Arriaga, escritor mexicano y director de cine; Gilles Lipovetsky, filósofo y sociólogo francés; la escritora española Almudena Grandes; Beatriz Sarlo, ensayista argentina; la antropóloga chilena Sonia Montecino, entre muchos otros.

Festival Puerto de Ideas Antofagasta: generando espacios de vinculación entre la ciencia y la sociedad

El Festival de Ciencia Puerto de Ideas Antofagasta, por su parte, es fundamental para el impulso de la cultura científica, la apropiación social de la ciencia y la formación de un ecosistema en torno a la ciencia, tecnología e innovación en Antofagasta y el país. En sus ocho versiones, se ha establecido como una de las experiencias de reflexión científica más importantes de Chile y América Latina, ha reunido a cerca de 220.000 personas y se han realizado más de 350 actividades.

En el festival se abordan temáticas científicas atinentes a la actualidad nacional, internacional y sus desafíos, tales como: astronomía, astrofísica, astrobiología, medicina, neurociencia, psicología, sociología, educación, física, economía, arqueología, antropología, paleontología, *big data*, robótica e inteligencia artificial, informática, ecología, biología marina, oceanografía, geología, geografía, climatología y bioquímica, entre otros. A través de un lenguaje cercano y con actividades con formatos diversos, como conferencias, talleres, conversaciones y espectáculos, ha promovido el desarrollo de capacidades que permiten a las personas apropiarse de los beneficios del conocimiento científico, potenciando espacios donde se conecta la ciudadanía con investigadores, descubrimientos y tecnologías que son relevantes para la construcción del futuro.

Han participado más de 330 invitados como la cristalógrafa israelí y Premio Nobel de Química, Ada Yonath; el neurobiólogo estadounidense y Premio Nobel de Química, Martin Chalfie; el biólogo israelí Aaron Ciechanover, Premio Nobel de Química; el físico francés, Premio Nobel de Física, Serge Haroche; el físico alemán y Premio Nobel de Medicina Erwin Neher; el matemático francés y medalla Fields, Cedric Villani; el físico óptico francés, Alain Aspect; el informático teórico británico-estadounidense, Leslie Valiant; la astrobióloga franco-estadounidense, Nathalie Cabrol; el neurobiólogo británico, Semir Zeki; la científica informática suiza-canadiense, Nadia Magnenat-Thalmann; el físico teórico italiano, Carlo Rovelli; la neurocientífica brasileña, Suzana Herculano; la medioambientalista ecuatoriana, Yolanda Kakabadse; el biólogo mexicano, Antonio Lazcano; Eric Goles, matemático chileno; Lautaro Núñez, arqueólogo chileno; María Teresa Ruiz, astrónoma chilena; el neurocientífico chileno Ramón Latorre; la bioquímica Cecilia Hidalgo; la climatóloga chilena Maisa Rojas; la bióloga chilena Cristina Dorador; el astrónomo chileno Mario Hamuy; el físico chileno César Hidalgo; Ricardo Lagos abogado y ex Presidente de Chile, y el escritor chileno Benjamín Labatut, entre muchos otros.

Programa Educativo presencial y virtual: acercando el festival a las comunidades escolares

Otra iniciativa que fomenta el vínculo entre ciencia y sociedad y el desarrollo de redes de colaboración es el Programa Educativo. Con el objetivo de descentralizar el conocimiento científico, se generan experiencias de aprendizaje para escolares en un contexto de educación no formal, con los invitados de cada festival y otras instituciones participantes. Se movilizan los festivales hacia nuevos territorios y audiencias de las regiones de Antofagasta y Valparaíso, que por razones

geográficas y/o socioeconómicas tienen menos acceso a la circulación de temáticas científicas y culturales. Con este objetivo se realizan charlas, talleres, conversaciones, entrevistas, laboratorios con destacados invitados que visitan los establecimientos educativos, convirtiéndose en una instancia única de fomento de la cultura científica en los estudiantes.

Para ampliar el alcance de las actividades del Programa Educativo y fomentar la apropiación social de la ciencia, en 2020 se diseñó y comenzó a implementar un Programa Educativo Digital, que permite a los escolares de todo Chile introducirse en diversas disciplinas desde una mirada multidisciplinaria, complementando los conocimientos adquiridos en sus colegios mediante el acceso a todos los videos de la Mediateca de Puerto de Ideas. De esta forma, este programa busca apoyar la labor de los profesores tanto en las clases a distancia como presenciales, a través de fichas pedagógicas elaboradas para la planificación docente que facilitan el uso de los videos de la Mediateca como recursos didácticos, vinculando sus contenidos con los objetivos de aprendizaje del Currículum Escolar Nacional del Ministerio de Educación.

Paseo por la Ciencia: democratizando el conocimiento científico

Para profundizar la descentralización y democratización del conocimiento científico-tecnológico hacia públicos infanto-juvenil y familiar, así como la formación de redes de colaboración, desde 2018 se realiza el Paseo por la Ciencia en el marco del Festival de Antofagasta. Es un circuito de experiencias interactivas y lúdicas para niñas, niños, jóvenes y sus familias, a cargo de instituciones líderes en la divulgación de la ciencia en Chile, que buscan acercar el conocimiento científico y tecnológico a la ciudadanía.

Con el Paseo por la Ciencia se busca profundizar el impacto que tiene el festival en la región, diversificando las metodologías, los públicos y los espacios a través de stands, talleres y charlas. Además, visibiliza el trabajo y las investigaciones realizadas por las instituciones colaboradoras, posibilitando un mayor desarrollo de la comunicación de la ciencia. Asimismo, es una plataforma para todas las instituciones que están haciendo ciencia con metodologías diversas e innovadoras, muchas de las cuales son instituciones locales, lo que es un aporte para el desarrollo de la ciencia a nivel regional. Así, se ha construido una extensa red de colaboración en torno al paseo, donde han participado más de 100 instituciones.

Cátedras Puerto de Ideas: vinculando a las personas con las reflexiones contemporáneas más relevantes

En línea con lo anterior y con el objetivo de promover la participación cultural y el pensamiento crítico durante todo el año, se realizan las Cátedras Puerto de Ideas: cuatro clases magistrales anuales dictadas por destacados invitados internacionales ante los estudiantes de la Universidad de Valparaíso y de la Universidad Católica. La Cátedra Puerto de Ideas - UV surge de un convenio suscrito en 2019 con la Facultad de Ciencias Sociales de dicha Universidad, orientada a mantener actividades académicas de interés abiertas a todo público, articuladas en torno a la cultura y el pensamiento.

En agosto de 2020, la cátedra fue inaugurada por el reconocido sociólogo francés François Dubet, quien reflexionó sobre los cambios en las prácticas educativas en contexto de pandemia. Posteriormente, en noviembre, el politólogo español Joan Subirats, abordó la participación política en la juventud actual, sus ideas sobre las nuevas generaciones y el futuro.

Asimismo, en septiembre de 2021, la destacada filósofa estadounidense Martha Nussbaum inauguró la Cátedra Puerto de Ideas - UC, organizada en conjunto con la Facultad de Historia, Geografía y Ciencia Política de la Universidad Católica, donde analizó la atmósfera de miedo, ira y polarización que impregna el momento político global y sus ideas filosóficas sobre las emociones en la sociedad.

Mediateca digital: nuevas formas de vincularse con los contenidos de Puerto de Ideas

Junto con el desarrollo de la página web, se diseñó e implementó una Mediateca Digital con todo el contenido desarrollado por la Fundación en sus casi once años de historia. Videos, *podcasts*, libros y exposiciones se ponen a disposición del público durante todo el año, en un formato amigable que permite una búsqueda eficiente. Se ordenaron, sistematizaron y editaron más de 360 videos de actividades de los festivales de Antofagasta y Valparaíso. Asimismo, se han generado *podcast* y versiones digitales de los libros que se han publicado en conjunto con la Universidad de Valparaíso. Además, existen cerca de 200 videos que se vinculan a contenidos científicos, agrupados en las categorías de Astronomía, Biología, Ciencia y Medioambiente, Física, Inteligencia Artificial, Matemática y Neurociencia.

LA IMPORTANCIA DE COMPRENDER NUESTRAS AUDIENCIAS

Un elemento central de la labor de Puerto de Ideas es comprender en profundidad a sus públicos, el impacto que sus actividades tienen en la formación de audiencias y el fomento de la cultura científica en el país, así como guiar las decisiones de la fundación a través de la generación de instrumentos. Es por ello que el área de estudios realiza desde

2015 encuestas de caracterización de audiencias e impacto percibido, para conocer a quienes participan cada año en los festivales; saber quiénes son, de dónde vienen, cómo evalúan su experiencia y cómo valoran el impacto Puerto de Ideas. Se han realizado cinco encuestas para el Festival de Valparaíso, en conjunto con la Universidad de Valparaíso y tres aplicadas en Antofagasta, desarrolladas en conjunto con la Universidad Católica. Además, desde 2017 se desarrollan grupos focales con asistentes del Festival.

Puerto de Ideas siempre ha querido formar nuevas audiencias. Además, cuenta con un público altamente fidelizado, que se caracteriza por su entusiasmo, curiosidad y apertura al conocimiento. Son omnívoros culturales, es decir, consumen frecuentemente diversos productos culturales (libros, teatro, danza, cine, música, museos, etc.) y perciben a Puerto de Ideas como una instancia que fomenta esa participación y consumo cultural, proponiendo temas e invitados innovadores a través de una programación de calidad. Asimismo, con los años ha aumentado la presencia de público extranjero, lo que se ha intensificado con las realizaciones virtuales de los últimos festivales, ampliando el alcance de los contenidos de Puerto de Ideas a todo el mundo, nutriendo así sus redes internacionales.

LAS ALIANZAS Y REDES DE PUERTO DE IDEAS

El trabajo en red y la formación de alianzas es fundamental para impulsar la cultura científica y generar un ecosistema que propicie el desarrollo de la ciencia y la tecnología en el país. En este sentido, Puerto de Ideas y sus diversas iniciativas se han construido gracias a una amplia red de alianzas con instituciones nacionales e internacionales, diplomáticas, científicas, culturales y editoriales, que han impulsado la

programación, producción y financiamiento de las actividades, permitiendo el desarrollo de festivales con invitados y temas atractivos. De esta manera, el trabajo colaborativo en red es fundamental para el desarrollo de las actividades de la fundación.

Esta cuenta con una importante red de colaboración con instituciones nacionales y regionales. Destaca el apoyo del Ministerio de las Culturas, las Artes y el Patrimonio y del Ministerio de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación, además de universidades, institutos profesionales, colegios, municipios, centros culturales, museos, teatros, bibliotecas, juntas de vecinos, entre otras organizaciones, que han permitido el desarrollo de las iniciativas de Puerto de Ideas en los territorios de Valparaíso y Antofagasta, apoyando en la programación, levantando contenidos relevantes para las comunidades y difundiendo las actividades.

Asimismo, Puerto de Ideas se ha transformado en un puente entre la comunidad y los científicos, académicos de Chile y el mundo, sus descubrimientos, experiencias e investigaciones. Cada año un 25% de los invitados son extranjeros de distintos países. Esta orientación multidisciplinaria ha permitido estimular el diálogo e intercambio entre invitados, científicos, dando cabida al desarrollo de nuevos proyectos e investigaciones entre distintas áreas que han traspasado fronteras. En esta misma línea, el vínculo con embajadas y otras instituciones internacionales, ha sido clave para el desarrollo de los festivales y el fomento de la colaboración. Sin estas redes no sería posible la realización de las actividades de Puerto de Ideas.

A continuación, se desarrollarán algunos ejemplos de estas alianzas, relevando su importancia para la labor de Puerto de Ideas.

La relación con el Instituto Francés de Cultura, ha permitido la participación de tres compañías de teatro y 26 destacados pensadores franceses, entre los que destacan Serge Haroche, Alain Aspect, Marc Auge, Julia Kristeva, Tzvetan Todorov, François Hartog y Philippe Claudel, así como las compañías Galapiat, Somnium y Compañía Bam.

Asimismo, desde 2017 se generó una alianza con el festival de cine de documentales científicos francés Pariscience, que ha permitido proyectar sus películas durante los festivales de Antofagasta, acercando aún más la ciencia a la ciudadanía desde formatos diversos.

Otro ejemplo de la importancia de las redes internacionales es el vínculo con el Instituto Italiano de la Cultura que ha permitido que más de 20 destacados invitados hayan participado en los festivales, entre los cuales destacan Carlos Ginzburg, Paolo Giordano, Carlo Rovelli, Pía de Rossignaud, Nuccio Ordine, Antonio Scurati, Chiara Cirelli, Stefano Nolfi, Luigi Naldini, entre otros. Asimismo, junto a la Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo y su Centro Cultural de España, se ha desarrollado una relación que ha permitido la participación de más de 30 pensadores e investigadores españoles, tales como Manuel Castels, Vicente Serrano, Fernando Vallespín, Adela Cortina, Pere Estupinyà, Daniel Innerarity, Xavier Barcons, Sandra González-Bailón, entre muchos otros.

Dentro de las redes de colaboración de Puerto de Ideas también está la relación que la fundación ha mantenido con

la Embajada de Estados Unidos, reflejo de esto son las actividades realizadas en conjunto con el Museo Americano de Historia Natural de Nueva York y la presencia de importantes invitados como Joseph Stiglitz, Siri Hustvedt, Martin Chalfie, Michael Rossbach, Nicole Krauss, Jon Lee Anderson, Daniel Sandweiss y Nathalie Cabrol, entre otros. En esta misma línea, Puerto de Ideas cuenta también con la colaboración del Consejo para las Relaciones entre Australia y América Latina (COALAR), lo que ha permitido desarrollar actividades en conjunto en los festivales.

Asimismo, instituciones como el British Council y el Goethe Institut han facilitado la participación de destacados invitados británicos y alemanes, nutriendo la programación de los festivales y las diversas iniciativas de Puerto de Ideas con sus culturas y reflexiones. También colabora el Instituto Seti, lo que ha permitido desarrollar en los festivales actividades en torno al origen y vida en el universo. Se suma una alianza con el festival italiano de ciencia BergamoScienza que ha impulsado el desarrollo de los festivales en Antofagasta. Además, Puerto de Ideas ha generado lazos de colaboración con la organización artística estadounidense Art Midwest y con el festival cultural italiano Dialoghi sull'uomo, lo que ha nutrido la programación de los festivales de Puerto de Ideas cada año.

Además, en 2019 suscribió un convenio con el Foro de la Economía del Agua de la Universidad de Alcalá, para potenciar la programación de temáticas del agua en el Festival de Ciencia Puerto de Ideas Antofagasta. También, desde 2021 es parte de Word Alliance, que reúne a los principales festivales de literatura del mundo. Con un espíritu internacional, busca conectar diferentes eventos literarios, con el objetivo de mejorar aún más la programación de cada festival.

Entre los más de 30 festivales que componen esta red, se encuentran el Hay Festival de Gales, el Edinburgh International Book Festival de Escocia, el Melbourne Writers Festival de Australia, Passa Porta de Bélgica y FILBA de Argentina.

CONCLUSIÓN

Como se ha explicado a lo largo de este artículo, aún son escasas las oportunidades que existen en Chile para que la ciudadanía pueda acceder al conocimiento científico. En este contexto, Puerto de Ideas busca estrechar el vínculo entre la ciencia, sus preguntas y sus aproximaciones a respuestas a través del Festival de Valparaíso, el Festival de Ciencia de Antofagasta, los Programas Educativos, el Paseo por la Ciencia, las Cátedras Puerto de Ideas y la Mediateca Digital, entre otras iniciativas. Nos importa la diversidad y calidad de nuestros invitados, por lo que contamos con consejos asesores para cada festival, que permiten, por una parte, generar una red nacional e internacional de contactos con Chile, y por otro, desarrollar una curatoría que asegure una programación diversa y sin criterios políticos. Así, la fundación ha construido una propuesta única de aproximación a la ciencia y la tecnología, creando nuevos cruces entre disciplinas, saberes y culturas.

Con las actividades que realizamos durante todo el año, fomentamos la cultura científica en la ciudadanía, abriendo el acceso a contenidos de excelencia, desde múltiples perspectivas, lenguajes y formatos. Con un enfoque crítico y creativo, buscamos despertar en las personas la curiosidad por explorar, cuestionar y transformar su entorno, a través de una verdadera apropiación del conocimiento científico. En este contexto, la formación de alianzas con organizaciones internacionales ha sido fundamental para que podamos llevar

a cabo nuestras actividades en los territorios de Valparaíso y Antofagasta. El proyecto se construye gracias a este trabajo colaborativo en red que se ha ido nutriendo cada año con nuevas instituciones y alianzas, potenciando el trabajo de programación y producción de la fundación.

A lo anterior se suma el desarrollo de los Programas Educativos y el Paseo por la Ciencia, que fomentan la apropiación social de la ciencia en niños, niñas y jóvenes, y el intercambio de conocimientos y experiencias con investigadores, laboratorios y museos nacionales e internacionales. Estas actividades se construyen en conjunto con los socios y comunidades educativas de las regiones de Valparaíso y Antofagasta, transformando a Puerto de Ideas en un puente entre la comunidad educativa, los científicos y académicos de Chile y el mundo, sus descubrimientos, experiencias de vida e investigaciones, promoviendo el desarrollo de capacidades que permiten a los niños, niñas y jóvenes apropiarse de los beneficios de estos conocimientos.

Tal como hemos mencionado, la ciencia es fundamental para construir comunidades que entiendan los procesos a su alrededor y utilicen el conocimiento científico para sus decisiones cotidianas. En este sentido, es necesario seguir fomentando el interés sobre temáticas científicas en la población y, a su vez, entregar herramientas adecuadas para que los investigadores comuniquen las dinámicas del proceso científico. Asimismo, la construcción del conocimiento científico y su comunicación y apropiación es un proceso que involucra diversas disciplinas, investigadores e instituciones, por lo que la diplomacia y la formación de redes de colaboración se tornan fundamentales para generar instancias que potencien el desarrollo de la ciencia y la cultura científica en el país.

La construcción del conocimiento científico es un proceso cooperativo que involucra a diversos actores y se enmarca en un contexto global que implica el desarrollo de espacios para que estos se vinculen, colaboren y generen una cultura en torno a la ciencia y tecnología. Desde este contexto, es que las redes diplomáticas se vuelven fundamentales, porque permiten el posicionamiento de Chile en el proceso de internacionalización de la ciencia, facilitando el encuentro entre los principales actores de la CyT en Chile, fomentando el desarrollo de la ciencia a nivel local, con una mirada global, y apoyando instancias de comunicación científica y educación no formal como Puerto de Ideas, que permiten desarrollar un vínculo bidireccional entre ciencia y sociedad.

Finalmente, hay que explorar todos los formatos para eliminar las barreras entre ciencia y sociedad, y que las personas adquieran conocimientos y herramientas para comprender, desde su propio interés, el quehacer científico. Asimismo, las redes de colaboración son imprescindibles para generar un ecosistema que potencie la cultura científica en el país, donde los científicos cuenten con espacios para comunicar, en un lenguaje cercano y accesible, sus investigaciones y descubrimientos al público.

La invitación de Puerto de Ideas es a maravillarse y asombrarse con la ciencia, aproximarse a ella desde lenguajes no tradicionales para que verdaderamente se potencie la cultura científica en la población y producir una apropiación. Solo una sociedad que entienda el proceso científico, que se empodere e involucre con la ciencia, logrará beneficiarse de los resultados de la apropiación de esta y tendrá una posición activa en la toma de decisiones, utilizando el conocimiento científico en su vida cotidiana de manera informada y crítica.

BIBLIOGRAFÍA

- Alvial, C. (2019). Vinculación Ciencia y Sociedad: Una guía para responder al porqué, cómo y para qué evaluar. Consejo Nacional de Innovación para el Desarrollo.
- Blanco, A. (2004). Relaciones entre la educación científica y la divulgación de la ciencia. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 1(2),70-86.
- Centro de Microdatos de la Universidad de Chile (2019). Informe Final: Segunda Encuesta de Percepción y Apropiación Social de la Ciencia y Tecnología en Chile. Facultad de Economía y Negocios. Recuperado de: <https://investigacioneinnovacion.udp.cl/wp/wp-content/uploads/2019/12/Segunda-Encuesta-de-Percepci%C3%B3n-y-Apropiaci%C3%B3n-Social-de-la-Ciencia-y-la-Tecnolog%C3%ADa-en-Chile.pdf>
- CONICYT (2019). Encuesta Nacional Percepción Social de la Ciencia y la Tecnología en Chile. Recuperado de encuesta percepción ciencia MK - final 30.9.19[1] (conicyt.cl)
- CONICYT (2016). Resumen Ejecutivo. Encuesta Nacional de Percepción Social de la Ciencia y Tecnología en Chile 2016. Departamento de Estudios y Gestión Estratégica. Recuperado de resumen-ejecutivo-encuesta-nacional-de-percepcion-social_web.pdf (conicyt.cl)
- CONICYT (2015). Principales indicadores cuantitativos de la actividad científica chilena. Recuperado de SIC - Sistema de Información Científica - CONICYT (informacioncientifica.cl)
- CONICYT (2014). Consideraciones para la definición y medición de la Cultura Científica en Chile. Recuperado de: <https://www.conicyt.cl/wp-content/uploads/2014/07/Informe-de-Resultados-Comisi%C3%B3n-Nacional-en-Cultura-Cient%C3%ADfica.pdf>
- CONICYT (2010). Región de Antofagasta: Diagnóstico de la capacidades y oportunidades de desarrollo de la Ciencia,

- Tecnología y la Innovación. Recuperado de: <https://www.conicyt.cl/regional/files/2013/06/Antofagasta.pdf>
- Godin, B. (2000). What is scientific and technological culture and how is it measured? A multidimensional model. *Public Understanding of Science*, 9(1), 43-58.
- González, G. & Gómez, J. (2014). La colaboración científica: Principales líneas de investigación y retos de futuro. *Revista Española De Documentación Científica*, 37(4), E062.
- Holliman, R.; Collins, T., Jensen, E. & Taylor, P. (2009). ISOTOPE: Informing Science Outreach and Public Engagement. Final Report of the NESTA-funded ISOTOPE Project. Milton Keynes: The Open University. House of Lords Select Committee on Science and Technology (2000) Third Report on Science and Society. London.
- Jensen, E. & Buckley, N. (2014). Why people attend science festivals: Interests, motivations and self-reported benefits of public engagement with research. *Public Understanding of Science*, 23(5), 557-573.
- Cámara, M.M.; Laspra, B. y López, J.A. (2017). Apropiación social de la ciencia en España. En J. Lobera (ed.), *Percepción social de la Ciencia y la Tecnología 2016*. (pp. 19-49). Madrid: Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología, FECYT.
- Lozano, M (2008). El nuevo contrato social sobre la ciencia: retos para la comunicación de la ciencia en América Latina. *Razón y Palabra* (65).
- Ministerio de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación (2020). Encuesta sobre Gasto y Personal en I+D año 2018 Resultados preliminares. Recuperado de Presentación de PowerPoint (miciencia.gob.cl)
- Ministerio de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación (s.f). Ministerio de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación. Recuperado de https://cdn.digital.gob.cl/filer_public/27f98/2798ac23-2590-4855-a42d-0e0a4965a16c/24_min-ciencias-f.pdf

- Olmedo, J. (2011). Educación y Divulgación de la Ciencia: Tendiendo puentes hacia la alfabetización científica. *Revista Eureka Sobre Enseñanza Y Divulgación De Las Ciencias*, 8(2), 137-148.
- Organización de Estados Iberoamericanos.(2012). Ciencia, tecnología e innovación para el desarrollo y la cohesión social: Programa iberoamericano en la década de los bicentenarios. Recuperado de <http://eulachealth.eu/test/wp-content/uploads/2013/07/ciencia-tecnologia-e-innovacion-para-el-desarrollo-y-la-cohesion-social.pdf>
- Sanz, A.; Alcalá, L. & Bacallao, L. (2014). Comunicación pública de la ciencia, cultura científica y sentido de localidad. El caso de la ciudad de Teruel, España. *Revista Latina De Comunicación Social*, 69(69), 618-636.
- Sebastián, J. (2006). La Cooperación Universitaria para el fomento de la cultura científica. *Pensar Iberoamérica: Revista de cultura*, (8), 1-7.
- UNESCO (2016). “Políticas Públicas e Instrumentos para el Desarrollo de la Cultura Científica en América Latina”. Montevideo: LATU; UNESCO; RedPOP.

Parte 2

El SARS-CoV-2:
un desafío mayor para el diálogo entre ciencia y política

Pandemias y Salud Global

*Giorgio Solimano**
*Jorge Ramírez***
*Leonel Valdivia****

INTRODUCCIÓN

La pandemia por COVID-19 ha generado, a nivel global, una situación de catástrofe en prácticamente todos los ámbitos de nuestra vida y acarreado escenarios impredecibles para el futuro. El amplio campo de la salud no escapa a esta realidad, está siendo sometido a profundas transformaciones, adquiriendo una relevancia que era difícil de predecir e imaginar hace dos años.

Nuevos y efectivos métodos de diagnóstico y tratamiento, junto con acciones de promoción y prevención individual y colectiva en salud pública, muchas veces implementadas tardíamente, resultan indispensables. El carácter global que

* Médico Cirujano, Profesor Titular Facultad de Medicina, U. de Chile.

** Médico Cirujano, Profesor Asistente Facultad de Medicina, U. de Chile.

*** Colaborador Programa de Salud Global, Facultad de Medicina, U. de Chile.

han adquirido diversas enfermedades transmisibles y otras afecciones crónicas, que igualmente alcanzan magnitudes no reconocidas, plantean desafíos en el presente y futuro para la sociedad planetaria. Abordar estos problemas no admite espera, para lo cual se requiere de políticas, planes, acciones y recursos de grandes dimensiones y, sobre todo, un esfuerzo colectivo, solidario e interdisciplinario, que -por sus características de masividad y globalidad- se ha visto pocas veces en nuestra historia.

Aún cuando el objetivo de este artículo es abordar preferentemente la significación e impacto del COVID-19, creemos que por el carácter de la audiencia es conveniente situar este análisis en un contexto más amplio e integral, al reconocer que los riesgos en salud a nivel mundial son múltiples y diversos. Además, muchas veces ellos actúan de manera sinérgica y gran parte de sus determinantes son sociales, culturales y económicas, las que desde comienzos de este siglo han adquirido creciente significación, al identificarlos como “las causas de las causas” tanto a nivel nacional como global.

Según diversos autores, algunos de ellos citados en este artículo, los principales problemas globales de salud al año 2021 son variados. Entre ellos destacan las pandemias “globales”, así como la contaminación atmosférica y el cambio climático; las enfermedades crónicas no transmisibles; el acceso a medicamentos y la resistencia antimicrobiana; las epidemias de Ébola, Dengue, VIH y otros gérmenes; los ambientes frágiles y en conflicto; una débil atención primaria; el comportamiento antivacunas, y la falta de una alimentación saludable y nutricionalmente satisfactoria. Como se observa, todos estos temas constituyen una pléyade de elementos que afecta a diversas poblaciones con intensidad diferente y que

Nuevos y efectivos métodos de diagnóstico y tratamiento, junto con acciones de promoción y prevención individual y colectiva en salud pública, muchas veces implementadas tardíamente, resultan indispensables.

han ido adquiriendo dimensiones globales con el transcurrir del tiempo.

La primera parte del artículo consta de los antecedentes e información actualizada sobre la pandemia, incluyendo definiciones, algunos aspectos históricos, y el dimensionamiento del impacto del COVID-19 y sus efectos durante el avance de la enfermedad y el período posterior. Una segunda parte incursionará en los posibles escenarios a futuro y las recomendaciones que aparecen como más apropiadas desde la perspectiva de salud pública. Igualmente, se hará referencia a los conceptos de salud global, salud planetaria y diplomacia en salud, ámbitos que han adquirido importancia creciente en los últimos 20 años.

DEFINICIONES

Desde su establecimiento en el quehacer de las instituciones académicas, se han formulado diversas definiciones de Salud Global. Durante la última década, una de las más citadas es la de Jeffrey Koplan y colegas (Koplan et al., 2009), que definen la Salud Global como “un área de estudio, investigación y práctica, que prioriza el mejoramiento de la salud y el logro de equidad en salud de la población mundial” y que además pone énfasis en “temas transnacionales de salud, sus determinantes y soluciones; comprende múltiples disciplinas dentro y más allá de las ciencias de la salud, promueve la colaboración interdisciplinaria y es una síntesis de la prevención a nivel poblacional con el cuidado

individual de la salud”. En el artículo en que se planteó esta definición, se hacía una diferencia entre Salud Global y Salud Pública, lo que fue motivo de objeción por parte de Lynda Fried y colegas (Fried et al., 2010) quienes plantean que “salud global y salud pública son indistinguibles. Ambos campos ven la salud en términos de bienestar físico, mental y social, más allá que meramente la ausencia de enfermedades”, agregando que en las dos áreas se “enfatan políticas a nivel poblacional, como también enfoques de promoción de la salud a nivel individual” y se preocupan de “las causas de la mala salud a través de estrategias científicas, sociales, culturales y económicas”.

Como se puede apreciar, estas definiciones provienen principalmente del Norte Global, específicamente del Reino Unido y Estados Unidos. Una reciente revisión sistemática (Salm, Ali, Minihane, & Conrad, 2021) concluye que, reconociendo que se trata de un campo en desarrollo, las definiciones en torno a la Salud Global debieran cambiar la pregunta desde el “qué” (ámbitos, objetivos, prácticas) hacia el “quién” realiza estas definiciones. Esta perspectiva aporta una mirada pragmática, pero a la vez altamente crítica respecto de los paradigmas hegemónicos.

Es así como algunas instituciones ensayan algunas delimitaciones más específicas. Keith Martin, Director Ejecutivo del Consorcio de Universidades por la Salud Global (CUGH), opta por una definición mucho más concisa al definirla como “una disciplina que avanza esfuerzos para mejorar el bienestar de la población y del planeta”(Cemma M, 2017). Es interesante notar que al final del artículo, Fried et al. (Fried et al., 2010) comentan que “la Salud Global es aún a menudo percibida como ayuda internacional, tecnologías e intervenciones que fluyen de países más ricos en el norte

global a países más pobres en el sur global”. Esto sirve para explicar la diferencia de visión de las instituciones académicas miembros de la Alianza Latinoamericana de Salud Global (ALASAG), quienes definieron la Salud Global en los siguientes términos: “las instituciones académicas integrantes de ALASAG, entendemos la salud global como una manera de ver y abordar la salud como un bien público mundial, un tema de justicia social y un derecho universal, el cual gira en torno a la equidad, la ética y el respeto a los derechos humanos”. En tal sentido, desde una visión latinoamericana promovida por ALASAG, se encamina a subsanar las inequidades, aprovechando similitudes, sinergias e intereses comunes entre los países de la región.

Nuestro Programa de Salud Global en la Escuela de Salud Pública “Dr. Salvador Allende G.” de la Universidad de Chile aporta su propia contribución, indicando que “la Salud Global se entiende como un proceso de salud poblacional dinámico, influido por determinantes que superan las fronteras nacionales y se transforman en comunes, tales como los modelos de desarrollo, el comercio, el medioambiente, el avance tecnológico, las comunicaciones y el transporte, entre otros”. Más específicamente, en una perspectiva académica, se trata de “una disciplina orientada a formar, investigar y actuar en problemas, determinantes y soluciones de carácter transnacional, para lograr el mejoramiento de la salud y de la equidad en salud a nivel global” (Solimano & Valdivia, 2014).

Es en este contexto que presentamos algunos conceptos básicos, que resultan clave para entender la perspectiva de Salud Global respecto del avance de la enfermedad que nos convoca. En un primer lugar, es necesario establecer el vocablo *pandemia*, término del griego antiguo *pándemos*: “lo que afecta a todas las personas, público, general”, y que no

es otra cosa que la rápida propagación de una enfermedad transmisible a escala mundial y, en consecuencia, afecta a una gran parte de la población mundial. En términos prácticos, existe consenso en que debe haber casos en al menos más de un continente, y debe haber transmisión comunitaria. Es decir, que los casos no sean importados, sino adquiridos dentro del mismo territorio.

Para mayor claridad, revisaremos los conceptos asociados a epidemia y endemia. La primera se define como la propagación de una enfermedad, generalmente infecciosa (aunque actualmente se acepta la “transmisibilidad” de enfermedades crónicas por factores culturales y ambientales), que afecta casi simultáneamente a una colectividad de individuos o una población humana determinada, con una difusión bien definida en el espacio y el tiempo, teniendo el mismo origen. Además, esta afectación es relativamente inesperada y por sobre los registros históricos del territorio particular. Una pandemia no es más que una epidemia a mayor escala.

La endemia, por su parte, es un término que se refiere a un proceso patológico que se mantiene de forma estacionaria en una población o espacio determinado durante períodos prolongados. Puede tratarse de enfermedades infecciosas y no infecciosas, ya que el vocablo puede usarse para diversos padecimientos y condiciones. Pueden existir variaciones en el tiempo (la clásicas estacionalidad de enfermedades respiratorias en invierno, por ejemplo), pero en general son enfermedades que se presentan de manera estable en el tiempo.

Para finalizar este apartado, nos parece necesario mencionar dos perspectivas que, si bien habían tenido cierto desarrollo previo a la pandemia, han adquirido relevancia como herramientas útiles en la comprensión y abordaje de este tipo

de amenazas, y que vienen de mundos alejados (habitualmente) de las ciencias médicas. Por un lado se encuentra la Salud Planetaria (Whitmee et al., 2015), que se constituye como una aproximación al conocimiento de la interdependencia entre la actividad humana y los sistemas naturales como el agua, el aire, la tierra o la biodiversidad y su impacto en el bienestar de las personas.

Una Salud (One Health) (Zinsstag, Meisser, Schelling, Bonfoh, & Tanner, 2012), es un nuevo enfoque integrado que reconoce que la salud de los animales, las personas, las plantas y el medio ambiente están relacionadas. Acá se reconoce esta relación fundamental y se garantiza que los diferentes especialistas trabajen juntos para hacer frente a las amenazas para la salud de los animales, los seres humanos, las plantas y el medio ambiente.

SÍNTESIS HISTÓRICA Y FUTURO DE LAS PANDEMIAS

La revisión de artículos recientes sobre diferentes pandemias a lo largo de la historia, muestra que estamos frente a un nuevo agente enemigo, pero también -con perspectiva histórica- frente a problemas conocidos desde tiempos muy antiguos, que cobraron muchas vidas y alteraron el desarrollo de diferentes sociedades.

Miguel Ángel Sánchez-González, profesor de Historia de la Medicina y Bioética de la Universidad Complutense de Madrid, afirma que las epidemias son “inevitables, y que su riesgo aumenta en proporción al tamaño, la complejidad y el poder tecnológico de nuestras sociedades” (Sánchez-González, 2021). En general, los eventos epidémicos serían consecuencias de cambios ambientales relacionados con

modificaciones de las actividades humanas, comprobándose la estrecha interacción con otras especies (microorganismos).

El historiador reconoce tres elementos que hacen que, al menos actualmente, no podamos cambiar el curso de estas “catástrofes epidémicas”. Por un lado, no existen alternativas al ciclo en que nos alimentamos (y somos alimento) de los microbios. Por otro lado, las infecciones son, en esencia, formas de evolución y regulación de los ecosistemas. Y, finalmente, las técnicas humanas necesariamente modifican equilibrios previos de estas especies y hábitats. De modo muy resumido, sostiene que las sociedades son “más vulnerables cuanto más complejas... los éxitos humanos en la modificación de condiciones ambientales conservan, o más bien aumentan, el riesgo de catástrofes epidémicas”.

Una revisión del acontecer histórico ayuda a comprender la situación en que nos encontramos en la actualidad. Se han constataado signos de infección e infestación en un gran número de fósiles de todos los períodos geológicos. Debemos pensar pues, que las enfermedades infecciosas son tan antiguas como la vida sobre la tierra, siendo posible identificar ciclos o períodos de la evolución y avance de las enfermedades infecciosas. Siguiendo al mismo historiador, durante el período en que la humanidad subsistió principalmente de la caza y recolección, en particular con evidencias del territorio africano, los humanos lograron un equilibrio con los microbios. Con la emigración hacia lugares fuera del continente, muchos gérmenes no pudieron seguir a sus huéspedes habituales y esos primeros períodos de características nómadas se transformaron en la época de mayor salud respecto de los brotes epidémicos de la historia humana.

Con la evolución hacia el sedentarismo y la agricultura, los focos de infección se hicieron más frecuentes por el aumento de densidad en los territorios y la domesticación de animales. Se empiezan a configurar nuevos sistemas “eco-sanitarios”, inicialmente aislados e independientes, que progresivamente se van fusionando entre sí por efectos de la globalización, hasta conformar en la actualidad un sistema único e interconectado, en el que “no existen barreras infranqueables y donde toda alteración local puede afectar al resto”.

En la segunda mitad del siglo pasado, las epidemias infecciosas parecían erradicadas, con la excepción de las epidemias recurrentes de gripe como último vestigio a controlar. Sin embargo, el panorama en las últimas décadas no había mejorado. A pesar de algunos éxitos aislados como la erradicación de la viruela en los '80, varias situaciones negativas pueden mencionarse, tales como el aumento de la frecuencia de algunas infecciones “antiguas” o que se consideraban relativamente controladas; la resistencia a los antibióticos de uso habitual de los gérmenes; el resurgimiento de algunas infecciones en personas vulnerables, como resultado de mejoras en el tratamiento médico, y sobre todo, la aparición de nuevos agentes infecciosos y las enfermedades derivadas de ellos.

MAGNITUD, CARACTERÍSTICAS E IMPACTO EN EL CORTO Y MEDIANO PLAZO DE LA PANDEMIA POR COVID-19

Desde que existe registro, la existencia de pandemias y epidemias ha sido devastadora en diferentes períodos históricos y hábitats. La magnitud, características y efectos del COVID-19 a mediano y largo plazo tienen semejanzas, y también grandes diferencias, con lo ocurrido en siglos pasados. Los avances en el conocimiento científico, incluyendo nuevos

métodos de diagnósticos y la disponibilidad de vacunas en tiempo *record*, así como el abordaje multisectorial y transdisciplinario a nivel nacional e internacional, por nombrar solo dos logros dentro de muchos otros, han generado una realidad compleja e incierta, a la cual nos referiremos a continuación.

Hacer una estimación válida y confiable de la magnitud de la pandemia en medio de ella es virtualmente imposible, porque el número de casos aumenta cada día y solo se conocen las estadísticas de aquellos informados por diferentes instituciones, en su mayoría gubernamentales. En ese contexto, la validez de la información depende de la disponibilidad de datos veraces y, en lo posible, completos para las diferentes poblaciones. En ese contexto, existen realidades muy diferentes, como lo muestran las estadísticas publicadas diariamente por la OMS, ministerios de salud e instituciones académicas internacionales o de cada país.

Al momento de escribir este artículo (6 de noviembre de 2021), la OMS reportaba un total de 250.211.579 casos acumulados desde el inicio de la pandemia y 5.059.061 de muertes a nivel mundial. Para la región de las Américas, la OMS reportaba un total acumulado de 94.203.549 de casos y 2.304.923 muertes en el mismo período. Finalmente, para Chile, la OMS reportaba un total de 1.706.622 casos y 37.841 muertes en igual período (OMS, 2021).

Respecto a la administración de vacunas a nivel mundial la OMS, en la misma fecha, informa un total de 7.223.973.789 de dosis. En cuanto a su distribución por países y regiones, las cifras son menos precisas.

La multiplicidad de cuadros clínicos en término de los órganos afectados, la gravedad de estos, la distribución por

grupos etarios, género, nivel socioeconómico de los afectados, la densidad poblacional en términos de residencia urbana versus rural, la cobertura de población vacunada, entre otros, son factores condicionantes y determinantes del nivel de afectación de cada una de las poblaciones que sea motivo de análisis.

La mayor vulnerabilidad, que en gran medida condiciona el riesgo de enfermar de ciertos grupos de individuos, ha sido reconocida desde muy temprano, destacando la alta incidencia de enfermar y morir en los/las adultos mayores, que en algunos países ha alcanzado niveles altísimos. Esto también es cierto para las personas afectadas por enfermedades crónicas de diferente naturaleza, especialmente cáncer y enfermedades del aparato respiratorio y cardiovascular. Particularmente los portadores/as de afecciones en que la inmunidad a nivel sistémico está deprimida, han sido los/las más afectados/as y motivo de preocupación preferente de los servicios de salud.

Otro factor que afecta el control oportuno es la conducta de jóvenes y adultos que no adhieren a las medidas sanitarias de control y tampoco a la vacunación: mención especial cabe a grupos no menores que niegan vacunarse por razones diversas, pero que no responden a lógicas científicas, situación que especialmente en Europa y Norteamérica ha significado protestas frente a las medidas adoptadas por los gobiernos. Por otro lado, la situación de los niños y jóvenes, quienes han experimentado cuarentenas prolongadas y una compleja realidad educacional, sigue siendo motivo de preocupación por sus efectos en el largo plazo.

La cobertura y calidad de la atención de salud es altamente variable entre países e incluso al interior de ellos por las razones expuestas anteriormente, en que la desigualdad

socioeconómica, nivel educacional y cultural son, en gran medida, las responsables. Esta situación se observa tanto a nivel territorial, donde se otorgan servicios básicos de atención primaria, como en la disponibilidad y calidad de servicios clínicos a nivel de hospitales, servicios de urgencia y otros, dependiendo de la organización existente.

La trazabilidad es un buen ejemplo de lo anterior. La cobertura y seguimiento mediante testeo a nivel individual y poblacional, no solo permite una mayor detección de personas positivas, sino también mejorar la entrega de información y educación a grupos comunitarios, con el fin lograr mayor prevención y protección a nivel poblacional. Por supuesto que las diferencias en cuanto a logros son muy grandes entre diferentes países y regiones.

La disponibilidad de equipamiento adecuado e insumos son elementos críticos para el éxito del diagnóstico y terapia, observándose situaciones en que la falta de ellos ha generado pérdida de vidas evitables, así como en una trazabilidad amplia y efectiva a nivel comunitario.

En este contexto, cabe destacar el importantísimo papel cumplido por el personal de salud a nivel global, cuya vocación, compromiso y entrega ha tenido resultados ampliamente reconocidos, pero imposibles de cuantificar objetivamente. El impacto en el desgaste de la salud mental de este grupo de trabajadores es materia de gran preocupación en la actualidad, incluso en Chile (Alvarado, Ramírez, Lanio, & et al., 2021).

La existencia de vacunas autorizadas un año después del inicio de la enfermedad constituye un logro científico sin precedentes, en el cual la colaboración y asociación de un mundo académico de altísimo nivel científico y la industria

farmacéutica especializada, han tenido un rol imposible de adjetivar. Sin embargo, su disponibilidad oportuna y muy especialmente su distribución a nivel de regiones y países de diferentes estados de desarrollo ha generado grandes desigualdades y falta de acuerdos a nivel internacional con efectos negativos. El examen de los porcentajes de cobertura confirma lo expresado anteriormente.

El volumen de información científica en cuanto al impacto de la vacunación es altísimo, al igual que los estudios en ejecución en diferentes partes del mundo, principalmente universidades y gobiernos. Las vacunas, sin duda, generan protección, pero no es despreciable el número de vacunados que se reinfectan y pueden presentar cuadros de menor gravedad o ser asintomáticos. Otro tema pendiente es conocer la duración de la inmunidad generada por la vacunación y, como consecuencia, el definir la estrategia a futuro. Por ahora se acepta y recomienda una tercera dosis de aquellas vacunas que han demostrado mayor efecto protector.

Finalmente, en lo referente a los cuadros clínicos producidos por esta agresiva enfermedad, son de un polimorfismo y severidad, que sin duda generarán nuevos textos en el campo de las enfermedades transmisibles. La edad avanzada, la existencia de otras patologías o comorbilidad, el hábitat en términos de densidad poblacional y hacinamiento, sin duda se relacionan con la seriedad y evolución clínica. Otra consideración de gran importancia es la presencia y carácter de secuelas a mediano y largo plazo: déficits motores, limitaciones respiratorias, alteraciones cognitivas, pérdida del olfato y del gusto, cuadros de compromiso sistémico en niños, son los más frecuentes. Cómo enfrentar esta patología persistente y residual, una vez superado el período más álgido de la pandemia COVID-19, constituye un desafío que hasta

A nivel de la región no existió inicialmente un afán colaborativo, sino que más bien comparaciones “ingratas” respecto de las primeras respuestas a la pandemia. Si bien esto pudiese parecer anecdótico, revela una falta de liderazgo regional altamente preocupante, que impide constituir un “bloque de influencia”.

donde sabemos todavía no está suficientemente dimensionado ni abordado en toda su magnitud.

En pocas palabras, estamos enfrentados a un problema sanitario sorpresivo pero anunciado, de impacto y efectos globales que, a diferencia de otras pandemias históricas, está siendo controlado, pero cuya evolución es impredecible y compromete todos los ámbitos de la vida de manera diferenciada, según el nivel de desarrollo de las diferentes sociedades. Frente a este escenario, solo cabe examinar tanto el fondo como las formas en que se ha abordado esta pandemia a nivel local, nacional, regional y global, cuando estamos a dos años desde su aparición.

Dada la inmensa cantidad de información generada y la que es motivo de estudio e investigación en la actualidad, así como la que se generará en el futuro próximo, en este artículo solo es posible señalar los aspectos más destacados de las intervenciones, los organismos e instituciones comprometidas en ellas, así como los desafíos y perspectivas más allá del campo de la salud.

LA RESPUESTA GLOBAL A LA PANDEMIA ACTUAL

Un buen y actualizado texto respecto de salud global y pandemia, en contextos latinoamericanos es el recientemente publicado libro colaborativo de la Alianza Latinoamericana de Salud Global (ALASAG, 2021), que recomendamos a

todas y todos quienes busquen tener algún acercamiento, ya sea a temas generales del amplio campo de la salud global, o requieren actualizar el estado del arte en algún área específica. Para analizar la forma en que se ha enfrentado la pandemia desde la perspectiva de la salud global, comentaremos, en primer término, aspectos relacionados con la diplomacia en salud y algunas consideraciones respecto de la gobernanza global en salud. Además, presentaremos el rol de la academia e industria farmacéutica, para terminar, intentando resumir algunas lecciones aprendidas durante este tiempo.

DIPLOMACIA Y LAS ORGANIZACIONES INTERNACIONALES FRENTE AL COVID-19

La Diplomacia de la Salud puede ser definida como “una actividad de naturaleza política, que cumple con el doble objetivo de mejorar la salud, al tiempo que mantiene y fortalece las relaciones internacionales”, y como “método de interacción elegido entre las partes interesadas en la salud pública y la política, con fines de representación, resolución de conflictos, mejora de los sistemas de salud y derecho a la salud para toda la población” (Lee & Smith, 2011).

Siguiendo un texto generado por investigadores de ALASAG (Tobar et al., 2017), se distinguen la “Diplomacia de la salud” y la “Diplomacia en salud”. La primera se constituye como un “espacio político y técnico que tiene la salud como su objeto preciso y central” y puede ejemplificarse en los procesos deliberativos y de negociación de organizaciones abocadas a las temáticas sanitarias como lo es la Organización Mundial de la Salud. La segunda tiene un carácter más general dentro de la dinámica diplomática, con el objetivo de enfrentar problemas en el área de la salud. Acá el ejemplo lo constituyen las negociaciones de una institución como

la Organización Mundial de Comercio, cuando abordan aspectos que tienen implicancias relacionadas con la salud poblacional.

Se reconoce que la diplomacia de la salud se ha venido desarrollando desde mediados del siglo pasado hasta nuestros días en relación con el proceso de globalización moderna, particularmente en el contexto de la pandemia. Las cuestiones de salud están sobrepasando los ámbitos más técnicos o propiamente relacionados con la salud, para requerir perspectivas de política internacionales y de seguridad nacional. Es así como resulta insuficiente que los problemas nacionales, de salud sean tratados de manera aislada, sino que demandan esfuerzos coordinados y conjuntos. Las negociaciones diplomáticas sobre la salud toman un rol clave, puesto que dejan en evidencia la tensión entre “soberanía nacional y acción global colectiva, así como entre los intereses de los negocios en expansión y la protección de la salud de grupos vulnerables”.

Los autores, además, definen dos conceptos que se hacen relevantes hacia la segunda mitad del siglo pasado, en relación con la Agenda Internacional: la *High Politics* (asociada a cuestiones de seguridad de los países y gestionada por los gobiernos) y la *Low Politics* (temáticas que se discutían en negociaciones de política internacional, que incluye a salud y educación, entre otras). Hacia fines de los '80 existe un giro en esta clasificación, donde la discusión de salud se incorpora a temáticas de seguridad nacional y pasa a ser sujeto de instrumentalización con fines geopolíticos. Esto hace que el ejercicio de la diplomacia de la salud requiera un enfoque principalmente multidisciplinario: salud pública, relaciones internacionales, administración, derecho legislativo, economía política, entre otras áreas del saber, que resultan impres-

cindibles en la conversación actual respecto de las relaciones entre países, el comercio internacional y otros determinantes globales de la salud.

En la actualidad, se ha avanzado en el reconocimiento de la complejidad (múltiples actores, multidireccionalidades de los fenómenos) de la práctica de la diplomacia en salud. A la gran temática de las enfermedades transmisibles, se suman temas emergentes como “los derechos de propiedad intelectual, la producción y distribución de medicamentos e insumos estratégicos para la salud, comercio internacional y derechos humanos”. La comprensión de esta complejidad también ha implicado el desarrollo de respuestas similarmente complejas y conjuntas. Algunos ejemplos mencionados por los autores incluyen los Objetivos de Desarrollo del Milenio (2000), o el Informe de la Comisión sobre Macroeconomía y Salud que recomendó la creación de la Global Health Initiatives (GHIs,) o de las Alianzas Público-Privadas (PPPs).

Para entender cómo la diplomacia de la salud ha funcionado en Latinoamérica, el concepto de cooperación Sur-Sur resulta de gran utilidad. Esta es definida como un “proceso de interacción económica, comercial, social o de otra naturaleza, que establece (idealmente) ventajas mutuas entre los socios de países en desarrollo”(Buss & Tobar, 2017). Este tipo de colaboración incluye principios tales como “el respeto a la soberanía nacional, la independencia, la equidad, la ausencia de imposiciones internas y la búsqueda de beneficios mutuos”. Se trata, sin duda, de una perspectiva que cuestiona las prácticas más tradicionales de cooperación. Lamentablemente, en el escenario actual de pandemia, en las Américas existe cierto consenso en la carencia de voluntad y capacidad para establecer mecanismos de colaboración regionales efectivos, privilegiando acciones individuales. En esto

jugaría un rol relevante la debilidad del sistema multilateral de las organizaciones regionales. Un claro ejemplo de esto es la evidente desigual disponibilidad de vacunas.

En síntesis, Buss y Tobar -ya citados- llaman a los países a fortalecer “la estructura y capacidad de la diplomacia de la salud para poder identificar las necesidades y amenazas de salud internas”, pero al mismo tiempo instan a “cooperar con otros países considerados ‘socios’ alrededor del mundo” para poder enfrentar los complejos desafíos globales que se han analizado.

GOBERNANZA EN SALUD GLOBAL Y PANDEMIA EN LATINOAMÉRICA

Algunos autores (Maurás, Sulbrandt, & Rosenberg, 2021) reflexionan sobre la necesidad de revisar el sistema de gobernanza de la salud global en la actualidad, a la luz de la inefectividad del sistema internacional para alcanzar un “estado de salud mundial aceptable” y a la inadecuada respuesta a los eventos pandémicos. Reconocen avances conceptuales hacia fines del siglo pasado sobre los conceptos de la gobernanza y la gobernabilidad en ciencia política, aplicada entre otros ámbitos a los sistemas de salud en América Latina. Ambas conceptualizaciones tienen “un carácter multidimensional y relacional referido a la organización y estructura del aparato del Estado” que, por extensión, resulta aplicable al sistema de Naciones Unidas.

Existen algunos ejemplos a nivel de la ONU sobre la existencia de una “ventana de acuerdos internacionales que representan un ímpetu civilizatorio y un intento de cooperación y regulación respecto de los grandes desafíos mundiales” entre 2015 y 2018. Entre ellos destacan la Agenda 2030, el Acuerdo de París sobre el Cambio Climático, y el Pacto para

una Migración Segura, Ordenada y Regular, en Marrakech. La presión ejercida por la pandemia de COVID-19 da lugar a otras cooperaciones, tales como el trabajo de distribución de fármacos por parte de UNITAID en África, en el contexto de la iniciativa multilateral público-privada “Acelerador ACT COVID-19” o la colaboración COVAX en vacunas, coordinado por OMS y GAVI, que busca impactar en países y poblaciones más vulnerables. Más recientemente se realizó una reunión entre ministros de Hacienda y directores de bancos centrales del G-20 en Venecia.

Los autores proveen una descripción concisa del rol del sistema de instituciones internacionales para Latinoamérica, donde la OPS mantiene un doble estatus como unidad regional de la OMS en las Américas y agencia de salud del sistema interamericano, que es liderado por la Organización de Estados Americanos (OEA). Como parte del Sistema Interamericano, la OPS mantiene relaciones con los diferentes organismos de la OEA, con los sistemas de integración de las subregiones como CARICOM y SICA, además de los Bancos de Desarrollo como BID, CAF y ALADI”.

Continuando con la descripción, se constata que a nivel de los países de la región no existió inicialmente un afán colaborativo y que más bien hubo comparaciones “ingratas” respecto de las primeras respuestas a la pandemia. Si bien esto pudiese parecer anecdótico, se revela una falta de liderazgo regional altamente preocupante, que impide constituir un “bloque de influencia”. Esto tampoco ha podido ser subsanado por los organismos multilaterales anteriormente nombrados, lo que se suma a la poca probabilidad de la región de ser considerada para ayudas internacionales por su clasificación (salvo excepciones) como países de ingresos medios-altos.

Resulta lógico que una mayor colaboración e integración en la región pudiese conducir a mejores resultados en el corto y largo plazo en los problemas de por sí complejos que plantea la pandemia. Sin embargo, es necesario reflexionar, siguiendo a los mismos autores, respecto del contexto histórico reciente de debilidad progresiva de los mecanismos políticos de integración, más allá del sistema de Naciones Unidas. Se releva la importancia del “Convenio Hipólito Unanue, UNASUR, el SICA, CARICOM y muchos más, que han acabado o paralizado instituciones que se esperaba plantearían rutas progresistas de integración”.

No es posible predecir el futuro de la gobernabilidad de la salud global dada la “constante tensión entre los estados protegiendo sus intereses, y los problemas de orden global (como las pandemias) que requieren acciones multinacionales públicas, privadas, comunitarias y de redes múltiples, ya sean internacionales, regionales, vecinales y/o sociales”. Al menos, en la región latinoamericana ha existido la posibilidad de avanzar “mediante la constitución de alianzas, asociaciones y redes que han permitido establecer relaciones de colaboración impensadas hace 20 años en América Latina”. Y que bien utilizadas podrían mejorar significativamente el desarrollo social y económico de nuestras sociedades, incluyendo los aspectos sanitarios.

ROL DE LAS INSTITUCIONES ACADÉMICAS E INDUSTRIA FARMACÉUTICA

La Salud Global, como disciplina académica, logró un rápido reconocimiento en los años 2020 y 2021 del que no había gozado en décadas. Si cabían algunas dudas que la salud pública, aunque encuentra su expresión más clásica en el nivel local, trasciende fronteras nacionales y continentales, estas se han disipado. El descubrimiento del SARS-CoV-2 y su rápida

transmisión por todo el planeta en un brevísimo período de tiempo, con consecuencias dramáticas para la población afectada, significó un impulso definitivo en el desarrollo de la Salud Global en el ámbito académico.

El campo de la biomedicina ha conseguido avances relevantes en el manejo de la emergencia: primero los elementos diagnósticos y luego, notablemente, las vacunas, y en escala más modesta algunos tratamientos. Las instituciones académicas han realizado un aporte innegable a estos logros producto de una alianza inédita por su envergadura, con gobiernos (aportadores de financiamiento) y con la industria farmacéutica privada (creación y manufactura).

Evidentemente, estos avances se han logrado dentro un contexto global. Desde la detección del detonador de la pandemia hasta los avances en su control y tratamiento, han intervenido numerosas universidades nacionales y extranjeras. Así que podemos decir que a nivel de la biomedicina, o por decirlo de otra forma, en la aplicación de tecnologías duras, la Salud Global ha funcionado y funciona de manera efectiva y con liderazgo. Sin embargo, en término de intervenciones a nivel poblacional, como por ejemplo modelamientos métricos que permitan una más certera medición del riesgo, o comunicación efectiva para el cambio de comportamiento y adopción de medidas preventivas, en las que se requiere de un enfoque basado en la colaboración multisectorial e interdisciplinaria, no se han logrado aún los impactos requeridos. Así, en la actualidad, las instituciones académicas de Salud Global gozan de reconocimiento, pero igualmente enfrentan grandes desafíos y tareas pendientes.

La Salud Global es un campo de estudio en constante evolución y de esta manera se le aborda en las diversas instituciones académicas tanto del Norte Global (Europa y

Norteamérica) como del Sur Global (América Latina, Asia y África). Dicha evolución histórico-conceptual ha pasado por tres etapas. Primero la Salud Tropical, que concentraba su quehacer en el combate de las enfermedades infecciosas de las regiones tropicales. La segunda denominada Salud Internacional, caracterizada por los programas de cooperación o de investigación por parte de instituciones académicas del Norte Global hacia los del Sur Global. Para finalmente llegar al actual concepto de Salud Global, que significa cooperación horizontal entre los diferentes actores comprometidos.

Las instituciones académicas en Salud Global han realizado, y están realizando, una gran tarea frente a la irrupción de la pandemia del Coronavirus en todo el mundo. Sus aportes se reflejan en diversos ámbitos tales como las ciencias biomédicas, la epidemiología, la prevención y promoción de salud y la capacitación de equipos de atención, entre muchos otros. Todavía en pleno desarrollo y sin claras proyecciones de control, las instituciones académicas dedicadas al estudio de la Salud Global también se han beneficiado de lecciones aprendidas y por aprender a mediano y largo plazo.

Lo expuesto es una oportunidad para la Alianza Latinoamericana y del Caribe de Salud Global (ALASAG) -ya nombrada-, que constituye desde 2010 una red de instituciones académicas de colaboración Sur-Sur y que aparece como una respuesta para enfrentar riesgos comunes de salud de sus poblaciones (Solimano & Valdivia, 2020). La Alianza se construye sobre las diferentes realidades nacionales y se basa en un profundo respeto por la idiosincrasia e identidad de cada uno de sus países. Su misión declarada es “impulsar el abordaje de Salud Global en la enseñanza, capacitación, investigación, vinculación y cooperación técnica en Latinoamérica y el Caribe, a través de colaboraciones interinstitucionales”,

y pretende a futuro “ser la alianza líder en Salud Global en América Latina y el Caribe, y portavoz del tema en la región y a nivel mundial”.

Entrevistado recientemente por Howard Bauchner, Editor Jefe de JAMA (Journal of the American Medical Association), el Prof. Peter Piot, Director de la Escuela de Salud Pública de Londres (LSHTM) (Bauchner, 2021), quien personalmente vivió la infección del virus, planteó la situación de inequidad en la distribución de vacunas en el mundo, en que los países de altos ingresos obtienen vacunas para dos y tres veces el tamaño de su población; en cambio los países de bajos ingresos recién están teniendo acceso, muy por debajo de sus necesidades. El Dr. Piot hace la radical declaración: “la actitud de los países ricos es tan problemática como la emergencia continua de nuevas variantes de virus” y, muy apropiadamente, hace un llamado a las instituciones académicas para que se constituyan en la conciencia crítica y de rendición de cuentas en la arena de la Salud Global y Pandemias a nivel nacional, regional y mundial.

Igualmente, académicos y académicas son constantemente requeridos por los medios de comunicación y, aunque no siempre escuchados, su opinión es valorada, adquiriendo importancia las lecciones aprendidas y posibles escenarios post pandemia, que desafiarán a las instituciones dedicadas al estudio y la práctica de la Salud Global.

ALGUNAS LECCIONES APRENDIDAS

Frente a una pandemia que afecta a la población mundial desde hace casi 2 años y donde no es posible asegurar que desaparecerá en un futuro cercano, la respuesta y su eventual control han constituido un proceso de aprendizaje, así como

de ensayo y error, desde las comunidades locales hasta los gobiernos y los organismos e instituciones internacionales.

Resultado de ello es que ya se cuenta con estrategias, planes y medidas efectivas, validadas y aceptadas por las comunidades sanitarias y los organismos decisorios a nivel de países e internacionalmente. Sin embargo, hay que ser tajantes y claros de que estamos frente a un escenario que requerirá tiempo para consolidarse -tanto desde el punto de vista científico como de gobernanza- y una adecuada asignación de recursos para que disminuyan las desigualdades existentes.

En este contexto, luego de una revisión exhaustiva de las publicaciones sobre este tema, en un artículo reciente, Lawrence O. Gostin plantea siete lecciones críticas a tener en cuenta luego de reconocer que esta pandemia ha tensionado los servicios de salud, revelando profundas desigualdades y puesto de pie las instituciones internacionales (Gostin, 2020). Estos aprendizajes o sugerencias para el futuro son: el construir sistemas de salud resilientes; usar el liderazgo y confianza pública como el mejor indicador de éxito; la necesidad de defender la integridad de las instituciones científicas y de salud pública; la inversión en investigación biomédica y de desarrollo; poner el foco en la equidad que constituye la narrativa prevalente en esta época; adoptar leyes basadas en evidencia, protegiendo el imperio de la ley, y finalmente, financiar y respaldar instituciones robustas de Salud Global. En todo esto debiésemos estar unidos.

El uso protector de mascarillas, el distanciamiento personal, el lavado profundo de manos y la utilización de alcohol-gel de manera frecuente, son medidas individuales sobre las cuales existe acuerdo. A nivel poblacional el escenario es mucho más complejo, ya que se ha requerido y requiere la

implementación de estrategias que establecen limitaciones en la movilidad de las personas, así como restricciones en el funcionamiento de servicios públicos y empresas privadas de duración variable. En general, los gobiernos han diseñado e implementado planes sobre la movilidad y las actividades que pueden realizar las personas como los prestadores de servicios. En el caso de Chile, desde julio de 2020 este plan se denomina “Paso a Paso nos cuidamos” que reemplazó a aquellos que no tuvieron el impacto previsto. Este plan consiste en una estrategia general para enfrentar la pandemia según la situación sanitaria de cada zona de Chile.

Durante 2021 este plan ha tenido actualizaciones, considerando factores como el avanzado proceso de vacunación, el fortalecimiento de la infraestructura sanitaria, la estrategia de testeo, trazabilidad y aislamiento, y una mirada intersectorial, con el propósito de equilibrar y ponderar mejor los distintos objetivos y necesidades del país. Este plan, así como planes de otros países, requiere de estas actualizaciones para compatibilizar las medidas restrictivas que dejarán de estar vigentes, con las que se mantendrán debido a la alerta sanitaria que sigue imperando en nuestro país.

Al completar este artículo, es innegable que los múltiples actores de la sociedad enfrentamos un escenario complejo e incierto a nivel global, nacional y local. Escenario en el que la salud, y en particular la Salud Global, son actores principales frente al cambio de época que estamos experimentando. Solo un esfuerzo solidario y unitario, en que cada uno/a aporte lo mejor de sí individual y colectivamente, permitirá controlar esta y otras posibles pandemias en el futuro.

BIBLIOGRAFÍA

- Alvarado, R.; Ramírez, J.; Lanio, I. & et al. (2021). El impacto de la pandemia de COVID-19 en la salud mental de los trabajadores de la salud en Chile: datos iniciales de The Health Care Workers Study. *Revista Médica de Chile*, 149, 1205–1214.
- Bauchner, H. (2021). Coronavirus Update With Peter Piot, MD, PhD. *JN Learning*.
- Buss, P. y Tobar, S. (eds.) (2021). *Salud global y diplomacia de la salud: una visión desde América Latina y Caribe*. Río de Janeiro: Ediciones ALASAG.
- Buss, P., y Tobar, S. (2017). *Diplomacia em Saúde e Saúde Global- Perspectivas Latino- Americanas*. Río de Janeiro: Editora Fiocruz.
- Cemma, M. (2017). What's the Difference? Global Health Defined. Recuperado 31 de mayo de 2021, de <https://www.globalhealthnow.org/2017-09/whats-difference-global-health-defined>
- Fried, L.P.; Bentley, M.E.; Buekens, P.; Burke, D.S.; Frenk, J.J.; Klag, M.J. & Spencer, H.C. (2010). Global health is public health. *The Lancet*, 375(9714), 535–537. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(10\)60203-6](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(10)60203-6)
- Gostin, L.O. (2020). The Great Coronavirus Pandemic of 2020—7 Critical Lessons. *JAMA*, 324(18), 1816. <https://doi.org/10.1001/jama.2020.18347>
- Koplan, J.P.; Bond, T.C.; Merson, M.H.; Reddy, K.S.; Rodriguez, M.H.; Sewankambo, N.K. & Wasserheit, J.N. (2009). Towards a common definition of global health. *The Lancet*, 373(9679), 1993–1995. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(09\)60332-9](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(09)60332-9)
- Lee, K. & Smith, R. (2011). What is “global health diplomacy?” A conceptual review. *Global Health Governance*, 5(1), 1–12.
- Maurás, M.; Sulbrandt, J. & Rosenberg, H. (2021). Gobernanza del Sistema de Salud Global. En G. Solimano, A. Alarcón &

- J. Ramírez (Eds.), *Salud Global. Una perspectiva contemporánea*. Santiago de Chile.
- OMS (2021). WHO Coronavirus (COVID-19). Recuperado 6 de noviembre de 2021, de <https://covid19.who.int/>
- Salm, M.; Ali, M.; Minihane, M. & Conrad, P. (2021). Defining global health: findings from a systematic review and thematic analysis of the literature. *BMJ global health*, 6(6), e005292. <https://doi.org/10.1136/bmjgh-2021-005292>
- Sánchez-González, M.A. (2021). Historia y futuro de las pandemias. *Revista Médica Clínica Las Condes*, 32(1), 7–13. <https://doi.org/10.1016/j.rmclc.2020.12.007>
- Solimano, G., & Valdivia, L. (2020). Diez años de la alianza latinoamericana de salud global: una iniciativa pionera. *Rev. Chilena de Salud Pública*, 24(2), 139–144.
- Solimano, G. & Valdivia, L. (2014). Salud global en las instituciones académicas latinoamericanas: Hacia un desarrollo e identidad propia. *Saude e Sociedade*, 23(2), 357–365. <https://doi.org/10.1590/S0104-12902014000200001>
- Tobar, S.; Buss, P.; Coitino, A.; Kleiman, A.; Fonseca, L.; Rigoli, F., ... Victoria, V. (2017). Health diplomacy: strengthening the international relations offices of health ministries of the Americas. *Revista Panamericana de Salud Publica*, 41(8), NA-NA.
- Whitmee, S.; Haines, A.; Beyrer, C.; Boltz, F.; Capon, A.G.; De Souza Dias, B.F. ... Yach, D. (2015). Safeguarding human health in the Anthropocene epoch: report of The Rockefeller Foundation-Lancet Commission on planetary health. *Lancet* (London, England), 386(10007), 1973–2028. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(15\)60901-1](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(15)60901-1)
- Zinsstag, J.; Meisser, A.; Schelling, E.; Bonfoh, B.; & Tanner, M. (2012). From “two medicines” to “One Health” and beyond. *The Onderstepoort Journal of Veterinary Research*, 79(2), 492. <https://doi.org/10.4102/ojvr.v79i2.492>

Parte 2

*El SARS-CoV-2:
un desafío mayor para el diálogo entre ciencia y política*

El impacto de la Pandemia en el sistema multilateral

Revisión de la experiencia chilena y la institucionalidad instalada

*María Olivia Cook**
*Francisco Adriaola***

INTRODUCCIÓN

Salud Global, un viejo espacio con futuro. Oportunidades

El 31 de diciembre de 2019 la OMS recibía desde China las primeras informaciones que daban cuenta de la existencia de casos de una «neumonía vírica» en Wuhan. En virtud del Reglamento Sanitario Internacional (RSI) - principal instrumento internacional que regula la cooperación entre los Estados en casos de emergencias sanitarias internacionales - el Centro de Enlace Chino transmitió la información a la OMS marcando el punto de inicio de un nuevo episodio de pandemia en la historia de la humanidad.

Por estas mismas fechas, el director general de la OMS, Dr. Tedros Adhanom Ghebresus, con apenas 2 años y medio

* Misión Permanente de Chile ante la Organización Mundial de Comercio

** Encargado de Asuntos Internacionales del Ministerio de Salud de Chile

a la cabeza de la OMS, se encontraba empujando con fuerza un proyecto para reformar la organización bajo el título “Promover la salud: Preservar la seguridad mundial. Servir a las poblaciones vulnerables” (13 PGT, 2019-2023 OMS). El programa propuesto por el primer africano a la cabeza del organismo, planteaba entre otros, mejorar la vida de 3000 millones de personas aumentando la cobertura sanitaria universal de salud (1000 Millones), mejorando la protección frente a emergencias sanitarias (1000 Millones) y promoviendo una mejor salud y bienestar (1000 Millones). Centrado en resultados y mediciones de impacto, el programa buscaba introducir un cambio estratégico: “La OMS aumentará su liderazgo en todos los niveles”.

El 2 de enero la Red Mundial de Alerta y Respuesta ante Brotes Epidémicos (GOARN), gatilló la primera alerta global. Se activaron así procesos de consulta a instancias técnicas y se iniciaba la publicación de orientaciones para informar a los estados miembros.

El mundo comenzaba a hacer uso de los mecanismos de respuesta de que se disponía.

Premunidos de diversas experiencias anteriores -algunas muy recientes-, de las reglamentaciones desarrolladas por más de un siglo de multilateralismo en salud, de grupos de especialistas, de asesores y múltiples desarrollos tecnológicos; los países, dirigidos por la OMS, iniciaban el año 2020 definiendo el modo en el que enfrentarían un virus que, por esas horas, aún era desconocido.

El 21 de enero, ya en conocimiento del código genético del nuevo virus, se publicaba el 1er “informe de situación”

Un día después del 1er caso en Chile, el 5 de marzo, el Ministro de Salud de Chile y el de Relaciones Exteriores llevaban el tema al novísimo Foro para el Progreso de América del Sur (PROSUR) la propuesta de un abordaje regional para contener el COVID19.

que daba cuenta de 282 casos, 278 en China y solo 3 países afectados. Japón (1), Tailandia (2) y Corea (1).

El 22 y 23 de enero el Director General de la OMS (DG) convocaba al Comité de Emergencias del Reglamento Sanitario Internacional (RSI) para que los 15 expertos independientes que lo constituyen lo asesoraran respecto a si el brote correspondía, o no, una Emergencia de salud pública de importancia internacional (ESPII), a saber, si el brote en cuestión “correspondía a un evento extraordinario que: i) constituye un riesgo para la salud pública de otros Estados a causa de la propagación internacional de una enfermedad, y ii) podría exigir una respuesta internacional coordinada” (RSI, Artículo 1, definiciones).

La respuesta fue no. El 3er informe de situación del 23 de enero registraba 571 casos y agregaba a Estados Unidos en la lista de países ya afectados,

No sería sino hasta el 30 de enero, en una segunda reunión del Comité de Emergencias del (RSI) que el brote sería declarado una ESPII activando así, formalmente, una respuesta global.

El informe de situación de ese día daba cuenta de 7818 casos confirmados, 172 muertos y 18 países afectados. Un aumento de 13 veces en 7 días.

El Consejo Ejecutivo¹ de la Organización Mundial de la Salud celebró su reunión N°146² en un ambiente de alta preocupación por la ESPII en curso³.

Chile, por ese entonces miembro del Consejo Ejecutivo de la OMS, participó con una delegación encabezada por la Subsecretaria de Salud Pública y el embajador de Chile ante los Organismos de Naciones Unidas en Ginebra. El tema central de esta participación fue la preocupante expansión del COVID-19, situación que fue discutida directamente con el DG de la OMS y con la Directora de la Organización Panamericana de la Salud, a quienes el país solicitó apoyo⁴.

Los ministerios de Salud y de Relaciones Exteriores iniciaban un proceso colaborativo que rápidamente se intensificaría.

El 5 de febrero la OMS dio inicio a las ruedas de prensa diarias para dar cuenta al mundo de la situación del coronavirus. El Director General de la OMS y el Director Ejecutivo del Programa de Emergencias Sanitarias iniciaban el camino a ser figuras públicas mundiales. Chile por su parte declaraba la alerta sanitaria.

1 Las principales funciones del Consejo Ejecutivo consisten en dar efecto a las decisiones y políticas de la Asamblea de la Salud, en asesorarla y, de manera general, en facilitar su trabajo. <https://www.who.int/es/about/governance/executive-board>

2 Entre el 4 y 8 de febrero de 2020.

3 El 11 de febrero de 2020 la OMS anunció que la enfermedad causada por el nuevo coronavirus se denominaría COVID-19. Observando las mejores prácticas, se eligió ese nombre para evitar inexactitudes y estigmatización; por ello no se refiere a una ubicación geográfica, un animal, una persona ni a un grupo de personas. <https://www.who.int/es/news/item/29-06-2020-covidtimeline>.

4 <https://ocai.minsal.cl/participacion-del-minsal-en-la-146-sesion-del-consejo-ejecutivo-de-la-oms/>

Un día después del 1er caso en Chile, el 5 de marzo, el Ministro de Salud de Chile y el de Relaciones Exteriores llevaban el tema al novísimo Foro para el Progreso de América del Sur (PROSUR) la propuesta de un abordaje regional para contener el COVID19⁵. A nivel global, el informe de situación N°45 daba cuenta de 95.324 casos de COVID 19, 3281 muertos y 85 países.

El sistema de respuesta mundial a brotes de enfermedades se veía fuertemente tensionado. En contravención a las disposiciones del Reglamento Sanitario Internacional, los países imponían restricciones a la entrada y salida de sus territorios, cerrando en algunos casos sus fronteras. El sistema mundial de abastecimiento de insumos médicos comenzaba a tensionarse y un cúmulo de información falsa circulaba en las redes sociales.

El 11 de marzo, el DG de la OMS finalmente caracterizó al brote de COVID19 como una pandemia. En esos momentos había más de 118.000 casos en 114 países, y 4291 personas habían ya perdido la vida. Algunas voces cuestionaban el significado de este gesto. En rigor, no existía, ni hoy tampoco, una definición de lo que es una pandemia.

La arquitectura de salud global se esforzaba por dar respuesta a la crisis de una manera que diera cuenta de su magnitud. Empezaron a circular propuestas. Países, grupos de países, autoridades, organizaciones, buscaban soluciones desde sus áreas de competencia. La temática de la salud desbordaría los foros técnicos característicos del sistema multilateral de la salud ocupando las agendas de todos los organismos y foros internacionales.

5 <https://ocai.minsal.cl/chile-propone-abordaje-regional-a-paises-miembros-de-prosur-para-contener-el-covid-19/>

EL SISTEMA MULTILATERAL DE LA SALUD

En el contexto de la diplomacia moderna inaugurada con el establecimiento de los estados soberanos, el multilateralismo ha sido utilizado para facilitar la cooperación y buscar soluciones a problemas compartidos. Durante el siglo XIX se realizó principalmente a través de congresos y conferencias para abordar situaciones puntuales, volviéndose habitual y adquiriendo mayores niveles de institucionalización en el período posterior a 1945 en el cual ha alcanzado altos niveles de institucionalización. (Roberts ed, 2009 p. 288, 2017 p. 383).

Chile no ha sido ajeno a esta práctica y ha dado al multilateralismo un lugar importante en su política exterior. Uldaricio Figueroa (2012), a partir de una revisión de la participación de Chile en las primeras organizaciones internacionales, incluyendo la Unión Panamericana de fines del siglo XIX, la Sociedad de las Naciones y en el sistema establecido después de la Segunda Guerra, plantea que los gobiernos chilenos han entendido que está en el interés de cada país participar en el debate internacional, teniendo una conciencia clara del papel que puede jugar el país en la comunidad universal, y que la participación de Chile en foros internacionales ha estado motivada por la solidaridad y una disposición a anteponer el derecho por sobre la fuerza (pp. 152-153).

El ex subsecretario, Alberto Van Klaveren (2011), refiriéndose a la política exterior de Chile entre 1990 y 2010 señalaba que “[l]a participación en el sistema multilateral siempre representó un aspecto fundamental de la política exterior y de la inserción de Chile en el mundo.” Por su parte, Somavía y Oyarce (2018) plantean que para un país como Chile resulta necesaria una activa participación en los esque-

mas multilaterales, habiendo nuestro país colaborado en la construcción de un orden global a partir del entendimiento de que “lo multilateral es un espacio necesario para la defensa y la proyección de los intereses nacionales”, compromiso que se ha expresado en iniciativas que han procurado “reforzar la noción de lo colectivo”, enfatizando la relevancia de profundizar el vínculo entre los objetivos nacionales y la necesidad de acción e intereses colectivos (pp. 15, 26-28).

El ámbito de la salud ha sido abordado de manera multilateral a partir del siglo XIX, iniciando un proceso de institucionalización que llegaría al establecimiento, en 1948, de la Organización Mundial de la Salud (OMS). Cueto et.al (2019) dan cuenta de las conferencias multilaterales de salud sostenidas a partir de 1851 que, según señalan, habrían sido inspiradas en parte por el temor a las pandemias de cólera, y posteriormente fiebre amarilla y plaga bubónica percibidas por occidente como amenazas provenientes del exterior, y fueron desarrollando la salud internacional (p. 6, 10-14). El tratamiento de los temas de salud en las Américas, siguió una trayectoria similar, con la realización de conferencias a nivel americano, la creación de la Oficina Sanitaria Panamericana en 1902 que luego de se transformaría en los 1950s, la que sería incorporada a la estructura global de la OMS como su representación regional.

La creación de la OMS en 1948, de acuerdo con lo planteado por Cueto et.al (2019) se puede contextualizar desde una perspectiva amplia como parte del diseño institucional global de la época de la posguerras descrito por los autores como la creación por parte de las naciones industrializadas occidentales, en particular Estados Unidos, el Reino Unido y Europa occidental de un orden monetario y económico internacional con un conjunto de instituciones multilaterales que

facilitarán la cooperación técnica y la hegemonía de Estados Unidos y respetara las posesiones de los poderes coloniales europeos (p. 6).

La revisión de la historia de la Organización realizada por dichos autores da cuenta de la confluencia tanto de aspectos políticos como técnicos en sus trabajos. Los autores dan cuenta de los esfuerzos de los primeros Directores Generales por transitar de la idea tradicional de las enfermedades infecciosas como amenazas externas a los países desarrollados a una nueva noción planteando que estas enfermedades constituían amenazas a la seguridad de la salud global y que todos los países tenían el derecho a la protección ante este tipo de enfermedades por medio de mejores sistemas de salud y, décadas después en el marco de la respuesta al VIH/SIDA, el desarrollo del vínculo entre enfermedades infecciosas y derechos humanos.

También abordan cómo la coexistencia de dos perspectivas diferentes se aprecian en las orientaciones de los programas implementados en distintas etapas de la Organización. Una de estas perspectivas es la socio-médica que vincula a las enfermedades con condiciones sociales y económicas por lo que su control requeriría una respuesta social amplia. La otra es de carácter tecnocrática y biomédica que entiende las enfermedades epidémicas como eventos biomédicos que requieren intervenciones técnicas para su control (pp. 1-2). Su estudio también ofrece ejemplos de cómo las ideas globales imperantes en una época influyeron en su trabajo y cómo el contexto político global puede presentar oportunidades u obstáculos para la adopción de decisiones y exitosa implementación de programas (pp. 6-8).

El tema de la dimensión política en el tratamiento internacional de los temas de salud también es abordado por Kickbusch et.al (2021), quienes señalan la incorporación, en los últimos 15 años, de la salud a las agendas de política exterior de diversos países, en particular vinculada con temas de desarrollo, seguridad, asuntos humanitarios, derechos humanos y respuesta a crisis. Esto se traduciría en que los temas de salud se han incorporado a negociaciones relacionadas con asuntos alimentarios, energéticos e hídricos.

La adopción de los Objetivos de Desarrollo Sostenible en 2015 y la inclusión de temas de salud en instancias como el G7 y el G20 habría consolidado esta tendencia a sacar estos temas de los foros técnicos tradicionales, para también abordarlos en contextos e instituciones diversos. Plantean que el creciente involucramiento de líderes y actores políticos en estas materias puede ser un factor decisivo para generar apoyo político para abordarlos o puede obstaculizar su tratamiento si prevalecen las agendas geopolíticas o ideológicas. Asimismo, constatan que diferencias entre aproximaciones más amplias sobre cómo abordar las amenazas también permean las discusiones globales sobre los temas de salud (p. 22).

Otro tema de interés planteado tanto por Cueto et.al como por Kickbusch et.al (2021) se refiere al impacto de la globalización en la salud y el concepto de “salud global”. Los primeros dan cuenta de la diferenciación realizada, durante los 1990s, del concepto de “salud internacional” que se había utilizado hasta entonces en el sentido la “salud global” pone énfasis en los factores transnacionales que afectaban a las poblaciones y que generaban respuestas de organizaciones no estatales, incluyendo a actores y fundaciones privadas e instituciones y organismos internacionales, actuando a veces de manera independiente de las organizaciones internacio-

nales técnicas y de los estados, marcando la incorporación de nuevos actores al campo de la salud y el lanzamiento de asociaciones para dar respuestas (p. 9, 285-293). Por su parte, Kickbusch et.al (2021, p. 39) ofrecen una definición de la “Diplomacia de Salud Global” entendiéndola como los procesos negociadores desarrollados en diversos niveles y entre múltiples actores que dan forma y gestionan el ambiente de la política global para la salud tanto en foros propios de salud como en otros. Plantean que ha emergido un ecosistema de salud global complejo, dinámico y diverso, basado en reglas procesos e instituciones que opera a nivel global pero que depende de manera directa de la voluntad de los Estados de cooperar entre ellos, a pesar de la fuerte presencia de otros actores.

El sistema multilateral de salud y la aparición del Covid 19:

Al efectuar su análisis de la diplomacia de la salud global, Kickbusch et.al plantean la existencia de un “ecosistema” de la salud global, compuesto por una diversidad de actores, procesos e instituciones, tanto globales y regionales como nacionales, que interactúan constantemente (p. 13, 39).

A fines de 2019, cuando la pandemia de Covid 19 emergió y en la actualidad, el sistema multilateral de la salud continúa teniendo a la OMS en su centro. Su sede está en Ginebra, Suiza, ciudad que es también la sede o tiene representación de una serie de organizaciones vinculadas con la salud incluyendo otros organismos internacionales, instituciones financieras, ONGs, fundaciones privadas y asociaciones de múltiples actores creadas para fines específicos, centros de investigación instituciones de investigación. Algunas ejemplos son UNICEF, el Banco Mundial, el Fondo Monetario Internacional, el Fondo Global, Unitaid, la alianza GAVI,

UNAIDS, la Fundación Bill y Melinda Gates, PATH, Save the Children, Médicos Sin Fronteras, Asociación Médica Mundial Federación Internacional de la Cruz Roja, entre muchos otros.

A nivel regional en las Américas, además de la existencia de la OPS Kickbusch et.al (p. 114) dan cuenta de seis organizaciones pertenecientes a subregiones a las que se suman los trabajos en salud que llevan a cabo distintas instancias regionales multilaterales como MERCOSUR y, en su momento, CELAC y UNASUR; a los que podemos agregar también a PROSUR.

Salud, seguridad mundial y estabilidad en el comercio. Aterrizaje de la Temática en todos los Foros y espacios internacionales

Al momento en que la Pandemia fue declarada por la OMS (11 de marzo), era ya apreciable que gran parte de los foros y espacios de discusión internacional - intergubernamentales o de líderes- estaban dedicando espacios al tratamiento de las consecuencias de la pandemia de COVID-19. Las agencias especializadas de naciones unidas en educación (UNESCO - UNICEF – Cruz Roja⁶), trabajo (OIT), transporte (OACI - IATA), entre otras, ya emitían recomendaciones para mantener la seguridad de esos espacios y evitar la propagación del virus, intentando mantener esas actividades.

El 13 de marzo la OMS lanzó el Fondo de Respuesta Solidaria a la COVID-19, misma semana en la que diversos países comenzaban la aplicación de medidas en todos los sectores, incluido el cierre de sus fronteras. En Chile, el presidente de la república anunciaba el 15 de marzo el cierre de fronteras, de escuelas, residencias para adultos mayores,

6 <https://www.unicef.org/es/informes/mensajes-y-acciones-clave-para-prevencion-y-control-covid-19-en-escuelas>

suspensión de actos públicos, entre otros⁷. El rápido avance de la pandemia motivó una Cumbre extraordinaria de líderes del G20, que adoptó una declaración en la que indicaba que “La pandemia sin precedente del COVID-19 es un poderoso recordatorio de nuestra interconexión y vulnerabilidades. El virus no respeta fronteras. Combatir esta pandemia requiere una respuesta global transparente, robusta, coordinada, de gran escala y basada en ciencia, con espíritu de solidaridad (...) El G20 está comprometido a hacer lo que sea necesario para superar la pandemia, junto con la Organización Mundial de la Salud (OMS), el Fondo Monetario Internacional (FMI), el Grupo del Banco Mundial (GBM), la Organización de las Naciones Unidas (ONU) y otras organizaciones internacionales, trabajando con apego a sus mandatos existentes”⁸.

El sueño de la Declaración de Helsinki sobre la incorporación de la salud a todas las políticas 2013; OMS (WHA67.12) 2014 devenía pesadilla.

El alcance de la pandemia golpeaba fuerte a las estructuras de salud multilateral mundial y regional (OPS), mostrando sus limitadas capacidades de acción.

El endurecimiento de las medidas, incluyendo cuarentenas, cordones sanitarios y toque de queda, tendrían consecuencias para los derechos políticos y afectarían los derechos sociales. Al 1ero de abril de 2020, 91% de la población mundial vivía en países en que las fronteras estaban cerradas o existían restricciones⁹.

7 <https://prensa.presidencia.cl/comunicado.aspx?id=138240>

8 <https://www.gob.mx/presidencia/prensa/cumbre-extraordinaria-de-lideres-del-g20-26-de-marzo-de-2020-declaracion-conjunta-sobre-covid-19>

9 (<https://www.pewresearch.org/fact-tank/2020/04/01/more-than-nine-in-ten-people-worldwide-live-in-countries-with-travel-restrictions-amid-covid-19/>).

Parafraseando a George Clemenceau, los líderes del mundo vieron en este mes de marzo que “La pandemia era un asunto demasiado serio para dejarla en manos de sólo en manos de los médicos”.

EL MINREL Y EL MINSAL, PUNTAS DE LANZA DE UN TRABAJO INTERSECTORIAL EN AUMENTO

En Chile y el mundo, los Ministerios de relaciones exteriores iniciaban un estrecho trabajo colaborativo con sus pares de Salud. Los requerimientos y necesidades se multiplicaban, se requería urgentemente traer las competencias al país para lo cual fue necesario organizar conferencias con expertos chinos (a la sazón, país que contaba con la mayor experiencia) y de Asia, el mercado de los insumos médicos explotaba por lo que en breve el Ministerio de defensa se agregaría al equipo de tarea, esta vez, para traer insumos y ventiladores, todo lo cual fue posible gracias a la red de legaciones chilenas en el exterior y coordinadas desde Santiago¹⁰.

Contribuyeron especialmente en esta progresiva coordinación interministerial la información recibida de las embajadas y misiones de Chile informando la situación y medidas sanitarias que se aplicaban los países en que se encontraban.

Otro punto relevante fue la repatriación de Nacionales que habían quedado fuera al momento del cierre de fronteras y las ingentes iniciativas en los foros multilaterales como el Acelerador del acceso a las herramientas contra la COVID-19¹¹, una colaboración con el objetivo de acelerar el desarrollo, la producción y el acceso equitativo a las va-

¹⁰ En Marzo de 2020, hubo igualmente un intento frustrado por enviar especialistas de salud chilenos a China en el que trabajaron MINREL y MINSAL.

¹¹ <https://www.who.int/es/initiatives/act-accelerator>

El rápido avance de la pandemia motivó una Cumbre extraordinaria de líderes del G-20, que adoptó una declaración en la que indicaba que “La pandemia sin precedente del COVID-19 es un poderoso recordatorio de nuestra interconexión y vulnerabilidades.

cunas, las pruebas diagnósticas y los tratamientos contra la COVID-19 iniciativa impulsada por Emmanuel Macron, Presidente de Francia, Ursula Von der Leyen, Presidenta de la Comisión Europea, la Fundación Bill y Melinda Gates y el Director General de la OMS.

Chile, por su parte, se sumó a una serie de iniciativas, como la lanzada por Costa Rica y el DG de la OMS previa de la primera Asamblea Mundial de la Salud a celebrarse de forma virtual y que consistía en una plataforma tecnológica destinada a facilitar el acceso a vacunas, medicamentos y otros productos sanitarios eficaces contra la COVID-19¹² la que luego devendría la iniciativa C – TAP (COVID-19 Technology Access Pool)¹³ Ciencia y tecnología. Las vacunas contra el SARS-COV como fuente de trabajo intersectorial.

Al igual que para todos los países del mundo, el acceso a la vacuna fue una prioridad para Chile. Al no existir vacunas para el SARS-COV y encontrándose los potenciales productores de éstas en países desarrollados, se generó nuevamente un espacio para acciones coordinadas de MINSAL Y RREE, más la recién creada cartera de Estado MINCYT

La búsqueda de una vacuna para Chile se inició con una estrategia liderada por el MINCYT, con base en la realización de ensayos clínicos, que permitieron obtener condiciones

12 <https://www.who.int/es/initiatives/act-accelerator>

13 <https://www.who.int/initiatives/covid-19-technology-access-pool>

preferentes de suministro y precio. Este trabajo conjunto se formalizó mediante Decreto Supremo que constituyó el Comité Interministerial en el cual, junto a MINCYT, participarían MINSAL y MINREL, considerando también el trabajo de un Consejo Asesor Científico.

En este espacio colaborativo participaría también la Subsecretaría de Relaciones Económicas e Internacionales (SUBREI), la que apoyada sobre una larga experiencia de negociaciones multilaterales de acuerdos de libre comercio, permitiría negociar contratos de vacunas facilitando la llegada de los millones de vacunas que finalmente posicionaron al país como uno de los que más población vacunada tiene.

Lo anterior igualmente permitiría al país iniciar la recuperación de su capacidad de producción de vacunas a través de la instalación de una planta en Antofagasta, la que se pretende permita exportar a terceros países.

Respecto de este último punto, está pendiente el debate del porque Chile inicio la producción de vacunas con una tecnología sanitaria que se ha demostrado menos efectiva y las razones del por qué Chile fue superado por otros países para producir vacunas con tecnología ARN.

LA 73 ASAMBLEA MUNDIAL DE LA SALUD

En plena situación de crisis pandémica mundial, con el mundo esperando por el desarrollo de las vacunas para el COVID-19 (que ya se había iniciado), no resultaba imaginable que la principal reunión del principal organismo de salud, fuera postergada. En la situación de cierre de fronteras y cuarentenas esto supuso un enorme trabajo de preparación para lograr que todos los países miembros pudieran participar de

forma telemática, considerando traducción, la amplitud de la agenda, las limitaciones del uso de la palabra, las diferencias de uso horario, y finalmente, que los reglamentos no hubieran considerado sistemas de votación en circunstancias como la de reuniones telemáticas.

Superadas estas dificultades, los países miembros decidieron apoyar de forma unánime una sola resolución denominada COVID19, la cual estableció una serie de medidas, siendo una de las principales, el efectuar una evaluación independiente de lo que había sido la respuesta a la COVID19 (The Independent Panel for Pandemic Preparedness and Response, IPPR). A esta esta evaluación se agregarían, dos mas, la del Independent Oversight and Advisory Committee for the WHO Health Emergencies Programme y la del Review Committee on the Functioning of the International Health Regulations (2005) during the COVID-19 Response.

Punto de encuentro de todas estas evaluaciones y reportes generados fue el que existían en el mundo problemas de equidad, que se necesita mejorar las capacidades de respuesta a Pandemias y que el RSI, incluso mejorado, no es suficiente.

RESOLUCIÓN COVID 19

COVAX

***Mecanismo de Acceso Mundial a la Vacuna contra COVID-19 (COVAX):** Este mecanismo multilateral es gestionado por representantes organismos de GAVI (Alianza para las vacunas), acompañado por la OMS y sus representaciones regionales. El 18 de septiembre, Chile confirmó su participación bajo la modalidad de acuerdo de compra opcional:

- **Total de vacunas a adquirir:** 7.646.400 dosis (2 dosis por persona)
- **Población beneficiaria:** 3.823.200 personas (20% población Chile)
- Pago por adelantado Mayor cantidad de fondos en riesgo
- Es posible optar por no comprar dosis ofrecidas
- Los países tendrían flexibilidad para indicar sus preferencias.
- Fue Oportunidad porque complementa el modo de acceso individual (minimiza riesgos y costos)

Finalmente, el COVAX no ha sido relevante para la estrategia de vacunación en Chile (solo 800.000 vacunas de AstraZeneca se han recibido y se espera un millón para 2022 (Sinovac).

La evaluación de COVAX es que no ha cumplido con los propósitos para los cuales fue creado

Los países con capacidades económicas han pesado más y los países en desarrollo aún esperan la llegada de vacunas.

A Chile le sirvió, en su momento, para diversificar la oferta.

El fallo de las iniciativas multilaterales, el acaparamiento de vacunas y un llamado a la solidaridad.

*Inequidad de la vacunación. El regreso de los principios a las RRII y la interdependencia.

LA 74 AMS

Resolución de fortalecimiento de capacidades

El proceso de negociación se hizo en contra de la gran potencia regional, y sin el apoyo de otros países de la región

Iniciativa impulsada por Chile tratado de pandemias. Sesión especial de la Asamblea Mundial la Salud noviembre 2021.

- * Chile marcó un punto de liderazgo al sumarse a la OP ED que promovía el tratado, pero fueron los equipos técnicos los que le dieron las espaldas el impulso político para, persistir en la negociación

- * MINSAL creó un grupo de expertos de las áreas de Epidemiología, Reglamento Sanitario Internacional, Gestión de riesgo y desastres, Jurídico, solo con el fin de apuntalar la posición chilena.

- * Ahora que las situaciones están progresivamente tranquilizando, huelga definir propósitos estratégicos que permitan que los beneficios del involucramiento alcancen para todos los actores locales e incidan en la arquitectura de Salud Global

- * Chile participó encabezado por el ministro de Salud de Chile

- * Conclusiones establecidas por el reporte que analizó las ventajas de un instrumento internacional (principio de Equidad).

- * Grupo de amigos del tratado y el rol de Chile con Australia .

REFLEXIONES FINALES

La Salud como espacio para la diplomacia

Chile, en los últimos 4 años ha sido impulsor y protagonista de 2 iniciativas que delinearán la reacción ante futuras pandemias (iniciativa) y el cómo el mundo irá asumiendo su progresivo envejecimiento (Década del envejecimiento Saludable). Asimismo, cooperación en el marco de la pandemia con la donación de vacunas (Paraguay, Ecuador, CARICOM).

El sistema multilateral se enmarca y refleja el contexto en el que está inserto. La pandemia de Covid 19 surgió en un contexto de reestructuración del sistema internacional y de competencia entre las grandes potencias globales y poderes regionales, que ha puesto considerables presiones en el sistema multilateral.

Al mismo tiempo, su sustancia es eminentemente técnica, basada en la ciencia, y su efectividad depende de la implementación a nivel territorial por las autoridades nacionales y locales.

El Director General de la OMC planteaba que una diplomacia de salud global exitosa descansa en experiencia y práctica política y diplomática, la que se debe combinar con conocimiento de salud pública y evidencia científica (Kickbusch et. al. 2001, p. 5). En la misma publicación, los autores enfatizan que requiere el reconocimiento de que tanto la ciencia como la política son componentes esenciales en los procesos de negociación (p. 14).

Esto hace especialmente necesario el trabajo coordinado entre responsables de temas de salud y de la política exterior para poder identificar y aprovechar adecuadamente las

oportunidades y responder a los desafíos que se presentan en este ámbito.

BIBLIOGRAFÍA

- Oslo Ministerial Declaration—global health: a pressing foreign policy issue of our time [https://www.thelancet.com/pdfs/journals/lancet/PIIS0140-6736\(07\)60498-X.pdf](https://www.thelancet.com/pdfs/journals/lancet/PIIS0140-6736(07)60498-X.pdf)
- Global health diplomacy how foreign policy can influence health, <https://www.graduateinstitute.ch/library/publications-institute/global-health-diplomacy-how-foreign-policy-can-influence-health>
- The World Health Organization and the Transition From “International” to “Global” Public Health <https://ajph.aphapublications.org/doi/full/10.2105/AJPH.2004.050831>
- La globalización y la nueva salud pública, http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0036-36342007000200011
- Reconceptualización de la salud internacional: perspectivas alentadoras desde América Latina <https://iris.paho.org/handle/10665.2/9475>
- Historia de la OPS, <https://www.paho.org/es/quienes-somos/historia-ops>
- Figueroa, Uldaricio, Organismos Internacionales. Funcionamiento y Actividades. Editorial Lexis Nexis (2002):
- Gobernanza en Salud: La Asamblea Mundial de la Salud, <https://www.who.int/es/about/governance/world-health-assembly>
- In the race to secure medical supplies, countries ban or restrict exports <https://edition.cnn.com/2020/03/27/business/medical-supplies-export-ban/index.html>
- Trump bans export of coronavirus protection gear, says he’s ‘not happy with 3M. <https://www.cnn.com/2020/04/03/coronavirus-trump-to-ban-export-of-protective-gear-after-slamming-3m.html>

- Bruselas amplía sus poderes para prohibir la exportación de vacunas fuera de la Unión Europea, <https://elpais.com/sociedad/2021-03-23/bruselas-amplia-sus-poderes-para-prohibir-la-exportacion-de-vacunas-fuera-de-la-union-europea.html>
- “Guerra” de vacunas contra el coronavirus: por qué Italia bloqueó la exportación de la vacuna de AstraZeneca a Australia, <https://www.bbc.com/mundo/noticias-internacional-56289206>
- Acelerador del acceso a las herramientas contra la COVID-19. <https://www.who.int/es/initiatives/act-accelerator>
- COVAX:colaboración para un acceso equitativo mundial a las vacunas contra la COVID-19 <https://www.who.int/es/initiatives/act-accelerator/covax>
- Vacunación contra el COVID 19: Oportunidades de colaboración internacional científica. Diplomacia y Soft Power Una Estrategia Nacional de Vacunas COVID-19. <https://www.minciencia.gob.cl/vacunacovid19/> <https://www.who.int/news-room/articles-detail/establishment-of-a-covid-19-mrna-vaccine-technology-transfer-hub-to-scale-up-global-manufacturing>
- Resumen Informe Principal Panel Independiente sobre la Preparación y Respuesta a Pandemias “COVID-19: Make it the Last Pandemic”, https://theindependentpanel.org/wp-content/uploads/2021/05/Summary_COVID-19-Make-it-the-Last-Pandemic_final.pdf
- The Forever Virus. A Strategy for the Long Fight Against COVID-19. https://www.foreignaffairs.com/articles/united-states/2021-06-08/coronavirus-strategy-forevervirus?utm_medium=referral&utm_source=www-foreignaffairs-com.cdn.ampproject.org&utm_campaign=amp_kickers#author-info
- Oslo Ministerial Declaration—global health: a pressing foreign policy issue of our time. [https://www.thelancet.com/pdfs/journals/lancet/PIIS0140-6736\(07\)60498-X.pdf](https://www.thelancet.com/pdfs/journals/lancet/PIIS0140-6736(07)60498-X.pdf)

- Global health diplomacy how foreign policy can influence health. <https://www.graduateinstitute.ch/library/publications-institute/global-health-diplomacy-how-foreign-policy-can-influence-health>
- The World Health Organization and the Transition From “International” to “Global” Public Health <https://ajph.aphapublications.org/doi/full/10.2105/AJPH.2004.050831>
- La globalización y la nueva salud pública http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0036-36342007000200011
- Reconceptualización de la salud internacional: perspectivas alentadoras desde América Latina <https://iris.paho.org/handle/10665.2/9475>
- Historia de la OPS. <https://www.paho.org/es/quienes-somos/historia-ops>
- Una Estrategia Nacional de Vacunas COVID-19. <https://www.minciencia.gob.cl/vacunacovid19/>
- Resumen Informe Principal Panel Independiente sobre la Preparación y Respuesta a Pandemias “COVID-19: Make it the Last Pandemic”, https://theindependentpanel.org/wp-content/uploads/2021/05/Summary_COVID-19-Make-it-the-Last-Pandemic_final.pdf
- Figueroa, Uldaricio, Chile y el Multilateralismo antes de 1990 en Artaza, Mario; Ross, César (eds), La Política Exterior de Chile 1990-2009. Del aislamiento a la integración regional, RIL Editores, 2012
- Cueto, Marcos; Brow, Theodore M.; Fee, Elizabeth, The World Health Organization. A History, Global Health Histories Series, Cambridge University Press, 2019
- Kickbusch, Ilona; Nikogosian, Haik; Kazatchkine, Michel ; Kökény, Mihály A Guide to Global Health Diplomacy. Better health – improved global solidarity – more equity, Global health Center 2021, <https://www.graduateinstitute.ch/sites/internet/files/2021-02/GHC-Guide.pdf>

- Roberts, Ivor Sir (ed.), *Satow's Diplomatic Practice*, Séptima Edición, Oxford University Press, 2017
- Roberts, Ivor Sir (ed.) *Satow's Diplomatic Practice*, Séxta Edición, Oxford University Press, 2009
- Somavía, Juan; Oyarce, Pedro (Eds.), *Chile Actor del Sistema Internacional. Una Tradicional Nacional*, Publicación de la Academia Diplomática de Chile "Andrés Bello", 2018
- Van Klaveren, Alberto, La política exterior de Chile durante los gobiernos de la Concertación (1990-2010) en *Revista Estudios Internacionales* 169, 2011, <https://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/123747/La-politica-exterior-de-chile-durante-los-gobiernos-de-la-concertacion.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Zinsstag, J.; Meisser, A.; Schelling, E.; Bonfoh, B.; & Tanner, M. (2012). From "two medicines" to "One Health" and beyond. *The Onderstepoort Journal of Veterinary Research*, 79(2), 492. <https://doi.org/10.4102/ojvr.v79i2.492>

Parte 2

*El SARS-CoV-2:
un desafío mayor para el diálogo entre ciencia y política*

El rol de la Subsecretaría de Relaciones

Económicas Internacionales en la adquisición de vacunas para enfrentar la pandemia del Covid-19

*Rodrigo Yáñez**

I. INTRODUCCIÓN: ALERTA MUNDIAL ANTE LA IRRUPCIÓN DE UNA NUEVA PANDEMIA

Algunas semanas previas a que la Organización Mundial de la Salud (OMS) declarase pandemia al brote mundial del virus denominado del síndrome respiratorio agudo grave (SARS-CoV-2) que produce la enfermedad “COVID-19”, y a que se detectase el primer caso en nuestro país en marzo de 2020¹, el Ministerio de Salud de Chile decretó una alerta sanitaria a nivel nacional². Dicha alerta, la que se mantiene a la fecha y otorga facultades extraordinarias a los órganos públicos, importó la articulación y desarrollo de una estrategia gubernamental temprana destinada a asegurar el

* Subsecretario de Relaciones Económicas Internacionales

1 El 3 de marzo de 2020 se detecta el primer caso de Covid-19 en Chile. La OMS declara la pandemia el 11 de marzo de ese año.

2 Decreto N° 4 del Ministerio de Salud de 5 de febrero de 2020.

abastecimiento de insumos médicos y de una futura vacuna que permitiera contener la pandemia. En el marco de esa estrategia, y ante los catastróficos anuncios de la Organización Mundial del Comercio (OMC) que preveían un desplome del comercio internacional a consecuencia de la perturbación de la actividad económica normal y de la vida en todo el planeta, la Subsecretaría de Relaciones Económicas Internacionales (SUBREI), como entidad especializada de la Cancillería, ha estado llamada a jugar un papel central. El mensaje es claro y no admite excepciones: sin comercio, no hay vacunas.

II. MEDIDAS ADOPTADAS POR LA SUBREI PARA ENFRENTAR LA PANDEMIA

Desde el inicio de la estrategia nacional para lidiar con este delicado escenario, la SUBREI ha coordinado, a nivel nacional e internacional, iniciativas tendientes a asegurar las cadenas logísticas y los flujos de comercio, a fin de facilitar los procesos de exportaciones e importaciones de productos médicos y bienes esenciales para afrontar la pandemia, incluida la adquisición de vacunas contra el Covid-19, y apoyar el ingreso de Chile en las cadenas de producción de la industria farmacéutica.

i. Asegurar las cadenas logísticas y los flujos de comercio

Durante esta tarea, que marcó especialmente la primera etapa de la pandemia, la colaboración entre organismos públicos relevantes como la Central Nacional de Abastecimiento del Sistema Nacional de Servicios de Salud (Cenabast)³ y

³ Cenabast es un actor fundamental en la Red de Salud que contribuye al bienestar de la población, asegurando la disponibilidad de recursos estratégicos, mediante la gestión del servicio de abastecimiento de medicamentos, alimentos e insumos, con excelencia, eficiencia y calidad, para mejorar la salud de quienes habitan el país.

El diseño y establecimiento de puentes aéreos con Asia, en particular entre China y Chile, y la definición de rutas alternativas por Oceanía, destinados a facilitar el arribo de material esencial al país sin contratiempos, también ha sido parte de las medidas tomadas por la SUBREI.

ChileCompra, así como aquellos del sector privado como la Confederación de la Producción y del Comercio (CPC) sumados a la red chilena de Embajadas, Misiones, Consulados y Oficinas Comerciales, ha sido invaluable para el engranaje de la estrategia puesta en marcha por el Gobierno. Su accionar conjunto permitió, de manera oportuna, detectar necesidades, identificar a los productores y proveedores de los bienes requeridos, y definir las mejores formas para materializar su pronta llegada al país.

Un ejemplo ilustrativo de la referida colaboración se vio reflejado en la búsqueda de mercados y proveedores confiables de insumos médicos, particularmente de medicamentos o de materias primas para su fabricación⁴, corroborando que contaran con los debidos permisos y en cantidades suficientes. A su vez, la resistencia a medidas nacionales o regionales de carácter proteccionista, evitando que Chile se viera afectado por medidas restrictivas de exportación de insumos médicos y vacunas, se inserta, igualmente, entre las medidas para alcanzar este objetivo mayor⁵.

4 Léase API (Active Pharmaceutical Ingredient). De especial interés fueron el midazolam, el fentanilo y el atracurio, todos los cuales estaban bajo una fuerte restricción de exportación de los países productores debido a su alta demanda y al desabastecimiento generalizado en razón de su uso en pacientes sometidos a ventilación mecánica.

5 Entre ellas, intensas gestiones diplomáticas fueron desplegadas ante la publicación por parte de la UE del Reglamento N° 111 de 29 de enero de 2021, el cual sometía la exportación de vacunas Covid-19 a la presentación de una autorización de exportación. Finalmente, se aseguraron a Chile los mejores esfuerzos para que dicha medida no afectara al país.

El diseño y establecimiento de puentes aéreos con Asia, en particular entre China y Chile, y la definición de rutas alternativas por Oceanía⁶, destinados a facilitar el arribo de material esencial al país sin contratiempos, también ha sido parte de las medidas tomadas por la Subsecretaría. A tal efecto fueron necesarias conversaciones de esta SUBREI con el Ministerio de Comercio chino para obtener las respectivas autorizaciones de vuelo, además de gestiones ante la Administración Civil de China, en conjunto con la Junta Aeronáutica Civil y la aerolínea LATAM⁷.

Lo anterior, se ejecutó en total sintonía con los esfuerzos internacionales que el país hacía al interior de la OMC, destacando la declaración de 22 de abril de 2021, en la que un grupo de países acordaron mantener abierto el movimiento de alimentos y productos agrícolas, comprometiéndose a garantizar que las cadenas de suministro continuaran abiertas y que las medidas de emergencia fueran acotadas, proporcionadas, transparentes y temporales⁸.

Tanto la flexibilidad en el uso de las copias escaneadas de certificados de origen para evitar demoras en el intercambio comercial⁹, como el despacho aduanero inmediato para sumi-

6 Los primeros vuelos que trajeron a Chile vacunas CoronaVac entre enero y febrero de 2021 utilizaron la ruta aérea Beijing-Sidney-Santiago, diseñada para asegurar la rápida llegada de vacunas.

7 Al principio de la pandemia, la repatriación también fue objeto de estos vuelos. Desde China -país al que la aerolínea no vuela-, un avión hizo escala en Singapur y fue posible el retorno de 250 nacionales, junto a una carga de millones de mascarillas destinadas al personal de salud, test rápidos de anticuerpos, PCRs y ventiladores mecánicos.

8 Los firmantes de esta declaración son Australia, Brasil, Canadá, Chile, Colombia, Costa Rica, Hong Kong, Japón, Corea del Sur, Estados Unidos, Malawi, México, Nueva Zelanda, Paraguay, Perú, Qatar, Reino Unido, Singapur, Suiza, Taiwán, Ucrania, la Unión Europea y Uruguay.

9 Fueron acordadas con la Alianza del Pacífico, MERCOSUR, EFTA, UE, Ecuador, Indonesia, Malasia, Reino Unido, Tailandia y Vietnam.

nistros médicos críticos y vacunas Covid-19 que permitió su tramitación preferencial y expedita, con carácter prioritario, implicaron también medidas coordinadas para simplificar barreras en las operaciones de comercio exterior, aplicándose una política comercial al servicio de los ciudadanos en medio de la crisis sanitaria.

ii. Adquirir las vacunas contra el Covid-19

A partir de julio de 2020¹⁰, la tarea fundamental pasó a ser la obtención de vacunas seguras, eficaces y en una cantidad adecuada para la población nacional. A tal efecto, la SUBREI entabló un diálogo directo con distintos laboratorios y centros de investigación extranjeros que se encontraban en las fases iniciales de estudio y desarrollo de vacunas contra el Covid-19. La clave estuvo en ser proactivos y apostar por una estrategia comercial de diversificación que permitiera “poner los huevos en distintas canastas” y de este modo contar con diferentes alternativas que llegaran a plasmarse en contratos viables, en coordinación con los Ministerios de Salud y de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación¹¹.

Atendida la naturaleza de estas negociaciones, todas las partes involucradas debieron actuar y tomar decisiones aceleradamente. Ello, sumado al manejo de planes alternativos, resultó primordial, considerando los retrasos en las entregas

10 El 11 de julio de 2020 se aprobó el Decreto N°11 del Ministerio de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación, que estableció la constitución de un Comité Interministerial, asesor del Presidente de la República, en todas las materias referentes a la posibilidad de un futuro abastecimiento de la vacuna contra el Covid-19.

11 La estrategia consideró un trabajo en dos áreas principales: (1) aquellas de carácter comercial, que incluye cláusulas de suministro preferente, modelos de negocio para la adquisición, precio y fechas de entrega, a cargo de la Cancillería a través de la SUBREI, y (2) aquellas de carácter científico, que lidera el Consejo Asesor de Vacunas e Inmunización (CAVEI) del Ministerio de Salud.

de vacunas registrados en todo el mundo. De hecho, una vez conocidos los actores involucrados e identificadas las distintas tecnologías en materia de vacunas que se deseaban incorporar en base a la eficacia de las mismas¹², uno de los primeros logros fue conseguir que las farmacéuticas calificaran a Chile como país de ingreso medio y no de ingreso alto como era la intención de las compañías, poniéndonos en una banda de precios distinta, con un significativo cambio en el precio de las vacunas. Así, Chile accedía a precios competitivos y sin pagar sobrepagos para satisfacer el plan de vacunación nacional, caracterizado por su universalidad y gratuidad.

Una parte importante en la fórmula para la adquisición de vacunas estuvo en los ensayos clínicos realizados en el país, bajo una articulación del sector público, la academia y la comunidad científica¹³. Los ensayos clínicos importaron, en el proceso de negociación, poseer un conocimiento adecuado del producto y una relación de confianza previa, lo que redundó positivamente en el proceso de adquisición final, además de favorecer el desarrollo científico y tecnológico en Chile.

En el caso de Astrazeneca, el estudio comenzó en noviembre de 202 y fue copatrocinado por la Facultad de Medicina de la Universidad de Chile, la Clínica Las Condes, el Hospital Dr. Luis Calvo Mackena y el CENRESIN de Quillota. Incluyó a 2.300 voluntarios. Respecto a CoronaVac, el ensayo fue producto del acuerdo suscrito entre la Universidad Católica de Chile y el laboratorio Sinovac. Incluyó más de 2.000 voluntarios sanos. Tratándose de Janssen (Johnson & Johnson),

12 Estas distintas tecnologías incluían: Vector viral (Oxford Astrazeneca, Sputnik V), ARN/ADN (Pfizer, Moderna), Virus desactivado (CoronaVac, Sinopharm, Covaxin), En base a proteínas (Novavax, Sanofi).

13 Las vacunas Astrazeneca-Oxford, Cansino, CoronaVac y Janssen fueron objeto de ensayos clínicos en Chile.

A partir de julio de 2020, la tarea fundamental pasó a ser la obtención de vacunas seguras, eficaces y en una cantidad adecuada para la población nacional.

investigadores de la Facultad de Medicina de la Universidad de Chile y del Centro de Investigación Maule en Talca, reunieron a más de 800 voluntarios en esta vacuna de dosis única y de fácil refrigeración. Finalmente, en el caso de Cansino, el estudio fue liderado por la Universidad de la Frontera, junto a las universidades Austral y San Sebastián, además de centros de investigación de Santiago, Temuco, Valdivia, Osorno y Puerto Montt. Participaron 3.400 voluntarios.

Cabe precisar que, dado que el estado de desarrollo de las vacunas no permitía su registro sanitario, se optó por obtener aprobación para su uso provisorio (uso de emergencia)¹⁴. Luego de aprobadas las vacunas por el Instituto de Salud Pública (ISP), éstas quedaron en condiciones de ser internadas al país y puestas a disposición de la población a través del Programa Nacional de Inmunizaciones (PNI) del Ministerio de Salud¹⁵.

Como consecuencia de los contratos celebrados con los laboratorios Pfizer-Biontech, Astazeneca, Sinovac y Cansino, hasta la fecha, Chile ha recibido 46.561.494 dosis¹⁶, sumada

14 La regulación normativa a este respecto está dada por el artículo 99 del Código Sanitario y los artículos 21 y siguientes del Decreto N° 3/2010 del Ministerio de Salud.

15 El ISP es la autoridad sanitaria que tiene la facultad para evaluar técnica y científicamente los antecedentes respecto de la seguridad, calidad y eficacia de las vacunas. También a esta entidad le corresponde autorizar los ensayos clínicos que se efectúen en Chile.

16 El detalle de dosis por laboratorio es el siguiente: Pfizer- Biontech (16.293.810); Astrazeneca (4.030.900); Sinovac (25.660.876), y Cansino (575.908). A través de COVAX se recibieron 818.400 dosis de Astrazeneca, 1.468.000 de CoronaVac y 604.00 de Janssen.

la participación en el mecanismo multilateral COVAX, en el marco de la OMS¹⁷. En este sentido, la adquisición de vacunas permitió cumplir con todos los hitos que se habían trazado dentro de la estrategia nacional entre los meses de diciembre de 2020 y septiembre de 2021: vacunación de la población crítica (personal de salud y trabajadores esenciales), vacunación de población de riesgo (personas con un riesgo aumentado de tener morbilidad grave, secuelas o muerte), vacunación de población sana adulta (entre 18 y 59 años), vacunación de adolescentes (entre 12 y 17 años) y vacunación de pediátricos (entre 6 y 11 años).

Sin perjuicio de ello, la SUBREI continúa manteniendo reuniones con otras farmacéuticas de ser necesaria la suscripción de nuevos contratos en el futuro¹⁸.

iii. Incentivar el ingreso de Chile en las cadenas de producción de la industria farmacéutica

En atención a que ningún país ha sido capaz de producir todos los bienes necesarios para combatir la pandemia, la necesidad de mantener los mercados abiertos mediante la reducción de aranceles, la racionalización de los procesos vinculados con el comercio en las fronteras y una coordinación

17 El mecanismo COVAX es una agrupación de países convocado por Global Alliance for Vaccines and Immunization (GAVI), Coalition for Epidemic Preparedness Innovations (CEPI) y la OMS, que busca acelerar el desarrollo, fabricación y distribución de una vacuna segura y eficaz contra el Covid-19. Con el dinero de los países autofinanciados y los aportes de otras organizaciones, COVAX negocia precios con los laboratorios productores de vacunas y luego cierra contratos para la entrega de cantidades específicas, las que son propuestas a los países como prorrateo. El 22 de septiembre de 2020, Chile suscribió a dicha iniciativa bajo la modalidad de compra opcional, que da acceso a una oferta más amplia de vacunas y a la posibilidad de rechazar un producto a la espera del de preferencia.

18 Entre otras entidades: Janssen/Johnson&Johnson, Moderna, Serum Institute (India), Russian Direct Investment Fund, Sinopharm, Bharat Biotech, Clover Biopharmaceutical, G42, CureVac, Novavax, Arcturus, Bio Kangtai.

La Cancillería ha apoyado gestiones para el establecimiento de una plataforma regional de transferencia de tecnología para vacunas contra el Covid-19, liderado por la OMS.

efectiva de las distintas etapas logísticas implicadas se torna fundamental para garantizar el acceso universal de vacunas. El comercio, por lo tanto, desempeña un rol esencial para permitir dicho objetivo, teniendo muy en cuenta la realidad de los países en desarrollo.

En ese contexto, considerando que todos los países necesitan vacunas, pero no todos pueden producirlas, se procuró desde la SUBREI, junto a los Ministerios pertinentes, universidades y sector privado, la incorporación del país a la cadena de producción de vacunas, recibiendo no sólo tecnología e innovación, sino que también, en el evento de nuevas olas de contagio, un acceso prioritario a las vacunas producidas.

Coherentemente con dicho objetivo, el 4 de agosto de 2021, la empresa china Sinovac confirmó la instalación de una planta de llenado de vacunas en Santiago y de un establecimiento de investigación y desarrollo en Antofagasta, con la participación de la Universidad Católica y el Gobierno Regional de Antofagasta, respectivamente.

Asimismo, la Cancillería ha apoyado gestiones para el establecimiento de una plataforma regional de transferencia de tecnología para vacunas contra el Covid-19, liderado por la OMS, y existe un proyecto para la instalación de un Centro para la Manufactura de Biofármacos a desarrollarse en la Laguna Carén, entre la empresa italiana Reithera y la Universidad de Chile.

iv. Colaborar con el multilateralismo en la búsqueda de respuestas contra la pandemia y fomentar el apoyo bilateral mediante la donación de vacunas

La Asamblea General de las Naciones Unidas, mediante su Resolución 74/274 de 21 de abril de 2020, reconoció la importancia de la cooperación internacional y el multilateralismo eficaz para ayudar a garantizar que todos los Estados dispongan de medidas nacionales eficaces de protección, acceso a los suministros médicos, medicamentos y vacunas vitales, y un flujo suficiente de ellos, a fin de reducir al mínimo los efectos negativos en todos los Estados afectados y evitar los rebrotes de la pandemia¹⁹.

De conformidad al tenor de dicha Resolución, Chile no solamente fue parte activa de los distintos esquemas multilaterales propuestos por la ONU, sino que también favoreció mecanismos de donación entre países de la región. De esta manera, una de las acciones solidarias en el proceso de adquisición de vacunas ha estado marcada por las donaciones efectuadas a terceros países, sin afectar las necesidades del proceso de inoculación nacional y en respuesta a los principios de colaboración humanitaria y de equidad vacunal internacional. En este marco, cabe mencionar la más reciente donación chilena de vacunas Astrazeneca a Paraguay en

19 “El principio de la equidad vacunal está ganando cada vez más adeptos y me congratulo de la adhesión de los dirigentes de todo el mundo que han asumido nuevos compromisos para distribuir dosis de vacunas y más financiación para el Mecanismo COVAX, con el propósito de poner término de una vez por todas a esta pandemia. No podemos comportarnos como si nada ocurriera: los países deben poner a disposición urgentemente tecnologías y dosis vacunales, multiplicar su capacidad de producción y velar por que el suministro de vacunas sea sostenible y permita inmunizar a todas las personas como en todas partes”. Tedros Adhanom Ghebreyesus, Director General de la OMS, Naciones Unidas, Ginebra, 19 de febrero de 2021.

octubre de 2021²⁰, la de vacunas CoronaVac a Paraguay y Ecuador en marzo de 2021²¹, y la cesión de espacio en vuelo con vacunas a Uruguay, en febrero de ese mismo año²².

III. CONCLUSIÓN

La labor de esta Subsecretaría, así como la de todas las instituciones que han sido parte de la estrategia nacional para enfrentar esta crisis sanitaria, ha de seguir su curso mientras se mantenga la necesidad de hacerlo, en vista de las nuevas variantes del virus que amenazan la vida de millones de personas en el mundo. Hasta el momento, la fórmula múltiple de favorecer ensayos clínicos en el país, negociaciones directas con los laboratorios y participación en el mecanismo COVAX ha tenido resultados que han destacado a Chile como uno de los países que ha tenido una mejor gestión en materia de adquisición y administración de vacunas asociadas a la pandemia. Ello explica que en marzo de 2021 toda la población de riesgo estuviera vacunada y que se pudiera contar con 20 millones de dosis por tres años aseguradas.

A pesar de las fuertes interdependencias comerciales, la distribución de las vacunas seguirá planteando desafíos que exigen una mayor apertura de los mercados. Los aranceles sobre las vacunas existen en el 22% de las economías, con

20 El 28 de septiembre de 2021, durante la visita de SEPREREP a Paraguay, se anunció el aporte de 100.000 dosis de vacunas a ese país para colaborar en el combate del Covid-19. Mediante DS N°271 del Ministerio de Salud, se autorizó el envío de vacunas en el vuelo LATAM del sábado 16 de octubre de 2021.

21 Dichas donaciones nacieron del compromiso de SEPREREP con sus homólogos de PROSUR durante el encuentro de 25 de febrero de 2021. En virtud del DS N°9 del Ministerio de Salud se dispuso el envío de 200.000 dosis de vacunas CoronaVac, lo que se verificó en vuelos a esos países el 6 de marzo de 2021.

22 El 25 de febrero de 2021 se apoyó la coordinación del vuelo desde Beijing con vacunas CoronaVac a Santiago, para un puente aéreo más tarde en Montevideo, cediendo así espacio para un contenedor de vacunas compradas por Uruguay.

un 8% que aplica derechos superiores al 5%²³. Es por ello que la colaboración público-privada entre las organizaciones internacionales y actores interesados, sin duda, contribuirá a garantizar el acceso a vacunas seguras y eficaces, considerando políticas, regulación y asignación adecuadas. Mientras un país está en riesgo, todos lo estamos. Sirvan estas palabras de agradecimiento a todos los equipos de trabajo que han participado en esta cruzada nacional, especialmente a aquellos servidores del sector público y de la SUBREI, y de homenaje a todas las víctimas que sufrieron los embates de esta pandemia. La diplomacia sanitaria, en apoyo del comercio internacional, aunque aún con grandes desafíos por delante, ha dado sus frutos.

23 En efecto, según la OMC, los aranceles medios mundiales sobre los ingredientes de las vacunas, como conservantes, adyuvantes, estabilizadores y antibióticos, oscilan entre el 2,6% y el 9,4%.

Tecnologías digitales para una recuperación sostenible y con igualdad

*Alicia Bárcena**

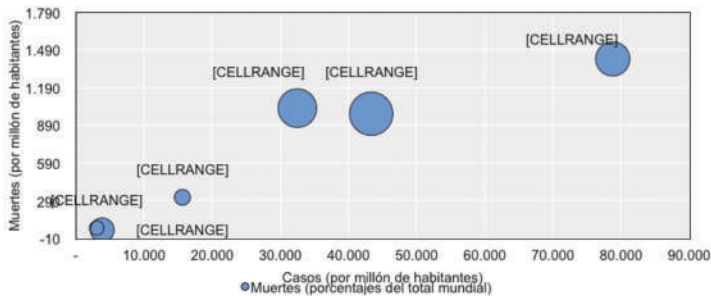
AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE FUE LA REGIÓN EN DESARROLLO MÁS AFECTADA POR LA CRISIS DEL COVID-19

La pandemia llevó a una crisis económica y social severa a nivel global, pero en América Latina y el Caribe los factores estructurales agravaron aún más los efectos adversos en materia socioeconómica y sanitaria. Los datos sobre casos positivos muestran que América Latina y el Caribe es una de las regiones con mayor número de casos positivos de COVID-19, tan solo después de Europa y América del Norte. Del total de casos a nivel mundial, Europa concentra la mayoría (32,9%), seguida por América del Norte (25,7%), y en tercer lugar se encuentra América Latina y el Caribe

* Secretaria Ejecutiva de la CEPAL, quien desea agradecer al señor Sebastián Rovira, Oficial de Asuntos Económicos de la Unidad de Innovación y Nuevas Tecnologías de la División de Desarrollo Productivo y Empresarial de la CEPAL, por sus contribuciones a este artículo.

(18,8%), mientras Asia, África, Oriente Medio y Oceanía, presentan una menor incidencia. En relación con las muertes la región también cuenta con el segundo mayor número de fallecimientos, alcanzando las 667.308 personas -el 26,8% de la mortalidad mundial-, cuando la región solo representa el 8,4% de la población. Igualmente, América Latina y el Caribe supera a todas las otras regiones del mundo cuando se revisan las cifras de contagios y fallecidos en relación con la población. Esto pone en evidencia la fragilidad del sistema de salud de la región, pero también otras causas de orden económico y social que han facilitado la propagación del virus y su impacto (Bárcena y Cimoli, 2021).

Gráfico 1. Regiones del mundo: contagios y decesos a causa del COVID-19



Fuente: elaboración propia sobre la base de datos de Organización Mundial de la Salud (OMS) y Banco Mundial, datos al 25 de feb. de 2021.

La crisis económica producto de la pandemia también es profunda. En 2020 la caída del PIB a nivel regional alcanzó el 7,7%, además se tuvo un aumento considerable del desempleo que afectó particularmente a las mujeres y a los trabajadores informales. Las medidas de distanciamiento social y las cuarentenas provocaron también el cierre de 2,7 millones de empresas, la mayoría microempresas y pymes. Existen además ciertos sectores

Desde su creación, en 1901, solo 23 mujeres de un total de 632 galardonados, han recibido el Premio Nobel en Ciencias.

que han sido particularmente afectados por la pandemia, como es el caso del turismo, donde las estimaciones existentes señalan que entre enero y mayo de 2020, la actividad del sector cayó un 56% y la proyección para 2021 es de una contracción que podría variar entre un 60% y un 80%. El contexto internacional también afectó el comercio en 2020, donde el valor de las exportaciones de la región cayó en cerca de un 15% con una contracción del volumen del 6% (CEPAL, 2021a; 2020a; 2020c).

En materia social, la crisis provocó que entre 2019 y 2020, la pobreza aumentara en 22 millones de personas en la región, acrecentando el total de pobres a 209 millones, de los cuales 78 millones se encuentran en situación de pobreza extrema, lo que habría sido peor sin los programas sociales impulsados por los gobiernos.

Producto de la contracción económica, la tasa de desocupación alcanzó 10,7% en 2020, un incremento de 2,6 puntos porcentuales respecto del valor registrado en 2019, con grupos especialmente afectados como las mujeres y los informales. Esta situación empeoró también algunos indicadores de movilidad social, aumentando la cantidad de personas que se encuentran en estratos de ingresos bajos y medio bajos, en 2020, 8 de 10 latinoamericanos fueron económicamente vulnerables (CEPAL, 2021a).

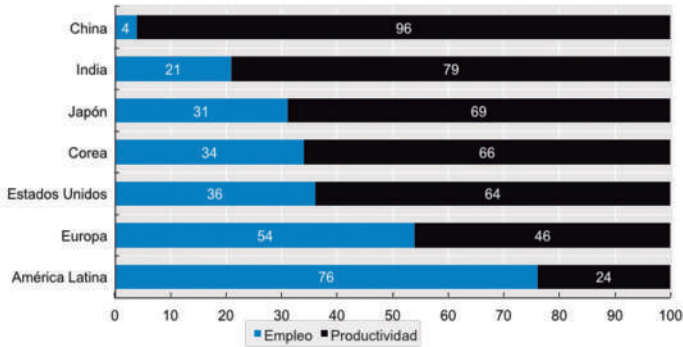
Antes de la crisis, la región ya enfrentaba retos importantes en materia social, económica y medioambiental, pero la pandemia profundizó esta situación y produjo un retroceso en el desarrollo socioeconómico, afectando sobre todo a los segmentos más vulnerables de la población. Para poder superar esta situación

y generar reformas que permitan avanzar hacia un modelo más inclusivo y sostenible, es importante considerar los factores estructurales que históricamente han afectado a la región y que guardan relación con la pobreza, la baja productividad y la informalidad, y el deterioro ambiental. De lo contrario, existe el riesgo de una recuperación asimétrica, con re-primarización del aparato productivo y una mayor desigualdad.

LA BAJA PRODUCTIVIDAD, UN FACTOR ESTRUCTURAL CLAVE QUE CONDICIONA LA RECUPERACIÓN SOSTENIBLE

Existen varios rasgos históricos que han condicionado el desarrollo latinoamericano, uno de estos factores clave ha sido la baja productividad y la brecha productiva interna. En América Latina y el Caribe, los datos existentes muestran que desde la década de 1950 existen rendimientos decrecientes de la productividad laboral en comparación con el resto del mundo. Por otro lado, el crecimiento del PIB en su mayoría se debe al crecimiento de la población y al aumento de la demanda agregada, y no así a la productividad. Lo anterior implica que en la región el progreso técnico y la innovación tienen un impacto marginal en el crecimiento, lo que difiere de otras regiones, como Asia, donde se encuentran países en los cuales la productividad fue el principal impulsor del crecimiento (CEPAL et. al, 2020). Esta brecha de productividad se explica por varias razones, pero la más importante es la heterogeneidad estructural, dada por las diferencias entre sectores y al interior de estos. Estas diferencias, además de las capacidades tecnológicas previas y el marco institucional, han condicionado la competitividad sistémica de los países de la región (CEPAL, 2021c).

Gráfico 2. Contribución del empleo y la productividad al crecimiento del PIB en los países y regiones seleccionados, 2000-2019 (%)



Nota: Promedio simple de los 17 países de América Latina y el Caribe cubiertos por The Conference Board.

Fuente: CEPAL et. al 2020, con base en The Conference Board (2020), Total Economy Database (base de datos).

A nivel de empresa, los últimos datos disponibles sugieren que en América Latina la productividad laboral de una empresa mediana es menos de la mitad en promedio de la que corresponde a una empresa grande, una situación que se agrava en las empresas pequeñas que tan solo alcanzaron un 6% de la productividad de las empresas grandes en 2016. En cierta medida se podría decir que esta diferencia sigue una lógica, pero si comparamos estas cifras con otras regiones, como la Unión Europea, se observa en la región una estructura productiva más desigual a nivel micro. Por ejemplo, la productividad de las empresas medianas en la Unión Europea no alcanza a duplicar la de las microempresas, mientras que en América Latina esta diferencia es siete veces mayor (CEPAL, 2020a; Dini y Stumpo, 2020).

Otra característica de la heterogeneidad estructural en las economías de América Latina y el Caribe son las diferencias entre sectores.

En los últimos años, las diferencias sobre la productividad laboral aumentaron, por ejemplo, entre actividades como la minería y el comercio. Se estima que la heterogeneidad estructural interna de la región entre 1981 y 2018 aumentó casi en un 20% (CEPAL et. al, 2020). La magnitud de estas diferencias puede tener efectos en la segmentación del aparato productivo y el mercado laboral. Asimismo, estas diferencias entre sectores en comparación con países más avanzados son mucho más pronunciadas, mientras los segmentos de más baja productividad tienen un peso más alto en el empleo total (Cimoli y Porcile, 2013).

El progreso técnico y la innovación son fundamentales para hacer frente al estancamiento de la productividad, en particular la forma en la cual se pueden desarrollar actividades intensivas en tecnología para mejorar la eficiencia productiva, la competitividad y la inserción internacional de las empresas. En esta materia, América Latina y el Caribe se encuentra rezagada en comparación con países más avanzados y todavía no logra un nivel de madurez tecnológico que le permita aprovechar el ciclo industrial en curso. La competitividad de la región todavía se basa en recursos naturales y mano de obra poco calificada. Para lograr un crecimiento sostenido y de largo aliento se requiere del cambio tecnológico y de la diversificación productiva hacia sectores más dinámicos, en definitiva, un cambio estructural (CEPAL, 2021c; CEPAL et. al, 2020).

EL ROL DE LAS TECNOLOGÍAS DIGITALES AVANZADAS EN LA NUEVA ERA INDUSTRIAL Y SU POTENCIAL PARA EL CAMBIO ESTRUCTURAL

El desarrollo, adopción y convergencia de tecnologías digitales avanzadas (TDA) (IoT, cómputo en la nube, inteli-

gencia artificial, analítica de grandes datos, robótica, etc.) está transformando radicalmente la naturaleza de los procesos de producción e industrialización. La expansión de estas tecnologías, los sistemas inteligentes y las cadenas de valor virtuales están acelerando la innovación y las ganancias en materia de productividad. Asimismo, estos cambios presentan una serie de oportunidades para reducir el impacto ambiental, aumentando la eficiencia material mediante el cambio tecnológico. De esta forma, las nuevas tecnologías digitales pueden contribuir significativamente en las tres dimensiones del desarrollo sostenible (CEPAL, 2021c).

La nueva era industrial, más conocida como la Cuarta Revolución Industrial, tiene su base en las tecnologías digitales avanzadas. Incluso, algunos autores utilizan el término “industrialización digital” o “digitalización industrial” (Casalet, 2018).

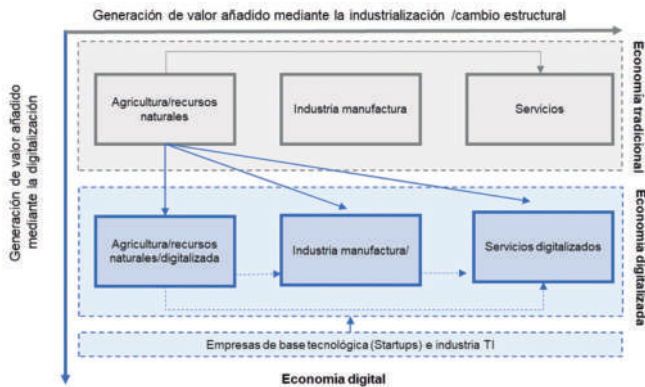
El alcance de la digitalización en este ciclo industrial se debe, principalmente, a la importancia que hoy en día tiene el análisis de los datos y su vinculación para generar conocimiento y agregar valor sobre productos y servicios (Dumbill, 2014). Una de las características principales de esta revolución industrial es que no se trata de una única tecnología, sino de un conjunto de tecnologías. En particular, el potencial de este cambio radica en las posibilidades de la combinación de *hardware*, *software* y conectividad para producir nuevos procesos, productos y modelos industriales (ONUDI, 2019).

Otra particularidad de las tecnologías digitales avanzadas es que las trayectorias tecnológicas se encuentran en constante evolución, existe un amplio conjunto de tecnologías que forman parte de esta etapa industrial, con tendencias que se complementan y extienden su potencial. Por ejemplo, los avances en *software* ayudan, a su vez, al desarrollo de nuevos productos y materiales (WEF, 2017). Asimismo, las diferentes generaciones

tecnológicas coexisten. En este caso, el grado de sofisticación depende más de la combinación de tecnologías que de su tipo. Asimismo, es importante indicar que en la práctica no se trata de una transformación total de las organizaciones, sino más bien de un proceso de varias fases (Motta et. al, 2019).

Otra característica de las TDA, es su carácter multipropósito y su capacidad para aplicarse a diversas actividades. En la actualidad, sectores tan diversos como la salud (ej. tecnología emocional, tecnología para el cuidado, aplicaciones de monitoreo y telemedicina), el comercio (ej. comercio electrónico) o la agricultura (ej. riego de precisión, analítica de grandes datos para información climática) pueden encontrar oportunidades para su transformación digital (CEPAL, 2021c). De esta forma, esta transformación se produce tanto al interior de los sectores como entre ellos. El progreso se puede apreciar en actividades tradicionales, dando lugar a nuevos productos y modelos de negocio (la economía digitalizada). Asimismo, este proceso puede impulsar a empresas de *software*, servicios de TI y telecomunicaciones, al igual que generar nuevas empresas de base tecnológica (la economía digital) (véase diagrama 1).

Diagrama 1



Fuente: Patiño y Rovira (2021) con base en UNCTAD (2019)

Si bien, existen ciertos sectores que muestran mayores niveles de adopción de tecnologías digitales (CEPAL, 2021c), los beneficios de las TDA se pueden difundir hacia el conjunto de la economía, con oportunidades para un cambio estructural funcional, mediante reasignación de recursos y la generación de nuevas capacidades (Ding et. al, 2020). Actualmente, en la región existen importantes diferencias en digitalización entre sectores. Por ejemplo, los servicios financieros y el sector de las tecnologías de la información y las comunicaciones cuentan con un mayor nivel de digitalización de sus procesos, mientras por el otro extremo hay sectores con mayores rezagos, como el de la agricultura, los servicios inmobiliarios o la educación. Esto debe examinarse como una oportunidad para impulsar la transformación de estas actividades y generar mayores beneficios para la economía y la sociedad (CEPAL, 2021c).

Cuadro 1. América Latina (3 países) y otros países seleccionados: nivel de digitalización por sectores, 2015 o último año disponible

Sector	Colombia	Brasil	Argentina	Estados Unidos	Israel
Servicios financieros	Alta	Alta	Alta	Muy alta	Alta
Servicios TIC	Alta	Alta	Alta	Muy alta	Alta
Servicios logísticos	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta
Agroindustria	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja
Manufactura	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta
Minería	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja
Comercio	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta
Salud	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja
Educación	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja
Otros servicios	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja



Fuente: CEPAL 2021, *Tecnologías digitales para un nuevo futuro*.

Las diferencias en los niveles de digitalización no solamente se encuentran en los sectores, sino también interior de estos y entre empresas. Existen diferencias evidentes en el nivel y tipo de uso que realizan las empresas sobre las tecnologías digitales según su tamaño. Mientras las empresas más grandes

realizan un uso más intensivo de estas tecnologías en diferentes procesos de negocio, las empresas más pequeñas se encuentran más rezagadas (Rovira y Stumpo, 2013). Asimismo, los datos disponibles, muestran que en relación con tecnologías digitales más avanzadas (Big Data, robótica, impresión 3D, etc), esta tendencia se repite (CEPAL, 2021d).

Las externalidades positivas de la digitalización para las empresas son varias, algunos de estos efectos se dan a partir de la eficiencia en la operación del negocio, el diseño de nuevos productos y la apertura de mercados. Del mismo modo, estas tecnologías contribuyen a la creación de canales de comunicación, facilitando una retroalimentación valiosa para mejorar servicios y productos. Otro efecto positivo deriva de la flexibilidad para adquirir insumos y servicios de soporte, de forma eficiente y a bajos costos. En particular, estos beneficios pueden ser especialmente importantes para las PYMES, un segmento empresarial clave que encuentra varias dificultades para aumentar su productividad (Berger, 2016; Motta et. al, 2019).

Existen varios ejemplos de soluciones digitales que pueden mejorar los procesos de soporte de las PYMES. Por ejemplo, en materia de infraestructura, el *software* como servicio (más conocido como SaaS) ofrece beneficios de flexibilidad, reducción de costos y escalabilidad, las empresas pueden acceder a servicios de TI sin necesidad de tener conocimientos técnicos o realizar inversiones importantes. Asimismo, otras soluciones como los sistemas de planificación de recursos empresariales (ERP, por sus siglas en inglés) específicamente diseñados para PYMES permiten gestionar la facturación, la contabilidad, la fabricación, la gestión de almacenes, el inventario y proyectos en una sola aplicación. En la gestión de recursos humanos, las plataformas de empleo a tiempo parcial han facilitado en las PYMES la terciarización de todo tipo de tareas (ej. diseño gráfico, asistencia en soporte tecnológico y/o gestión de marketing). El desarrollo de la tec-

nología es otro ámbito donde las tecnologías digitales también han permitido a las empresas más pequeñas fabricar prototipos de forma más fácil y con menos recursos.

En relación con su impacto en la productividad, existe una extensa literatura que respalda la importancia de estas tecnologías para la economía (Biagi, 2013). En el caso de América Latina, en particular, se ha encontrado evidencia a nivel agregado sobre la importancia de la inversión en TIC como un factor que influye en el crecimiento económico de largo plazo, aunque en una magnitud menor que en los países de mayor desarrollo. Estas diferencias, al parecer, se explican porque el impacto de estas tecnologías no depende tan solo de su difusión, sino también de factores complementarios tanto exógenos como endógenos, que difieren en los países y que permiten generar mayores externalidades positivas y un mayor impacto en la productividad (CEPAL, 2013).

En este sentido, es importante considerar que el simple acceso a estas tecnologías no garantiza todos sus beneficios. La magnitud de su impacto depende, en gran medida, de factores complementarios, como las competencias digitales, para facilitar su adopción eficiente y fortalecer su vínculo con la productividad. Otro factor son las competencias de gestión que tienen relación con la capacidad de las organizaciones para coordinar y combinar en su interior recursos y realizar un uso efectivo de la tecnología. Asimismo, es clave la infraestructura de calidad en materia de transporte y conectividad para garantizar un uso eficiente (CEPAL et. al, 2020).

Balancear las oportunidades y los riesgos que presenta la nueva revolución industrial es una tarea compleja, dado que si bien presenta enormes beneficios, también puede exacerbar las brechas existentes entre los segmentos empresariales. En América Latina y el Caribe, existen ciertas condiciones industriales y

tecnológicas que pueden reforzar la adopción de TDA, particularmente la adopción de tecnologías maduras como Internet, que en empresas alcanza a más del 90% en la mayoría de los países, como también el de individuos, que se encuentra entorno al 70% en promedio. Por su parte, la región también cuenta con ciertas industrias que se encuentran en la frontera tecnológica, como la automotriz y el *software* que pueden servir para impulsar la demanda de estas tecnologías y la transformación industrial. Es fundamental el uso eficiente de recursos y una mirada integral de la transformación digital para garantizar sus beneficios.

AGENDAS Y POLÍTICAS DIGITALES PARA LA RECUPERACIÓN Y LA TRANSFORMACIÓN PRODUCTIVA

Las medidas de distanciamiento social y la crisis producto del COVID-19 están acelerando ciertos cambios en los patrones de producción y consumo. Un ejemplo de aquello es el despliegue del comercio electrónico, que en pocos meses alcanzó un desarrollo que se esperaba demoraría años (CEPAL y Konrad Adenauer, 2021). La necesidad de una respuesta a la crisis indudablemente está motivando la innovación y el uso de tecnologías digitales avanzadas también en varios ámbitos, por ejemplo, en la medicina y la investigación, donde la inteligencia artificial y el análisis de grandes datos han ayudado al desarrollo de las vacunas. Los gobiernos, a su vez, se han apoyado de manera significativa en las tecnologías digitales y los grandes datos para la comunicación, prevención y seguimiento al virus (CEPAL, 2020b).

El desarrollo y la adopción de tecnologías digitales en todas las áreas del sistema productivo será fundamental para la reactivación económica, abriendo oportunidades para el emprendimiento y desarrollo productivo. Pero el impulso de la adopción de las tecnologías digitales dependerá de un diseño institucional que otorgue un entorno propicio para a este fin.

La transversalidad de las tecnologías digitales y su carácter multipropósito requiere que varios ámbitos de la política y la regulación se articulen para impulsar sus beneficios y reducir sus efectos nocivos. El abordaje regulatorio no es solo función de la agencia sectorial en telecomunicaciones, sino que también involucra a otras instancias regulatorias relacionadas con la protección de datos, la protección al consumidor y la promoción de la competencia. Asimismo, no se puede negar que hoy en día las ciudades y los gobiernos locales juegan un rol central en la promoción de la tecnología y sus acciones deben articularse con la política nacional. Sin lugar a duda, esta coordinación institucional es un reto, pero también un factor decisivo para contar con una política digital coherente.

En la región, un grupo importante de países ya cuenta con agendas digitales a nivel nacional. Precisamente, de 27 países, 16 tienen este tipo de instrumentos vigentes y en implementación, mientras que 11 requieren una reforma o actualización. No obstante, en varios casos estos instrumentos presentan ciertos problemas de diseño e implementación. Un aspecto es su vinculación con el plan de desarrollo nacional. Por otro lado, se focalizan en su mayoría con las políticas en materia de productividad y menos con cuestiones sociales, institucionales y ambientales (CEPAL, 2021c).

La efectividad de las agendas digitales depende de ciertos factores de diseño e institucionales, que guardan relación con las políticas intersectoriales, la coordinación multisectorial, la disponibilidad de recursos, la capacidad para establecer marcos regulatorios propicios, y contar con instrumentos de medición y seguimiento a estas políticas. En el siguiente gráfico, se detallan estos aspectos en las agendas digitales de un grupo de países de la región. Como se puede observar, algunas capacidades son más difundidas, como la creación de comités o comisiones intergubernamentales de coordinación y el establecimiento de metas

e indicadores, pero la realización de consultas públicas para el diseño de estrategias, la creación de mecanismos de coordinación multisectorial y la definición explícita de un presupuesto son aspectos que requieren más atención.

Características institucionales de las agendas digitales nacionales, países seleccionados de América Latina y el Caribe, 2020



Fuente: CEPAL 2021, Tecnologías digitales para un nuevo futuro.

Por otra parte, el nivel jerárquico y las características de la institución con la responsabilidad de ejecutar la agenda digital es también un aspecto clave para el éxito. En la región existen casos donde se han establecido, a nivel ministerial, organismos especializados en las tecnologías de la información y de las comunicaciones, las telecomunicaciones y/o la ciencia. Coincidentemente, estos países son también quienes presentan los mejores indicadores en materia digital. Finalmente, otro aspecto a considerar es el contenido temático de las agendas digitales, en muchos casos los temas de infraestructura, entorno habilitador, gobierno digital y la creación de habilidades digitales, se encuentran presentes. Sin embargo, otros temas trascendentales y menos frecuentes son el fomento a la industria TI, la articula-

ción con gobiernos locales, la salud y las tecnologías emergentes (CEPAL, 2021c).

Las agendas digitales a nivel sectorial juegan también un papel central en la difusión de tecnologías en áreas como la educación, la salud y el sector productivo. Es relevante que estos instrumentos estén alineados con la política nacional, algo que no siempre sucede, con enormes diferencias entre sectores y países. Por ejemplo, en materia de agricultura digital, Brasil dispone de una agenda específica, además de haber constituido una Cámara del Agro 4.0, algo que no sucede en otros países (Sotomayor, 2021). En materia de industria, se puede destacar a Colombia, que cuenta cierta institucionalidad mediante iN-Npuls, implementando programas de emprendimiento, innovación y productividad empresariales. En otros ámbitos como la educación, al parecer existe una mayor institucionalidad y articulación nacional (CEPAL, 2021c).

América Latina (9 países): características sectoriales de la política digital

América Latina (9 países): características sectoriales de la política digital

Características de las autoridades sectoriales	ARG	BRA	CHI	COL	ECU	MEX	PER	URY
Agenda específica en agricultura								
En línea con el plan nacional								
Agenda específica en industria								
En línea con el plan nacional								
Agenda específica en educación								
En línea con el plan nacional								
Agenda específica en salud								
En línea con el plan nacional								

Sí
 No

Fuente: CEPAL 2021, Tecnologías digitales para un nuevo futuro

Fuente: CEPAL 2021, Tecnologías digitales para un nuevo futuro

A nivel regional se observan diversos esfuerzos que se han planteado impulsar el desarrollo y aplicación de tecnologías

emergentes, con iniciativas que apuntan a fomentar, por ejemplo, el uso de sensores, la robótica y/o la analítica avanzada. Algunos ejemplos de este tipo de iniciativas incluyen el Plan Nacional de Internet de las Cosas de Brasil, el Centro para la Cuarta Revolución Industrial de Colombia y el Laboratorio de Fabricación Digital de Uruguay (CEPAL et. al, 2020).

Para afrontar la crisis actual, se requiere de una estrategia integral que facilite la transformación digital y la recuperación productiva. Algunos elementos que se deben considerar en este tipo de planes son el apoyo y financiamiento al aparato productivo, la promoción a la inversión en innovación y desarrollo, el fomento al emprendimiento digital, la mejora de la conectividad, el apoyo a las mipymes, el impulso a las habilidades digitales y la actualización del marco regulatorio (CEPAL, 2021c).

En materia de financiamiento se deben desarrollar instrumentos que permitan la amortización de inversiones en capital fijo para promover la adopción de nuevas tecnologías. También se pueden considerar instrumentos de financiamiento directo, con tasas asequibles y focalizados en la adopción de nuevas tecnologías. Mejorar las condiciones para el desarrollo de mercados de capital de riesgo es otro aspecto por considerar.

Para el impulso a la inversión en investigación y desarrollo, se pueden generar incentivos para atraer y desarrollar inversiones mediante regímenes de promoción a la inversión (por ejemplo, mediante excepciones impositivas) y el fortalecimiento de capacidades institucionales (organismos de promoción). Es necesario también apoyar el desarrollo de *clusters* de desarrollo tecnológico con entornos regulatorios y fiscales adecuados. La política de inversión debe ser congruente con el plan de desarrollo, motivando la inversión en sectores de alto contenido tecnológico, con una visión estratégica para impulsar inversiones de calidad.

En materia de emprendimiento digital, existen diversos instrumentos que pueden ser utilizados. Primero se encuentran los programas de financiamiento en los distintos niveles de desarrollo empresarial, pero también los mecanismos de financiamiento alternativo (plataformas de *crowdfunding*). También es importante el desarrollo de capacidades técnicas y las redes de mentoría. Por otra parte, se pueden mejorar las condiciones de mercado mediante la promoción de una cultura de emprendimiento con programas de sensibilización e información.

En relación con la conectividad, una de las prioridades en el mediano plazo debe ser el despliegue de redes 5G. Para esto se requiere no solo agilizar y optimizar los mecanismos de licitación de espectro, sino también trabajar en el despliegue de infraestructura y su compartición. Asimismo, también se pueden impulsar proyectos de innovación para fomentar nuevos usos y aplicaciones, especialmente en el ámbito productivo. A la par, se puede fortalecer la logística mediante el aumento de la eficiencia en los procesos aduaneros.

Debido a la importancia que las PYMES tienen para la economía y empleo, impulsar el desarrollo tecnológico en este segmento es un aspecto clave para una estrategia de recuperación. En este ámbito se pueden generar programas que permitan sensibilizar y difundir información sobre la importancia de las tecnologías digitales para el desarrollo empresarial, asimismo, facilitar la generación de capacidades mediante cursos en línea o talleres, y prestar servicios de asistencia técnica y soluciones tecnológicas para impulsar la transformación digital. Un aspecto importante para la digitalización de las Pymes es mejorar los instrumentos de pago digitales y hacer más asequibles estas soluciones.

Hacer frente a la brecha de habilidades digitales en el aparato productivo debe ser parte de la estrategia de recuperación. En

este caso, el sector público puede colaborar con el privado (incluyendo a las plataformas digitales) para avanzar en el cierre de la brecha de habilidades, sobre todo en aquellas actividades más requeridas. Se pueden impulsar modelos híbridos de aprendizaje, que combinan la enseñanza tradicional con la formación en la empresa para compatibilizar estudio y trabajo.

En relación con el marco regulatorio, existen diversos ámbitos que deben tomar la atención. Entre ellos, se encuentran las políticas de competencia, que deben modernizarse y adaptarse a la economía digital. Asimismo, las normas sobre la defensa del consumidor en línea, facilitando la resolución de controversias y aumentando la transparencia. En materia de empleo, también se deben revisar los marcos regulatorios para poder balancear las nuevas oportunidades laborales con la protección de derechos.

RENOVAR LOS MECANISMOS DE COOPERACIÓN DIGITAL PARA AFRONTAR LOS DESAFÍOS DE LA DIGITALIZACIÓN Y FOMENTAR EL DESARROLLO SOSTENIBLE

Existen diversos temas donde es imprescindible mejorar la cooperación en materia digital. Por ejemplo, en materia de fiscal, infraestructura, definición de estándares, facilitación del comercio, defensa del consumidor, flujo de datos y ciberseguridad, por indicar algunos. En este marco, existe un espacio para que América Latina y el Caribe pueda mejorar sus mecanismos de cooperación internacional en materia de políticas digitales y que aquello coadyuve a resolver los desafíos propios de su nivel de desarrollo. Esto requiere de un marco renovado y reforzado con iniciativas coordinadas a escala nacional, regional e internacional.

De forma reciente se ha destacado la importancia de fortalecer los mecanismos de cooperación en materia digital a nivel global, reconociendo los retos transfronterizos de las tecnologías digitales. Específicamente, el Panel de Alto Nivel sobre la

Cooperación Digital, convocado por el Secretario General de las Naciones Unidas, presentó una serie de recomendaciones donde se resaltan cinco ámbitos de acción: i) construir una economía y una sociedad digitales inclusivas; ii) crear capacidad humana e institucional; iii) proteger los derechos humanos y la capacidad de acción humana; iv) promover la confianza, la seguridad y la estabilidad digitales, y v) fomentar la cooperación digital mundial. Sobre la cooperación digital, el informe señala que la arquitectura de cooperación actual se ha vuelto sumamente compleja, y en muchos casos grupos y países marginados no logran participar en estos debates. Asimismo, según expertos y líderes de opinión en la región han indicado que los desafíos legales transfronterizos en materia de Internet se agudizarán en los próximos años, demandando una mayor coordinación (CEPAL, 2021c; Naciones Unidas, 2020).

Para mejorar los mecanismos de cooperación en el ámbito digital se sugiere la adopción de tres componentes principales e interrelacionados: 1) procesos de desarrollo impulsados a escala nacional mediante el fortalecimiento de las capacidades institucionales; 2) plataformas inclusivas de gobernanza multilateral para facilitar un intercambio en igualdad de condiciones, y 3) la inclusión de nuevas herramientas y actores en el marco de los instrumentos para coordinar las políticas a escala internacional. Esto implica un modelo de cooperación internacional que pueda facilitar la convergencia de las prioridades nacionales con las internacionales, independiente del tipo de mecanismo (bilaterales, regionales, interregionales o multilaterales). Este modelo también trata de renovar la gobernanza de los marcos internacionales y la necesidad de que estos incluyan a países en todos los niveles de desarrollo en igualdad de condiciones, así como a otros grupos de interés. Finalmente, busca ampliar los instrumentos de cooperación donde se compartan experiencias, conocimientos e intercambios sobre políticas, así como directrices y normas internacionales (CEPAL et al., 2020).

*Facilitar el desarrollo de América Latina y el Caribe
mediante una cooperación internacional renovada en el sector
digital*

Dimensiones	Descripción	Descripción
Desarrollar capacidades nacionales	Fortalecer las capacidades de los países para elaborar, poner en marcha y evaluar sus propios planes y prioridades de política en materia de desarrollo, fomentar la armonización de las prioridades nacionales e internacionales y procurar enfoques integrados para los retos más complejos e interconectados.	<ul style="list-style-type: none"> • Fomentar iniciativas que desarrollen la capacidad de los países de ALC. • Crear un mercado digital regional para aprovechar el potencial digital de ALC. • Fomentar la cooperación a escala multilateral en aspectos como la tributación digital.
Trabajar de manera incluyente	Involucrar a países de todos los niveles de desarrollo en igualdad de condiciones, como pares, para desarrollar y participar en alianzas multilaterales y multiactores, con el fin de afrontar retos de desarrollo con respuestas multidimensionales.	<ul style="list-style-type: none"> • Participar en alianzas que promuevan un enfoque multidimensional y centrado en las personas con relación al desarrollo digital de ALC. • Articular todos los niveles de desarrollo digital y potenciar la participación de múltiples grupos de interés, como el sector privado y la sociedad civil. • Potenciar la participación de los países de ALC en igualdad de condiciones en las iniciativas multilaterales y con múltiples grupos de interés en aspectos como la tributación digital.

<p>Operar con más herramientas y actores</p>	<p>Ampliar los instrumentos para una mayor cooperación internacional, incluyendo el intercambio de conocimientos, diálogos de políticas públicas, desarrollo de capacidades y transferencias de tecnología, e incorporar a más actores, incluso públicos, en un enfoque de “gobierno completo”.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Promover la asistencia técnica y la transferencia de tecnología mediante la cooperación bilateral, multilateral, interregional, triangular y Sur Sur • Establecer diálogos sobre políticas y fomentar el intercambio de conocimientos y la creación de capacidad entre los países de ALC. • Fomentar las nuevas iniciativas de cooperación multilateral en el ámbito de las principales cuestiones digitales mundiales.
--	---	---

Fuente: CEPAL et.al (2020) Perspectivas económicas de América Latina 2020: Transformación digital para una mejor reconstrucción

A nivel regional ya se cuenta con mecanismo de cooperación en el ámbito digital, uno de estos es la Agenda digital de América Latina y el Caribe (eLAC2022), una plataforma de cooperación, recientemente renovada durante la séptima Conferencia Ministerial sobre la Sociedad de la Información de América Latina y el Caribe en 2020, y donde los países de la región acordaron una serie de prioridades de política sobre: i) infraestructura digital; ii) transformación y economía digitales; iii) gobierno digital; iv) inclusión, competencias y habilidades digitales; v) tecnologías emergentes para el desarrollo sostenible; vi) confianza y seguridad digital; vii) mercado digital regional, y viii) cooperación regional digital, además de un ámbito específico sobre la lucha contra la pandemia de COVID-19 y el rol de las tecnologías digitales para la recuperación y reactivación económica.

Por otro lado, a nivel internacional la crisis está impulsando cambios en la dinámica empresarial. Debido a la incertidumbre y la fragilidad de las cadenas de abastecimiento, muchas empresas se han empezado a cuestionar sus modelos de negocio, y buscan privilegiar la seguridad de proveedores y empleados, sobre los costos y la rentabilidad. Es probable que este escenario impulse procesos *reshoring* y/o *nearshoring*. Esta tendencia puede ser aprovechada por América Latina y el Caribe, por un lado, para atraer inversiones y capacidad tecnológica y, por otro, para reforzar y expandir los mecanismos de integración y cooperación regional (CEPAL, 2020a). De esta forma, la integración regional también puede ser otro instrumento que apoye la transformación productiva, mediante la promoción del comercio, aprovechando las similitudes lingüísticas y culturales para ampliar mercados sobre bienes y servicios digitales. Existen ejemplos de este tipo de acuerdos y estrategias, como el mercado único digital de la Unión Europea, donde no solo se han avanzado en acuerdos comerciales, sino también en estándares comunes. En este ámbito ya existen espacios donde se vienen generando avances y diversas iniciativas, como la Alianza del Pacífico y la reciente aprobada hoja de ruta del mercado digital regional, o la Agenda digital del Mercosur (CEPAL, 2021c).

La pandemia, sin lugar a dudas, ha significado un reto para los países de la región, pero también puede servir para impulsar el cambio tecnológico y un modelo de desarrollo más sostenible. Para esto se requiere fortalecer las capacidades institucionales e instrumentos de política con una mirada estratégica sobre el potencial de las tecnologías digitales, además de realizar esfuerzos que permitan mejorar y ampliar la cooperación regional e internacional en materia digital.

BIBLIOGRAFÍA

- Bárcena A. y Cimoli M. (2021). Asimetrías estructurales y crisis sanitaria: el imperativo de una recuperación transformadora para el desarrollo sostenible en América Latina y el Caribe. *Revista CEPAL* N° 132 (LC/PUB.2021/4-P), Santiago.
- Biagi F. (2013). ICT and Productivity: A Review of the Literature. Institute for Prospective Technological Studies Digital Economy Working Paper, No. 2013/09, ISBN 978-92-79-33678-2, European Commission, Joint Research Centre (JRC), Seville.
- Berger, R. (2016). “*España 4.0: El reto de la transformación digital de la economía*”. Madrid: Siemens.
- CEPAL (2020a). Panorama Social de América Latina, 2020 (LC/PUB.2021/2-P/Rev.1), Santiago.
- CEPAL (2021b). Panorama Fiscal de América Latina y el Caribe, 2021 (LC/PUB.2021/5-P), Santiago.
- CEPAL (2021c). Tecnologías digitales para un nuevo futuro (LC/TS.2021/43), Santiago.
- CEPAL (2021d). “Datos y hechos sobre la transformación digital”, Documentos de proyectos (LC/TS.2021/20), Santiago.
- CEPAL y Konrad Adenauer (2021). Post Pandemic Covid-19 Economic Recovery: Enabling Developing Countries to Better Harness E-commerce and Digital Trade in LAC, Santiago, United Nations.
- CEPAL (2020a). Sectores y empresas frente al COVID-19: emergencia y reactivación. Informe Especial COVID-19 Nro 4, Santiago
- CEPAL (2020b). Universalizar el acceso a las tecnologías digitales para enfrentar los efectos del COVID-19. Informe Especial COVID-19 Nro 7, Santiago.
- CEPAL (2020c). Estudio Económico de América Latina y el Caribe, 2020 (LC/PUB.2020/12-P), Santiago.

- CEPAL (2020d). Universalizar el acceso a las tecnologías digitales para enfrentar los efectos del COVID-19, Informe Especial COVID Nro. 7., agosto, Santiago, Naciones Unidas, 2020d
- CEPAL et al. (2020). Perspectivas económicas de América Latina 2020: Transformación digital para una mejor reconstrucción, OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/f2fdced2-es>.
- CEPAL (2013). La economía digital para el cambio estructural y la igualdad, Comisión Económica para América Latina y el Caribe, Santiago, https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/35954/S2013350_en.pdf.
- Casalet M. (2018). “La digitalización industrial: un camino hacia la gobernanza colaborativa. Estudios de casos”, Documentos de Proyectos (LC/TS.2018/95), Santiago.
- Cimoli, M. y G. Porcile (2013). “Tecnología, heterogeneidad y crecimiento: Una caja de herramientas estructuralistas”. *Serie Desarrollo Productivo*, n° 194, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), Santiago.
- Dini M. y Stumpo G. (coords.) (2020). “MiPYMES en América Latina: un frágil desempeño y nuevos desafíos para las políticas de fomento”. Documentos de Proyectos (LC/TS.2018/75/Rev.1). Santiago, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).
- Rovira S. y Stumpo G. (coords) (2013). Entre mitos y realidades. TIC, políticas públicas y desarrollo productivo en América Latina, (LC/L.3600). Naciones Unidas.
- Dumbill, Edd. (2014). “Understanding the Data Value Chain”. IBM Big Data & Analytics Hub.
- Ding, X.; Fort, T.; Redding, S. y Schott, P. (January, 2020). Structural Change Within Versus Across Firms: Evidence from the United States.
- Ing Tay, S.; Te Chuan, L. & Nor Aziati, A. & Aizat Ahmad, A. (2018). An Overview of Industry 4.0: Definition, Components, and Government Initiatives. *Journal of Advanced Research in Dynamical and Control Systems*.

- Motta, J.; Moreno, H. y Ascúa, R. (2019). “Industria 4.0 en miPYMES manufactureras de la Argentina”. Documentos de Proyectos (LC/TS.2019/93), Santiago, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).
- Patiño A. y Rovira S. (2021). El rol de las tecnologías digitales avanzadas para la transformación productiva, Cap I. “Digitalización y cambio tecnológico en las mipymes agrícolas y agroindustriales en América Latina”. *Documentos de Proyectos* (LC/TS.2021/65). Santiago, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL)/Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO).
- Sotomayor, O.; Ramírez, E. y Martínez, H. (coords.) (2021). “Digitalización y cambio tecnológico en las mipymes agrícolas y agroindustriales en América Latina”, Documentos de Proyectos (LC/TS.2021/65), Santiago, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL)/Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO).
- United Nations Industrial Development Organization (2020). Industrial Development Report. Industrializing in the digital age. Vienna.
- World Economic Forum (2017). Chemistry and Advanced Materials: at the heart of the Fourth Industrial Revolution. White Paper, World Economic Forum, Geneva.

El nexu entre cambio climático y océanos en la política exterior de Chile

*Embajador Waldemar Coutts**

I.- LA IMPORTANCIA DEL OCÉANO

La evidencia es concluyente: el océano cubre el 70% del planeta, genera el 50% del oxígeno que respiramos, absorbe el 30% de los gases de efecto invernadero y captura el 93% del calor adicional generado por el calentamiento global. A su vez, el 28% de la población global vive en áreas costeras¹ y la pesca representa una porción significativa de las proteínas consumidas por la población mundial.

El océano también es importante para la economía a nivel mundial, donde el 90% del comercio global se realiza

* Director de Medio Ambiente y Asuntos Oceánicos, Ministerio de Relaciones Exteriores

1 Hoegh-Guldberg, O., et al. 2019. "The Ocean as a Solution to Climate Change: Five Opportunities for Action." Report. Washington, DC: World Resources Institute. Available online at <http://www.oceanpanel.org/climate>

por medio de rutas marítimas². El océano es además transversal a la Agenda 2030 de Desarrollo Sostenible y a los 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), adoptados por Naciones Unidas en septiembre de 2015. Estos constituyen el marco para abordar diversos temas globales para avanzar hacia un desarrollo sostenible. En el caso del océano, se trata del ODS 14, que bajo el título “Conservar y utilizar sosteniblemente los océanos, los mares y los recursos marinos”, incluye metas para enfrentar la pesca ilegal, la acidificación, la contaminación marina y la conservación de ecosistemas marino-costeros, entre otros.

En este contexto, conviene hacer referencia a algunos datos que resaltan la vocación oceánica chilena. Nuestro país tiene cerca de 4.500 kilómetros de costa en su territorio sudamericano, a lo que se debe sumar el Territorio Chileno Antártico; posee la décima Zona Económica Exclusiva (ZEE), más grande del mundo; es la décimo segunda potencia pesquera mundial; es el quinto exportador mundial de productos del mar; es el segundo productor global de la acuicultura del salmón, siendo la segunda actividad no-minera en exportaciones; el 95% de su comercio exterior se hace por vía marítima, siendo el cuarto usuario del Canal de Panamá. Además, tenemos el 43% de nuestro territorio marítimo bajo alguna forma de protección, siendo el sexto país en área de cobertura total protegida del mundo.

Es más, la proyección natural de Chile al mundo es el Océano Pacífico. Nuestro país se erige como la puerta de enlace entre Sudamérica y Asia, rasgo que se verá acentuado

2 Stuchtey, M., A. Vincent, A. Merkl, M. Bucher et al. 2020. “Ocean Solutions That Benefit People, Nature and the Economy.” Washington, DC: World Resources Institute. www.oceanpanel.org/ocean-solutions.

Nuestro país se erige como la puerta de enlace entre Sudamérica y Asia, rasgo que se verá acentuado con el proyecto de cable transpacífico, que emerge como un factor de integración regional efectiva y como elemento decisivo para el avance de la economía digital.

con el proyecto de cable transpacífico, que emerge como un factor de integración regional efectiva y como elemento decisivo para el avance de la economía digital.

II.- EL OCÉANO Y LA POLÍTICA EXTERIOR

Contamos con una diplomacia oceánica, herramienta estratégica de la política exterior, formulación que obedece a la evidente vocación oceánica de Chile, donde el mar ocupa un lugar central de la identidad nacional. En consecuencia, hemos desarrollado una “agenda azul” de la mano de una Política de Estado, que pone de relieve el concepto de “Chile País Oceánico-Política de Estado”, mostrando al mundo lo que nuestro país hace con su mar, proyectándose también como ejemplo a nivel internacional, incorporando en este ejercicio a la sociedad civil, al sector privado, ONGs, instituciones, fundaciones y academia.

A la luz de lo anterior, los océanos han sido parte fundamental de la política exterior de Chile. El océano, que es uno solo, pero para efectos geopolíticos y culturales lo diferenciamos en mares y océanos, ha sido un tema fundamental en la política exterior nacional. Los motivos emergen claramente a la luz de su vínculo geográfico. Nuestro país enfrenta al Océano Pacífico a lo largo de toda su extensión al Oeste, generando una costa de varios miles de kilómetros, creando entonces un vínculo cultural, económico, social y ambiental que se desprende de las actividades que se vienen realizando

a lo largo de nuestra historia, proyectándose además tanto en la esfera bilateral como multilateral.

Así lo demuestra la pionera declaración del Presidente Gabriel González Videla en 1947, que por primera vez establece un límite preciso de 200 millas marinas:

“La demarcación de las zonas de protección de caza y pesca marítimas en los mares continentales e insulares que queden bajo el control del Gobierno de Chile será hecha, en virtud de esta declaración de soberanía, cada vez que el Gobierno lo crea conveniente, sea ratificando, ampliando o de cualquier manera modificando dichas demarcaciones, conforme a los conocimientos, descubrimientos, estudios e intereses de Chile que sean advertidos en el futuro, declarándose, desde luego, dicha protección y control sobre todo el mar comprendido dentro del perímetro formado por la costa con una paralela matemática proyectada en el mar a doscientas millas marinas de distancia de las costas continentales chilenas. Esta demarcación se medirá respecto de las islas chilenas, señalándose una zona de mar contigua a las costas de estas, proyectada paralelamente a estas, a doscientas millas marinas por todo su contorno” (Gabriel González Videla, 1947).

Apenas cinco años después, con motivo de la Primera Conferencia sobre Explotación y Conservación de las Riquezas Marítimas del Pacífico Sur en 1952, Perú, Ecuador y Chile firmaron la Declaración de Santiago sobre Zona Marítima, en la que proclamaron “la soberanía y jurisdicción exclusivas sobre el mar que baña las costas de sus respectivos países, hasta una distancia mínima de 200 millas marinas”, que a la postre se erigió como la base fundamental para la creación del régimen de la Zona Económica Exclusiva en virtud de la Convención de Naciones Unidas sobre Derecho del Mar (CONVEMAR, 1982), también conocida como la Constitución de los Océanos, de la cual Chile es parte.

III.- OCEANO Y CAMBIO CLIMÁTICO

En esta materia, es del caso resaltar lo que planteara a mediados de 2021 el Enviado Especial Presidencial para el Clima de Estados Unidos, John Kerry, en que cuando hablamos de océanos, hablamos de cambio climático, y cuando hay una reunión sobre cambio climático, es también una de océanos. Por este motivo, Chile ha estado determinado en buscar una mayor ambición. Se trata de llevar las cuestiones oceánicas al centro de las deliberaciones de la Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC), impulsando la integración de medidas relacionadas con los océanos en las estrategias climáticas de las Partes de la Convención, incluyendo a herramientas como Contribuciones Nacionalmente Determinadas (NDC), Planes Nacionales de Adaptación, Comunicaciones de Adaptación y Marcos de Políticas Nacionales.

Desde lo logrado en la COP 25 o COP Azul, bajo la Presidencia chilena, y transitando hacia a la COP 26, nuestro propósito ha sido resaltar las potencialidades de los ecosistemas de carbono azul, tanto oceánicos como costeros (p.ej.: macroalgas, manglares, praderas de hierba marina, marismas y bosques de quelpo), que constituyen el sumidero de carbono más grande del planeta. La investigación científica ha demostrado que estos ecosistemas marinos son hasta 10 veces más efectivos en capturar dióxido de carbono anualmente, por área, que los bosques boreales, templados o tropicales. Estos ecosistemas también pueden proteger a las comunidades de los impactos del cambio climático. La ciencia ha resaltado que un cinturón de manglares de 100 metros de ancho puede reducir la altura de las olas entre un 13 y un 66%, y hasta un 100% donde los manglares alcanzan los 500 metros o más de ancho.

Esta evidencia nos ha movido a promover, dentro de los mecanismos y órganos subsidiarios de la CMNUCC, un trato favorable para los océanos, con el mismo nivel de atención que hasta ahora se les ha entregado a los bosques. En consecuencia, como las soluciones basadas en la naturaleza son fundamentales para desarrollar la resiliencia de los ecosistemas y dado que su financiamiento sigue siendo comparativamente bajo, nos hemos propuesto cambiar el paradigma, contabilizando el valor de los activos naturales azules, identificando las necesidades de inversión y definiendo mecanismos de inversión y financiación. Se trata de elaborar hojas de ruta para potenciar el carbono azul como parte de la economía azul de los países.

Iniciativa “Because-the-Ocean”

Uno de los instrumentos para impulsar nuestra visión oceánica ha sido la iniciativa “Because-the-Ocean”, cuya primera declaración fue firmada en la antesala de la COP 21 en París, en noviembre de 2015, por una treintena de países³, teniendo a Chile, Francia y Mónaco como líderes.

Esta declaración planteó que el océano sostiene la vida en el planeta y el bienestar colectivo mundial y que, además, los océanos están bajo significativa presión, agravada por las concentraciones de CO₂ que afectan la vida marina y alteran el equilibrio químico y aumentan la acidificación de las aguas. Como el océano se está calentando, el daño a ecosistemas, especies y corales es irreversible, al tiempo que se generan cambios en las corrientes, más tormentas y otros fenómenos climáticos. Es más, el alza en el nivel del mar crea el desplazamiento obligado de poblaciones costeras,

³ <https://www.becausetheocean.org/>

muchas de ellas de alta vulnerabilidad, particularmente en los pequeños Estados insulares.

La iniciativa nace también con el apoyo de la Fundación Tara (Francia), la Secretaría de la Comunidad del Pacífico, el Instituto de Desarrollo Sostenible y Relaciones Internacionales (IDDRI-París), la Fundación Albert II de Mónaco, además de ONGs como “Ocean Conservancy”, entre otros.

La primera declaración, cuyos términos fueron acogidos por la COP de París, cerraba con una petición. Se solicitaba que el nexa clima-océano fuera analizado desde una perspectiva científica, pidiendo un informe sobre océanos al Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC). Además, se reafirmaba el compromiso con el cumplimiento del ODS 14 (uso sustentable de los recursos marinos), llamando a crear un Plan de Acción Oceánico en virtud de la CMNUCC. Por lo tanto, se invitó a las partes a presentar o actualizar sus Contribuciones Nacionales Determinadas (NDC) antes de 2020, enfatizando la puesta en marcha de acciones de carácter oceánico, en concordancia con el propósito del Acuerdo de París de generar ciclos de ambición creciente.

Es así como al año siguiente, esta vez en la COP 22 de Marrakech, un número mayor de países, liderados nuevamente por Chile, Francia y Mónaco, suscribieron una segunda declaración “Because-the-Ocean”, reafirmando los conceptos de la primera, e invitando a los países que en sus NDC incluyan medidas y compromisos para minimizar los efectos del cambio climático en los océanos, contribuyendo a su protección y conservación. De igual forma, esta segunda declaración convocaba a la acción urgente de los actores no-estatales para levantar puentes entre las iniciativas gubernamentales, intergubernamentales y de la sociedad civil,

destinadas a llevar adelante la agenda global de cambio climático y la implementación del Acuerdo de París.

La Cancillería chilena, como uno de los líderes de la iniciativa, consideró que -de cara a la COP 26 en Glasgow, en noviembre de 2021- se hacía necesario impulsar una tercera declaración, a la luz de los últimos acontecimientos ocurridos en torno a esta temática.

Es así como el 31 de octubre, en la víspera de la COP 26, se lanzó con gran éxito, en la biblioteca principal de la Universidad de Edimburgo, esta tercera versión, liderada por Chile y Mónaco, que incluyó propuestas concretas sobre cómo avanzar en la consolidación del océano en la acción climática global. En suma, esta tercera versión se fundamentó en la reciente evidencia científica y en la necesidad de lograr que el océano sea incluido como un importante componente en las discusiones y negociaciones sobre cambio climático. Desde su lanzamiento y las semanas en que se desarrolló la COP 26, la tercera declaración fue firmada por Australia, Chile, Fiji, Francia, Indonesia, Panamá, España, Seychelles, Suecia, Reino Unido, Mónaco, Costa Rica, Colombia, República Dominicana, Guatemala, Honduras, Canadá, Irlanda y Noruega, entre otros, contabilizando 20 adherentes en esta ocasión. En total, a la fecha, 41 países han firmado todas o alguna de las tres declaraciones en comento.

Resultados de la COP25 (COP Azul)

A 2019 se había creado un momento internacional construido desde la COP 21, gracias a diferentes iniciativas como “Because-the-Ocean”, “Ocean Pathway Partnership”, “Friends of the Ocean and Climate”, sumadas a la evidencia científica otorgada por el Reporte Especial sobre Océano y

Criósfera del IPCC. Sin duda que Chile puso su sello en la COP 25 al plantear que el océano sería una prioridad de su Presidencia, y que la COP 25 sería una plataforma para proyectar el importante vínculo entre océano y cambio climático, en línea con el trabajo a nivel internacional como promotores de la inclusión de un componente oceánico en la acción climática. En este sentido, Chile otorgó espacios informales para una discusión técnica que permitió que las Partes acordaran que el océano debía ser considerado en los resultados de la COP 25 (1/CP.25), a través de un diálogo para fortalecer la adaptación y mitigación del cambio climático en el océano. Este es considerado un hecho histórico, puesto que fue la primera vez que el océano ingresa en la CMNUCC como un tema único. El diálogo se realizó los días 2 y 3 de diciembre de 2020, y estaba originalmente mandatado para que tuviera lugar de manera presencial durante la 52 Reunión de los Órganos Subsidiarios a efectuarse en Bonn, en junio de 2020, bajo la Presidencia del Órgano Subsidiario de Asistencia Científica y Técnica (SBSTA). Debido al contexto de la pandemia, este evento se pospuso y se incluyó en los Diálogos Virtuales de Clima, que se realizaron entre los días 23 de noviembre y 4 de diciembre de 2021.

Cuando se mandató el Diálogo de Océano-Cambio Climático, en diciembre 2019, en Madrid, se creó gran expectativa, lo que se vio reflejado en una cantidad inusualmente alta de propuestas (“*submissions*”), recibidas en el primer semestre de 2020, que tenían como objetivo informar dicho diálogo. Se presentaron 47 documentos de gobiernos, organismos internacionales y actores no-estatales.

Chile tuvo una activa participación liderada por el Ministro de Relaciones Exteriores, Andrés Allamand, con una intervención pregrabada en el segmento de alto nivel, com-

partiendo el espacio con el Ministro de Relaciones Exteriores y Cooperación de Mónaco, Laurent Anselmi; el Ministro de Ambiente del Reino Unido, Lord Zac Goldsmith; la Secretaria Ejecutiva de la CMNUCC, Patricia Espinosa, y el Enviado Especial del Secretario General de Naciones Unidas para los Océanos, Peter Thomson. En su intervención, el Ministro de Relaciones Exteriores de Chile destacó la continuidad de nuestros esfuerzos por resaltar esta temática, y en ese contexto recordó la importancia del océano en la respuesta global al desafío del cambio climático.

En ambas jornadas se hizo un llamado a efectuar un trabajo de seguimiento sobre la materia. Sin perjuicio de organizar otras actividades similares, es importante resaltar que el reconocimiento de la vinculación océano-clima se siga abordando formalmente por medio de Decisiones de la COP, particularmente de cara a la COP 26. Con todo, el diálogo se erigió como un hito para darle continuidad al trabajo que Chile venía liderando y que, junto con el respectivo Informe de la Secretaría, permitió seguir consolidándolo.

Resultados de la COP 26

Durante la COP 26, la delegación chilena de la Dirección de Medio Ambiente y Asuntos Oceánicos (DIMA) de la Cancillería, trabajó en estrecha coordinación con los estados parte de la CMNUCC, como Estados Unidos, Fiji, Canadá, Mónaco, Kenia, Gambia, Australia y muchos otros, y con distintos actores de la sociedad civil, en la formulación de propuestas concretas de texto para incluir en las Decisiones de la COP 26. Todo ello con el objeto de dar continuidad a lo establecido en la COP 25 (COP Azul) y avanzar en mandatos concretos para incorporar al océano en el proceso de la Convención.

Este grupo de países planteó su trabajo desde un grupo informal denominado “Friends of the Ocean and Climate”, que sostuvo numerosas reuniones presenciales a lo largo de las dos semanas de esa COP, y en las que DIMA participó activamente con propuestas concretas de texto. De esta manera, se estableció una coalición amplia de países, incluyendo a todo el grupo latinoamericano de AILAC (Panamá, Costa Rica, República Dominicana, Colombia, Perú, Paraguay), liderado por Chile, que, de forma colectiva, presentó una propuesta a la Presidencia de la COP 26, con el propósito de instaurar un Diálogo Anual sobre Océano y Clima, para que sea organizado con motivo de la reunión de los Órganos Subsidiarios de la Convención en Bonn, a mediados de año. En la misma propuesta se solicitó que el presidente del SBSTA redacte un informe para que sea puesto a disposición de la COP al año siguiente. Además, se propuso que todos los cuerpos constituidos en virtud de la Convención analicen formas de incorporar la temática oceánica dentro de sus respectivas tareas, en el marco de sus mandatos y que reflejen esta situación en sus reportes regulares a la COP. Como resultado de dicho proceso de negociación, el “Glasgow Climate Pact” también decidió la continuación del Diálogo de Océano y Cambio Climático lanzado por primera vez en la COP 25 en Madrid.

Específicamente, la Decisión 1/CP.26 de la COP incluyó los siguientes párrafos en lo que a océanos se refiere: a) acoge con satisfacción los informes realizados por la presidencia del SBSTA, sobre el pasado Diálogo sobre Océano y Cambio Climático, realizado en diciembre de 2020, junto con un informe publicado en abril de 2021, permitiendo estudiar la manera de reforzar las acciones del océano en adaptación y mitigación al cambio climático; b) invita a los programas de trabajo de la CMNUCC a estudiar formas sobre cómo

integrar y reforzar la acción climática oceánica en sus actuales mandatos y planes de trabajo, y c) solicita al SBSTA a que convoque a un Diálogo Anual, a partir de la próxima sesión de los órganos subsidiarios (a realizarse en junio de 2022), teniendo como objetivo el fortalecimiento de la acción climática oceánica, de cara a la preparación de un informe oficioso sobre el particular, que quedará a disposición de la COP para sesiones posteriores.

Es del caso resaltar el especial reconocimiento que recibió Chile durante el “Ocean Action Day”, organizado por la presidencia británica de la COP 26, por parte del Enviado Presidencial para el Clima de Estados Unidos, John Kerry, la figura más relevante de la COP, por nuestra significativa contribución en consolidar la relevancia del nexo clima-océano.

En suma, el texto de esta decisión emerge como un mandato concreto para toda la institucionalidad de la CMNUCC y para las partes, con el propósito de avanzar mediante acciones concretas y lograr el objetivo de consagrar al océano como elemento importante de las políticas de cambio climático a nivel formal.

IV.- INSTITUCIONALIDAD OCEÁNICA NACIONAL

El Consejo de Ministros para la Política Oceánica

Un mecanismo fundamental de la política de Estado en torno al océano fue la creación del Consejo de Ministros para el Desarrollo de la Política Oceánica, establecido en mayo de 2017⁴. Se trata de una instancia relevante no solo para

4 Decreto N°94 Crea Comisión Asesora Presidencial denominada Consejo de Ministros para el Desarrollo de la Política Oceánica // Ministerio De Relaciones Exteriores

abordar y alcanzar objetivos de sostenibilidad oceánica, sino que también para impulsar acciones a nivel local, regional, nacional e internacional. Este Consejo está conformado por los Ministros de Relaciones Exteriores, quien lo preside, Defensa, Economía, Fomento y Turismo y Medio Ambiente, y recientemente se incorporó formalmente el Ministerio de Ciencias, Tecnología, Conocimiento e Innovación.

El Consejo adoptó una Política Oceánica Nacional el 9 de marzo de 2018⁵. El proceso de desarrollo de la Política Oceánica Nacional se llevó a cabo a través de un Grupo de Trabajo Intersectorial transversal, teniendo como base 5 lineamientos: i) conservación del océano; ii) desarrollo económico sostenible; iii) seguridad en el océano; iv) relación entre océano y territorio, y v) desarrollo científico.

Durante este proceso se consideraron opiniones consultivas tanto de la sociedad civil como del mundo privado, y al mismo tiempo se efectuó una labor de divulgación y difusión por medio de talleres y reuniones sectoriales. Estas actividades permitieron elaborar un documento amplio, consensuado con los principales actores nacionales involucrados en los temas oceánicos, fijando de esta forma una Política de Estado multisectorial que reconoce la heterogeneidad de intereses presentes en el océano.

Las singulares características geográficas de nuestro país han hecho que, inevitablemente, a lo largo de la historia, se haya proyectado la mirada hacia el océano. Nuestra política oceánica nacional ha respondido a la necesidad de incorporar este espacio, proyectando al país más allá de sus límites continentales, y no solo desde una perspectiva de la soberanía,

5 Decreto N°74 Aprueba Política Oceánica Nacional de Chile

sino que también respondiendo a un firme compromiso con la protección y la salud del océano. Por lo anterior, nace la necesidad de desarrollar una política oceánica que establezca una base coherente, acorde a la realidad de nuestro país y que pueda utilizarse como hoja de ruta en las acciones de los organismos del Estado.

La política se basa en los preceptos del desarrollo sostenible -lo que la pone al nivel de otras políticas oceánicas de países vanguardistas- y se suma a nuestra participación multilateral en foros oceánicos internacionales.

La extensa costa del país representa una verdadera oportunidad de desarrollo social, económico y cultural. En este sentido, cabe poner de relieve la significativa vinculación cultural con el océano que tienen muchas comunidades costeras, tales como Punta Choros, Puerto Edén, Rapa Nui, Cabo de Hornos y Juan Fernández, entre otras. En suma, la Política Oceánica constituye una posibilidad latente para lograr establecer una “sociedad del océano” que permita que todos los actores -que interactúan con el gigante azul- participen, reflexionen y proyecten directrices y lineamientos, donde se vuelquen los esfuerzos por lograr un desarrollo en el borde costero -y en el mar abierto- de una forma sustentable y amigable con el medioambiente, donde sea fundamental y determinante el trabajo colaborativo entre Estados, sector privado, sociedad civil, academia, ONGs, instituciones y fundaciones.

El Programa Oceánico

El día 8 de junio de 2021, Día Internacional de los Océanos, el referido Consejo de Ministros aprobó el Programa Oceánico, que implementará la Política Oceánica Nacional, buscando crear un marco político y estratégico, con inicia-

la Política Oceánica constituye una posibilidad latente para lograr que todos los actores participen, reflexionen y proyecten directrices y lineamientos, donde se vuelquen los esfuerzos por lograr un desarrollo en el borde costero y en el mar abierto de una forma sustentable y amigable con el medioambiente.

tivas concretas para el cumplimiento de los objetivos de la política oceánica y el desarrollo de una economía oceánica sostenible, como marco general.

El documento plantea 39 iniciativas con temporalidad al 2025 y 2030, divididas en las cinco áreas temáticas de la Política (conservación, desarrollo económico, seguridad y océano, océano y territorio, desarrollo científico), sumando además iniciativas transversales.

El programa fue el resultado de un trabajo realizado por el Comité Interministerial del Consejo, en el que participan los representantes de todos los ministerios involucrados, como así también el trabajo de las distintas agencias y servicios públicos relacionados, como la Armada, Subsecretaría de Pesca, Servicio Nacional de Pesca, Subsecretaría de Turismo, entre otros.

Este programa y sus iniciativas son una demostración del trabajo conjunto y coordinado entre los distintos sectores con el fin de entregar una coherencia al desarrollo de los asuntos oceánicos en nuestro país. Las distintas iniciativas se enmarcan en cada uno de los sectores determinados, sin embargo, fueron trabajadas de manera coordinada, de modo que cada una fue enriquecida con la visión de todos los sectores. En definitiva, este programa oceánico es un avance concreto en

nuestro compromiso por el cumplimiento del ODS 14 de la Agenda 2030.

V.- ÁREAS MARINAS PROTEGIDAS (AMP): PREDICAR CON EL EJEMPLO

Creemos que la protección del océano es una de las llaves para resolver el problema climático. Entonces, una de las estrategias más prácticas y eficaces para lograr dicho propósito es la creación de Áreas Marinas Protegidas (AMP), las que contribuyen significativamente a proteger la biodiversidad, la recuperación de pesquerías y de ecosistemas degradados.

La ciencia reconoce la importancia de las AMP a la luz de sus objetivos de conservación con el objeto de restaurar la biodiversidad marina mundial. También reconoce su potencial para contribuir a los esfuerzos relacionados con el combate al cambio climático al preservar la función del océano como relevante sumidero de carbono y regulador del clima.

Las AMP entregan múltiples beneficios, como la protección de especies únicas, mantención y recuperación de pesquerías, tanto en tamaños como en biomásas, generan oportunidades de turismo y desarrollo sostenible de comunidades costeras, entre otros. Se trata de espacios marinos específicos y delimitados con la finalidad de asegurar la preservación y conservación de la biodiversidad marina, así como la protección del patrimonio natural y cultural contenido en los mismos.

Durante los últimos años, Chile ha desarrollado un intenso proceso de creación de Áreas Marinas Protegidas, llegando a cubrir un 43,1% de sus aguas jurisdiccionales según alguna

categoría de Área Marina Protegida⁶. En este sentido, destaca la declaración de Ggrande Áreas como Nazca-Desventuradas, Rapa-Nui, Juan Fernández y Cabo de Hornos-Paso Drake. El total de áreas marinas protegidas es de 41: 10 Parques Marinos; 5 Reservas Marinas; 13 Áreas Costeras Marinas Protegidas de Múltiples Usos; 12 Santuarios de la Naturaleza y 1 Reserva Nacional. Con ello, nuestro país se ubica en el sexto lugar mundial por cobertura de áreas protegidas, recordando que nuestra ZEE es la décima mundial⁷.

Actualmente Chile está identificando posibilidades de nuevas AMP con el objeto de entregar una mayor representatividad ecosistémica y proteger aquellos ecosistemas que aún no poseen ningún tipo de preservación. Asimismo, nuestro país está trabajando en el desarrollo de los Planes de Administración y Gestión de las Áreas Marinas Protegidas, en que se incluye la participación del sector académico y la importante participación de las comunidades. Por otra parte, en su NDC fortalecida, Chile se ha comprometido a proteger al menos 20 humedales costeros como nuevas áreas protegidas para 2025.

En suma, las AMP deben entenderse como un catalizador de las funciones que cumple el océano y que para muchos son desconocidas: el océano absorbe el 90% del calor que generan las actividades humanas, así como aproximadamente el 45% de las emisiones de CO₂. Las AMP cobran un papel fundamental y determinante en el combate efectivo del cambio climático y, además, contribuyen en la preservación de la biodiversidad marina, donde destacan los recursos pesqueros que por años han sido objeto de una fuerte pre-

6 <http://areasprotegidas.mma.gob.cl/>

7 <http://areasprotegidas.mma.gob.cl/>

sión de pesca en todos los océanos. Actualmente ha quedado completamente en el pasado la premisa que definía a las AMP como una herramienta antagónica a la pesca. El denominado “efecto rebalse” (en inglés, “*spill-over effect*”), está bien documentado en la literatura científica moderna, lo que avala -de forma empírica- el papel catalizador de estas áreas en la recuperación de recursos pesqueros.

Adicionalmente, aquellas áreas costeras se han convertido en verdaderos vectores de movilidad social y desarrollo económico de las comunidades locales. Sin duda, el liderazgo de Chile también ha inspirado a otros países como México y Perú, los cuales han establecido o crearán nuevas AMP. Es importante destacar que Chile junto a Ecuador, Perú y México figuran entre los 25 países pesqueros con mayores desembarques de pesca según la FAO y es justamente esta característica la que pone de relieve dichos esfuerzos. Al avanzar en la protección oceánica -siendo una potencia pesquera- la hace aún más valorable y destacable. Estas acciones de los países comprometidos con la protección del océano son sumamente positivas porque están superando, por ejemplo, los obstáculos generados por otras necesidades nacionales, como la presión política y mediática por parte de la industria pesquera. Pese a lo anterior, las comunidades locales y las sociedades avanzan todavía más rápido en la concientización sobre la protección del océano. Como en el plano marítimo hemos superado largamente este objetivo, hace sentido que llamemos a otros países a seguir nuestro ejemplo.

Implementación efectiva de las Áreas Marinas Protegidas a nivel nacional

Es del caso poner de relieve que el Consejo de Ministros de la Política Oceánica está facultado para asesorar en la

implementación de las AMP, recomendando la creación de instancias de coordinación entre los organismos públicos que tengan competencias asociadas a la actividad oceánica.

Como actualmente se ha identificado una demora en el proceso de implementación de las AMP, y que además no existe una coordinación política suficiente entre las agencias responsables, el Consejo decidió, en 2021, crear un Comité Interministerial para la implementación de las Áreas Marinas Protegidas. Al respecto, cabe considerar que el actual Comité de Áreas Protegidas es una instancia esencialmente técnica, sin las capacidades necesarias para dinamizar los procesos que se deben llevar a cabo para avanzar en esta materia.

El Comité interministerial estará compuesto por el Ministerio de Relaciones Exteriores (Coordinador); Ministerio del Medio Ambiente; Ministerio de Defensa; Ministerio de Economía; Ministerio de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación; Subsecretaría de Pesca y Acuicultura; Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura, y la Dirección General del Territorio Marítimo y de Marina Mercante (Directemar) de la Armada.

En consecuencia, la nueva instancia tendrá los siguientes objetivos: a) coordinar a nivel político el proceso de implementación de las áreas marinas protegidas; b) dar seguimiento al proceso de determinación de los planes de administración y gestión; c) analizar e identificar posibilidades de financiamiento específico para AMP, y d) analizar y abordar posibilidades para el mejoramiento de la vigilancia y monitoreo.

Propuesta de AMP en Alta Mar

Creemos en la interrelación que existe entre algunos procesos que se llevan adelante dentro del sistema de Naciones Unidas. Se trata de la adopción del nuevo objetivo de protección del 30% del océano global al 2030, en virtud de la Convención de Diversidad Biológica (CDB); del futuro Acuerdo de Alta Mar para la protección de la biodiversidad marina más allá de las jurisdicciones nacionales y la creación de una red de áreas marinas protegidas ecológicamente representativas en alta mar, y en el contexto de la CMNUCC, la necesidad de posicionar al océano en la lucha contra el cambio climático. Para implementar este enfoque integral se hace necesario quebrar con la “mentalidad de silo” o de compartimentos estancos que ha imperado en estos procesos.

Es en este contexto que durante la Cumbre de Líderes sobre el Clima, convocada por el Presidente Biden a fines de abril de 2021, el Presidente Piñera planteó que debíamos ser más ambiciosos en esta materia, por lo que iniciaríamos los trabajos para crear un AMP en alta mar, dándole un sentido de urgencia a la acción climática oceánica. La propuesta estaba en línea con la declaración final del mandatario estadounidense, en el sentido de que esta década es de decisiones, implementación y colaboración.

Se trata de liderar el camino para crear un AMP en nuestra proyección natural en alta mar, como una medida prioritaria para abordar la crisis climática. El AMP de alta mar en el Pacífico Suroriental espera erigirse como el primero de su tipo, destinado a proteger la Cordillera o Dorsal de Nazca y de Salas y Gómez. La zona es una de las 10 “áreas de significativa importancia ecológica o biológica” (EBSA), que necesita protección en virtud de la Convención de Diver-

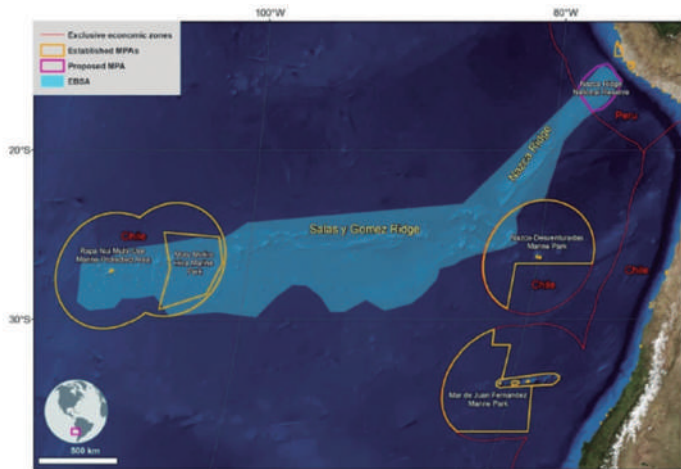
sidad Biológica⁸. En consecuencia, hay suficiente evidencia científica sobre este “*hot-spot*” de biodiversidad, preparada por científicos de diversas instituciones públicas, nacionales e internacionales, el mundo académico y la sociedad civil.

Para esos efectos establecimos un grupo científico independiente, liderado por la Cancillería, con el objeto de acordar un planteamiento para luego presentarlo a los organismos internacionales pertinentes. Sobre este propósito, cabe resaltar que en el marco del futuro Acuerdo de Alta Mar se considera la protección de la biodiversidad marina más allá de las jurisdicciones nacionales a través de una red de AMP, que se regiría a través de una institucionalidad *ad-hoc*. Es más, este futuro acuerdo les entrega un cierto protagonismo a las actuales organizaciones regionales pesqueras, como la Organización Regional Pesquera del Pacífico Sur (OROP-PS), por lo que decidimos comenzar esta tarea a través de esa instancia.

Con todo, a principios de octubre de 2021 la DIMA de Cancillería logró con éxito en el Comité Científico de la OROP-PS la inclusión de la Dorsal de Nazca y de Salas y Gómez en el programa de trabajo de dicho Comité, con el propósito de analizar y evaluar opciones de protección para esa área. Se trata de un significativo paso en un proceso orientado a consolidar las condiciones científicas que permitan crear en esa zona la primera área marina protegida en alta mar. En este sentido, resulta importante considerar que la OROP-PS es una organización moderna, que tiene entre sus principios el enfoque precautorio y ecosistémico, lo que facilitó que la propuesta nacional fuera acogida.

⁸ <https://www.cbd.int/ebsa/>

Así entonces, Chile está jugando un papel relevante en el contexto internacional y multilateral; su voz y acciones son escuchadas y en muchas ocasiones se erige como un ejemplo a seguir. Por tal motivo, nuestro país tuvo todas las credenciales necesarias para elaborar y presentar los primeros pasos en la creación e implementación de una AMP en la alta mar del Pacífico Suroriental, conforme al sentido de urgencia que significa resolver el problema climático y nuestro afán de estar a la vanguardia de la sostenibilidad oceánica.



Como se observa en esta imagen, la Dorsal de Nazca y de Salas y Gómez está flanqueada por el Este y el Oeste por tres áreas marinas protegidas chilenas (Nazca-Desventuradas, Motu Motiro Hiva y Rapa Nui).

Propuesta de AMP en la Península Antártica

En 2018, Chile y Argentina presentaron, ante la Comisión de los Recursos Vivos Marinos Antárticos (CCRVMA), una

propuesta binacional para el establecimiento de un Área Marina Protegida (AMP) en el Dominio 1. La propuesta es fruto de una extensa labor conjunta, iniciada en 2012, y para la cual se ha contado con datos científicos de otros países. Se trata de la iniciativa antártica conjunta con Argentina de mayor relevancia en la actualidad, tanto por su contenido como por su complejidad científica.

La propuesta fue elevada formalmente al Comité Científico de la CCRVMA, permitiendo que Chile y Argentina consoliden un papel protagónico en uno de los temas centrales de la agenda de trabajo de la Comisión, como es la preservación de los océanos australes y sus ecosistemas asociados, así como de la biodiversidad marina de la región.

Dicha zona es la región con mayor presencia humana por el desarrollo de la actividad pesquera, turística y de programa antárticos nacionales. Asimismo, es donde se registra el mayor impacto del cambio climático en la Antártica. La propuesta comprende un área de 670 mil kilómetros cuadrados y se refiere a dos zonas. Por un lado, se fijaría una zona de protección general, donde la pesca comercial de kril no estaría permitida y, por el otro, habría una zona de pesquería controlada.

VI.- CHILE DESPLEGADO

El Panel de Alto Nivel para una Economía Oceánica Sostenible

Se trata de una panel⁹ creado en 2018 por la entonces Primera Ministra de Noruega, originalmente compuesto por 14 jefes de Estado o de Gobierno -entre ellos el Presidente

⁹ <https://oceanpanel.org/>

Sebastián Piñera- que representan a Australia, Canadá, Chile, Fiji, Ghana, Indonesia, Jamaica, Japón, Kenia, México, Namibia y Portugal, todos liderados por Noruega y Palaos.

Las catorce naciones junto al Enviado Especial del Secretario General de Naciones Unidas para Océanos, Peter Thomson, quien también forma parte de esta instancia, han elaborado recomendaciones recopiladas en el documento denominado “Transformaciones para una Economía Oceánica Sostenible: Una Visión de Protección, Producción y Prosperidad”, publicado en diciembre de 2020. El objetivo reside en avanzar hacia una relación sostenible entre la humanidad y el planeta azul, enfatizando que la protección efectiva, la producción sostenible y la prosperidad equitativa de los océanos van de la mano. Las medidas se refieren a temas como energía, pesca, transporte marítimo y turismo, y se erigirán como relevantes insumos de la Segunda Conferencia de Naciones Unidas para los Océanos, que organizarán Portugal y Kenia, ambos miembros del panel, a realizarse en Lisboa en junio de 2022.

Es del caso indicar que el documento “Transformaciones”¹⁰, ya mencionado, se divide en cinco grandes apartados: i) la salud del océano, que incluye el combate al cambio climático y la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero, además de la conservación de ecosistemas marinos y el combate a la contaminación marina, especialmente por plásticos; ii) el valor económico, que consiste en la promoción de pesquerías sostenibles y combate a la pesca ilegal, no declarada y no reglamentada, y el desarrollo equilibrado del turismo y el transporte marítimo; iii) el acceso equitativo a los beneficios del océano, especialmente para las comunidades

10 <https://oceanpanel.org/ocean-action/transformations.html>

más vulnerables; iv) el desarrollo del conocimiento científico sobre el océano, así como la difusión pública de sus estudios con el fin de lograr más conciencia general sobre su importancia, y finalmente v) el financiamiento necesario para que la agenda ambiciosa, cuente con a los recursos financieros que permitan alcanzar esos objetivos. Por otro lado, figuran los Planes Oceánicos Sostenibles (SOP) al 2025, compromiso adoptado en 2020, con la ambición de manejar de manera sostenible la totalidad de las jurisdicciones nacionales de los países miembros.

Estas recomendaciones provienen de un sólido Grupo de Expertos, creado por el panel, en el que también figuran expertos y científicos nacionales, publicando 17 informes sobre distintas facetas del mar. El Grupo de Expertos ha planteado, por ejemplo, que los beneficios globales de invertir en una economía oceánica sostenible pueden ser, al menos, cinco veces más altos que sus costos, produciendo un beneficio potencial de USD 240 mil millones cada año, durante 30 años¹¹. Se trata de una gran oportunidad para la economía global, el océano y el bienestar social.

Esta instancia ha puesto de relieve algunas particularidades nacionales, como su efectiva planificación del espacio marítimo y diferentes áreas marinas protegidas; la relevancia del hidrógeno verde y derivados como el amoníaco, que será el futuro combustible marítimo sin emisiones; nuestra normativa sobre pesca sostenible y nuestra participación en todos los instrumentos internacionales sobre la lucha contra la pesca ilegal, entre otros. Es más, nuestra relevante institucionalidad oceánica (Consejo de Ministros de la Política

11 Stuchtey, M., A. Vincent, A. Merkl, M. Bucher et al. 2020. "Ocean Solutions That Benefit People, Nature and the Economy." Washington, DC: World Resources Institute. www.oceanpanel.org/ocean-solutions.

Oceánica y el Programa Oceánico, entre otros), nos permite erigirnos como una verdadera vitrina de los preceptos del panel, tales como la implementación de las transformaciones acordadas y la creación Planes Oceánicos Sostenibles al 2025, para finalmente difundirlos en la región.

Con todo, nuestra participación en este panel nos ha puesto a la vanguardia mundial en materia de pensamiento oceánico. Además, en la COP 26 de Glasgow, Estados Unidos se incorporó al panel, llegando a 16 miembros. En esa misma COP, Francia también anunció su interés por participar en el panel, lo que será formalizado con ocasión de la Cumbre “One Ocean”, que organizará el país galo en febrero de 2022, invitando a un selecto grupo de naciones, entre las que figura Chile.

Alianzas para promover la protección del océano global (“Global Ocean Alliance”, “High Ambition Coalition”, “Blue Leaders” y “Friends of the Ocean”)

La vocación oceánica de Chile se expresa en su gran “activismo” en la materia, a través de su participación en diversas iniciativas. Por ejemplo, Chile participa en la “High Ambition Coalition”¹², liderada por Francia y Costa Rica; en la “Global Ocean Alliance” que lidera el Reino Unido, y en “Blue Leaders”, que dirige Bélgica. Todas tienen como propósito común fortalecer los esfuerzos para proteger al menos el 30% del planeta (océanos y tierra), en el marco del Convenio de Diversidad Biológica (CDB).

Al respecto, la CDB espera establecer nuevas metas de protección, con el objeto de superar la meta 11 de Aichi, que

¹² <https://www.hacfornatureandpeople.org/>

planteaba proteger un 17% de zonas terrestres y un 10% en zonas marinas costeras al 2020. Actualmente Chile, junto con otros países y alianzas, como las indicadas más arriba, promueve una meta más ambiciosa que consiste en proteger el 30% de zonas terrestres y marinas al 2030.

Desde una perspectiva más específica, la “Global Ocean Alliance”¹³, liderada por el Reino Unido, se centra también en impulsar la creación de AMP, tanto en aguas jurisdiccionales como en alta mar. Por su parte, “Blue Leaders”¹⁴, impulsada por Bélgica y varias ONGs, se impuso la tarea de amplificar los llamados a reducir urgentemente las emisiones a través de la promoción de la resiliencia de los océanos. También participamos en “Friends of the Ocean”, dirigida por Suecia y Fiji, que impulsan el nexa cambio climático-océano dentro del proceso de la CMNUNCC.

Diálogo Oceánico con la Unión Europea (UE)

Desde 2015, Chile y la Unión Europea han establecido un diálogo bilateral sobre asuntos oceánicos, creando un espacio de intercambio de ideas y opiniones sobre las distintas materias que afectan al océano, centrándose en la sostenibilidad del uso de sus recursos y la respectiva gobernanza internacional. Estas reuniones se registran por primera vez en 2015, y luego en 2016 y 2018.

La última versión se efectuó, de forma virtual, el 14 de septiembre de 2021. En la oportunidad, la delegación nacional fue liderada por el Director de DIMA de la Cancillería y por el lado de la UE, por la Directora General de Asuntos

13 <https://www.gov.uk/government/news/global-ocean-alliance-30-countries-are-now-calling-for-greater-ocean-protection>.

14 <https://www.health.belgium.be/en/blue-leaders-30x30-highly-and-fully-protected>

Marítimos y Pesca. La agenda abordó temas como a) áreas marinas protegidas; b) el nexos cambio climático y océanos; c) las negociaciones sobre un futuro Acuerdo de Alta Mar, destinado a proteger la biodiversidad marina más allá de las jurisdicciones nacionales (BBNJ); d) la situación actual de la Autoridad Internacional sobre Fondos Marinos (ISA); e) el combate a la pesca ilegal y la participación de Chile y la UE en Comité de Pesca de la FAO y en el Acuerdo FAO sobre Medidas del Estado Rector del Puerto; f) el papel de Chile y la UE en la Organización Regional de Ordenamiento Pesquero del Pacífico Sur (OROP-PS), y g) la situación de Chile y la UE en la Comisión Interamericana del Atún Tropical (CIAT).

Este diálogo continuó al día siguiente (15 de septiembre), con la realización (también en modo virtual) de un segmento de alto nivel, en el marco del cual se reunieron el Canciller Allamand y el Comisario Europeo de Medio Ambiente, Océanos y Pesca, Virginijus Sinkevicius. Durante este encuentro, ambas autoridades resaltaron la importancia de la relación entre Chile y la UE en materia oceánica, poniendo de relieve las numerosas coincidencias que redundan en el fortalecimiento de esta relación.

Diálogo Oceánico con Noruega

Las afinidades oceánicas entre Chile y Noruega nos llevaron a establecer un Diálogo Oceánico Bilateral, institucionalizado mediante la firma, el 1 de marzo de 2021, de un Memorando de Entendimiento (MoU)¹⁵ entre los Cancilleres de ambos países. Se trata del primero que Noruega suscribe con un país latinoamericano.

¹⁵ <https://minrel.gob.cl/noticias-antiores/chile-y-noruega-firman-memorandum-de-entendimiento-sobre-dialogo>

En consecuencia, el 16 de diciembre de 2021 se realizó, de forma virtual, el primer diálogo. La delegación noruega fue liderada por la Directora de la Sección de Océanos y Desarrollo del Sector Privado de la Cancillería de ese país, mientras que por el lado chileno, la delegación nacional fue presidida por el Director de DIMA de la Cancillería. En total participaron cerca de 40 representantes de diversos ministerios y servicios de ambos países, todos vinculados a los temas oceánicos, lo que revela el interés que despertó este primer ejercicio.

En la reunión se abordó una extensa agenda, en la que se trataron temas como: a) la segunda fase del Panel de Alto Nivel para una Economía Sostenible, que lidera Noruega, y del cual Chile es miembro; b) la relevancia del nexos océano-clima para resolver el problema del cambio climático; c) el relevante papel en la COP 26 de la iniciativa “Because-the-Ocean”, que lidera Chile y de la cual Noruega también es miembro; d) asuntos pesqueros, incluyendo la participación de ambos en el Comité de Pesca de la FAO, la activa participación en el instrumento FAO sobre Medidas del Estado Rector del Puerto para combatir la pesca ilegal; e) el futuro de la acuicultura y la cooperación de ambos países a través de la organización de las ferias de Aqua-Nor (Trondheim) y Aqua-Sur (Puerto Montt); f) la protección de la biodiversidad marina en el marco de la CDB, y g) los procesos actualmente en curso en materias oceánicas, como el futuro Acuerdo de Alta Mar.

Como conclusión de este primer y relevante ejercicio, se elaborará, de manera conjunta, un programa de trabajo para guiar los futuros diálogos. En suma, se trata, sin lugar a duda, de un hito en la relación bilateral, que proyecta y fortalece

el alcance de nuestra política exterior oceánica, de la mano de un relevante actor en estas materias, como lo es Noruega.

Diálogo Oceánico con Canadá

Por gestiones de nuestra Embajada en Canadá y con el apoyo de DIMA, desde la Cancillería chilena, a fines de 2021 se han establecido los primeros contactos, tanto con la Cancillería como con el Ministerio de Pesca del Canadá, para crear un Diálogo Oceánico Bilateral. Actualmente nos encontramos en una etapa que consiste en la identificación de una agenda de trabajo. Con este diálogo se ampliará la red de intercambios en estas materias, fortaleciendo nuestro liderazgo oceánico.

Proceso de Conferencias “Our Ocean”

En 2014, el entonces Secretario de Estado de EE.UU., John Kerry, decide crear la Conferencia “Our Ocean”¹⁶, como un ejercicio complementario a los esfuerzos multilaterales para que gobiernos, fundaciones, instituciones, ONGs, se comprometan a realizar anuncios de carácter voluntario para fortalecer la salud del océano, en temas como creación de AMP, fortalecer la pesca sostenible, búsqueda financiamiento para proyectos en materia de sostenibilidad oceánica, el nexo océano-cambio climático, contaminación marina, energía marina, etc.

La primera conferencia tuvo lugar en 2014, en Washington DC. Chile dio continuidad a este ejercicio, organizando la segunda conferencia en Valparaíso, en 2015. La tercera se vuelve a efectuar en Washington en 2016. La siguiente se

¹⁶ <https://ourocean2022.pw/>

realiza en Malta, en 2017, organizada por la Unión Europea. Luego se hace en Oslo, Noruega, en 2019. Por la pandemia no se han podido organizar otras conferencias, pero Palau y Panamá anunciaron que están dispuestos a organizarlas en 2022 y 2023, respectivamente. Para darle gobernanza a estas conferencias, se ha creado un Comité Consultivo, en el que participan los organizadores pasados, presentes y futuros de este proceso, incluyendo a Chile.

Es del caso resaltar que la modalidad basada en anuncios de acciones de carácter voluntario y con una rendición de cuentas también voluntaria, iniciada por las conferencias “Our Ocean”, ha sido particularmente exitosa, por lo que también fue replicada en otras conferencias.

La Comisión Permanente del Pacífico Sur (CPPS)

Asimismo, Chile resalta la importancia del trabajo a nivel regional en las materias relacionadas con el océano. En este sentido, la Comisión Permanente del Pacífico Sur (CPPS)¹⁷, con sede en Guayaquil y que fue creada en 1952 por acuerdo entre Chile, Ecuador y Perú. Posteriormente, en 1979, se sumó Colombia. Se trata de la instancia regional en donde los Estados Miembros trabajan conjuntamente para la conservación y uso sostenible de los recursos, siendo este organismo una oportunidad para articular las materias relacionadas a la lucha contra la pesca ilegal, el desarrollo sostenible, la conservación del océano y el uso sostenible de sus recursos, en el marco del cumplimiento de la Agenda 2030 de Naciones Unidas.

¹⁷ <http://cpps-int.org/>

VII.- COMBATE A LA PESCA ILEGAL NO DECLARADA Y NO REGLAMENTADA

La pesca ilegal es uno de los mayores desafíos para la gobernanza oceánica y afecta a todas las etapas de la actividad pesquera. Cubre desde la captura, al transporte, la comercialización y la utilización final del producto. Esta actividad ilegal, no reportada o no reglamentada, cubre también todos los espacios oceánicos, tanto zonas bajo jurisdicción nacional como alta mar. Por su propia naturaleza, la pesca ilegal no reportada y no reglamentada es difícil de estimar en cuanto a su volumen global. Sin embargo, algunas estimaciones de la OCDE indican que al menos un 15% de la actividad pesquera en el mundo cae en esta categoría.

De acuerdo con estudios mandados por la FAO (Organización de Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación)¹⁸ y otros artículos¹⁹, esta pesca comprende entre 11-26 millones de toneladas cada año, con un valor comercial estimado de entre 10-23 mil millones de dólares anuales”. También menoscaba los esfuerzos de los Estados y de los Organismos Regionales de Pesca, al capturar de manera ilegal especies bajo sistemas de conservación y uso sostenible, generando un daño ambiental, social y económico.

Con todo, la problemática que presenta este flagelo es, sin duda, relevante. Según datos del Servicio Nacional de Pesca de Chile (SERNAPESCA), en 2018 la pesca ilegal en nuestro país se estimó en 324 mil toneladas, representando 327 millones de dólares, actividad ilícita que se basa en la

18 Macfadyen G., Caillart, B., Agnew, D. (2016). Review of studies estimating levels of IUU fishing and the methodologies utilized. Poseidon Aquatic Resource Management Ltd.

19 Agnew, D.J., Pearce, J., Pramod, G., et al. (2009) Estimating the Worldwide Extent of Illegal Fishing. PLoS ONE 4, e4570.

sobrepesca, afectando seriamente al equilibrio ecosistémico de nuestro océano.

Por ende, el futuro de la pesca y la consiguiente seguridad alimentaria del planeta yace en la suma de valor a la actividad en base a la extracción sostenible de estos recursos, obedeciendo a criterios científicos y en línea con el ODS 14.

Desde la perspectiva de los esfuerzos nacionales, cabe resaltar la “Política Nacional Destinada a Prevenir, Desalentar y Eliminar la Pesca Ilegal”, adoptada en octubre de 2015, en el contexto de la Conferencia “Our Ocean”, organizada en Chile. Este instrumento ha sido particularmente útil a la luz de la sobrepesca de los recursos transzonales. Sin embargo, a la luz de la vasta ZEE chilena (10 del mundo), se necesitará la aplicación de tecnología de vanguardia (como aplicaciones satelitales), asunto de carácter estratégico que se abordará en el “Programa Oceánico” adoptado este año.

Acuerdo FAO sobre Medidas del Estado Rector del Puerto

Actualmente, el Acuerdo FAO sobre Medidas del Estado Rector del Puerto (AMERP), se erige como el instrumento internacional más relevante en materia de lucha contra la pesca ilegal. Chile es parte de ese acuerdo y está muy comprometido con su implementación en el mundo. Tanto así que organizó la segunda reunión de las partes en junio de 2019 y detentó la Vicepresidencia en la primera reunión realizada en Noruega en 2017.

Su objetivo es prevenir, desalentar y eliminar la pesca INDNR, impidiendo que los buques que la practican utilicen puertos para desembarcar sus capturas. De esta manera, el AMERP reduce los incentivos para que estos buques

continúen operando y, además, frena el flujo de productos pesqueros derivados de la pesca INDNR hacia los mercados nacionales e internacionales. La aplicación eficaz del AMERP contribuye, en última instancia, a la conservación en el largo plazo y el uso sostenible de los recursos marinos vivos y sus ecosistemas. Las disposiciones del AMERP se aplican a los buques de pesca que soliciten entrar a un puerto designado de un Estado que sea diferente de su Estado del pabellón.

La Organización Regional de Ordenamiento Pesquero de Pacífico Sur (OROP-PS)

Es conocido que la mejor manera de combatir la pesca ilegal es por medio del fortalecimiento de los sistemas de manejo en el océano. Se trata de las Organizaciones de Ordenamiento Pesquero Regionales (OROP) y los sistemas de monitoreo y reporte de la actividad pesquera.

Al respecto, la Organización Regional de Ordenamiento Pesquero del Pacífico Sur (OROP-PS)²⁰ es un foro multilateral de suma importancia para nuestro país, en especial para el sector pesquero nacional. Esta organización tiene como objetivo principal asegurar, a través de la implementación del enfoque ecosistémico y precautorio, la conservación y el uso sostenible, a largo plazo, de los recursos pesqueros regulados en el área de la Convención, que corresponde al Pacífico Sur, salvaguardando los ecosistemas marinos respectivos. Sus miembros son: Australia, Chile, China, Islas Cook, Cuba, Ecuador, Estados Unidos, Federación de Rusia, Perú, Unión Europea, Islas Feroe (Reino de Dinamarca), Nueva Zelanda, Corea del Sur, Vanuatu y China Taipéi.

²⁰ <https://www.sprfimo.int/>

La creación del organismo fue impulsada por Nueva Zelanda, Australia y Chile en el año 2006. La negociación convocó a más de 26 Estados, la Unión Europea y diversos organismos internacionales. Durante este período se adoptaron medidas interinas de conservación voluntarias (años 2007, 2009 y 2011), enfocadas a proteger uno de los principales recursos regulados por esta organización, que es el jurel -recurso transzonal-, así como también la protección a los ecosistemas marinos vulnerables de la pesca de fondo.

Históricamente, Chile ha basado su participación en este organismo a través del fortalecimiento de sus facultades. Ello significa apoyar la creación y el fortalecimiento de las medidas de conservación y manejo, con especial énfasis en aquellas que han sido presentadas y que no han podido ser aprobadas, como la correspondiente a inspecciones a bordo de embarcaciones y la limitación de esfuerzo pesquero en el recurso jibia, entre otras.

Al respecto, la OROP-PS ha adoptado, desde su inicio en 2013, medidas de conservación para el jurel, estableciendo límites de esfuerzo de pesca y captura, en línea con la recomendación anual de su Comité Científico. Esta pesquería se encuentra en pleno proceso de recuperación, como resultado de la aplicación de la investigación científica y de las restricciones de captura consignadas en la medida. En la actualidad, Chile cuenta con una asignación anual del 64,6% del total de la cuota global (“Total Allowable Catch”). En una próxima reunión, a realizarse virtualmente en enero de 2022, se debe discutir la nueva asignación de cuotas del recurso. En esa ocasión, Chile tiene por objetivo que la asignación que se adopte no afecte nuestros intereses pesqueros.

La participación de Chile en la Comisión Interamericana del Atún Tropical (CIAT)

La CIAT²¹ se creó en 1949 por la Convención para el Establecimiento de una Comisión Interamericana del Atún Tropical, firmada entre Estados Unidos y Costa Rica el 31 de mayo del mencionado año. El interés en crear la CIAT dice relación con la cooperación en la conservación y explotación de especies altamente migratorias, destacando el atún de aleta amarilla y el bonito, que se pescan en el Pacífico Oriental. Sus Miembros son: Belice, El Salvador, Nicaragua, Canadá, Estados Unidos, Panamá, China, Francia, Perú, Colombia, Guatemala, Taipei chino, Corea, Japón, Unión Europea, Costa Rica, Kiribati, Vanuatu, Ecuador, México y Venezuela. Sus Estados No Miembros Cooperantes: Bolivia, Chile, Honduras, Indonesia y Liberia. El objetivo de la Convención es asegurar la conservación y uso sostenible, en el largo plazo, de las poblaciones de atunes y especies afines en el área de acción de ese instrumento.

Como Chile es parte de la CONVEMAR, del Acuerdo de Naciones Unidas sobre Poblaciones de Peces (UNFSA) y de múltiples instrumentos internacionales que buscan la gobernanza del océano, nuestro país debe cumplir con su obligación de cooperar en la conservación y ordenación de los recursos pesqueros. Estos acuerdos establecen que la manera de cooperar para los fines indicados es mediante las denominadas OROP (Organizaciones Regionales de Ordenamiento Pesquero). Como ya se ha indicado, nuestro país lo hace en la OROP-PS, y la CIAT es el mecanismo que han establecido los Estados que pescan atún y especies afines en esta zona del planeta.

21 <https://www.iattc.org/HomeSPN.htm>

Al respecto, tener la calidad de Estado No Parte Cooperante es un primer avance para dar cumplimiento a la obligación de cooperar en materia de conservación y administración de los recursos vivos del mar. Chile ostenta esta calidad desde mediados de 2017. Actualmente nuestro país, con el liderazgo de la Cancillería, ha iniciado los estudios necesarios de la mano de las instituciones nacionales correspondientes, con el objeto de adherir a dicha Convención y así poder participar con pleno derecho en todas las organizaciones pesqueras que operan en el Pacífico Suroriental.

VIII.- DESAFÍO FUTUROS

El Acuerdo de Alta Mar (BBNJ²²)

La CONVEMAR determinó los espacios marítimos, así como las actividades que los Estados y sus nacionales pueden desarrollar en ellos. En ese sentido, dos acuerdos de implementación fueron establecidos con posterioridad a la CONVEMAR, con la finalidad de implementar sus disposiciones y desarrollar regulaciones más específicas. Estos son, por un lado, el Acuerdo sobre la Parte XI de CONVEMAR, que gira en torno a los fondos marinos y la minería submarina, y por el otro, el Acuerdo de Nueva York (UNFSA), que regula la pesca en alta mar. Sin embargo, en diversos foros -pero principalmente en el ámbito de Naciones Unidas la comunidad internacional ha planteado de manera reiterada, a lo largo de las últimas dos décadas, la necesidad de implementar elementos esenciales de la CONVEMAR, todos ellos relativos a la conservación y uso sostenible de la biodiversidad marina. Si bien el término biodiversidad explícitamente no

22 <https://www.un.org/bbnj/>

está incluido en la CONVEMAR, si existen materias de este concepto delineadas en términos generales.

En consecuencia, el proceso BBNJ, por sus siglas en inglés (“Biodiversity Beyond National Jurisdictions”), tiene como finalidad crear un tercer acuerdo de implementación de la CONVEMAR, que regule la biodiversidad marina en áreas más allá de las jurisdicciones nacionales, es decir, más allá de las 200 millas. Se busca regular la biodiversidad marina compuesta por todas sus especies, incluyendo las sustancias genéticas y que comprenden también todo el espectro de actividades y servicios que el mencionado ecosistema marino presenta. Como se reconoce que estas materias, no cuentan con un acuerdo de implementación que las regule, por ello un futuro acuerdo tendrá que establecer la dinámica de interacción entre las materias que deben ser reguladas y las otras ya codificadas por la propia CONVEMAR, mediante los otros dos acuerdos adoptados en conformidad con sus disposiciones.

Este es un proceso de negociación especialmente relevante para el futuro de la gobernanza oceánica a nivel global. En consecuencia, nos veremos enfrentados a grandes desafíos que hasta ahora no conocíamos.

La alta mar corresponde al 64% de todo el océano, y en la actualidad no poseemos un instrumento que nos permita regular su uso y las actividades que ahí puedan desarrollarse. Como ejemplo, el desarrollo de AMP en esta zona aún no puede implementarse y se hace cada vez más necesario llegar a proteger parte importante de la misma con el propósito de lograr la meta del 30% de protección del océano global al año 2030.

Es por lo expresado con anterioridad que se requiere la adopción de un tratado, con un régimen jurídico tan transparente como participativo. Sin duda, la negociación de este Acuerdo será compleja dado que, a diferencia de los otros dos acuerdos de implementación, su ámbito de competencia es mucho más amplio. Chile es favorable a este acuerdo y participa activamente en el Grupo Negociador regional, y también impulsa avances sobre la adopción del acuerdo junto con otros actores “like-minded”.

Adopción de nuevos objetivos de protección en la CDB (30% al 2030)

Si bien estaba originalmente previsto realizarse en 2020 en Kunming, China, la 15ª Conferencia de las Partes del Convenio sobre la Diversidad Biológica debió postergarse, optándose por un formato en dos partes: la primera de forma predominantemente virtual, en octubre de 2021, y una presencial agendada para abril-mayo de 2022.

Esta conferencia será de importancia capital, ya que deberá adoptar el marco posterior a 2020 para la diversidad biológica, que fijará metas y objetivos respecto de la protección y recuperación de la biodiversidad en el período 2020-2030, reemplazando a las Metas de Aichi (ninguna de las cuales, a pesar de algunos avances, logró ser cumplida).

Simultáneamente, las reuniones de los órganos subsidiarios del convenio, así como del grupo de trabajo *ad-hoc* para el marco post 2020, también debieron realizarse en un formato de dos partes, de manera online en 2021, y serán retomadas en una triple reunión presencial, ya confirmada para enero de 2022 en Ginebra, Suiza.

Estas reuniones serán cruciales para avanzar en las definiciones del nuevo marco para la diversidad biológica y en la negociación de texto, algo que se ha realizado de manera muy limitada dadas las complejidades de la pandemia. Los órganos subsidiarios deberán aportar aspectos técnicos al grupo de trabajo de composición abierta sobre el marco posterior a 2020, mientras que este grupo deberá, a su vez, negociar en base al primer borrador del marco, circulado en septiembre de 2021.

Chile se encuentra en un proceso de deliberación interno de cara a las reuniones de Ginebra, y abordará estos encuentros en concordancia con las definiciones nacionales, así como con la posición del país en distintos foros ambientales multilaterales y las diversas alianzas de las que forma parte, como las enunciadas más arriba, como son la “High Ambition Coalition for Nature and People”, la “Global Ocean Alliance” y “Blue Leaders”, entre otras.

Con todo, es a través de su participación en estas alianzas que Chile ha asumido un papel de liderazgo, particularmente en lo que concierne al vínculo entre biodiversidad y océano, promoviendo asertivamente el objetivo que busca la protección del 30% del océano global y la superficie terrestre global para el año 2030 (conocida como meta 30x30). Asimismo, a lo largo del proceso, Chile ha efectuado contribuciones y sugerencias de texto en diversas áreas, entre ellas: cambio climático y océanos; especies exóticas invasoras; planificación espacial; conservación de especies, *mainstreaming* y contaminación.

Acuerdo vinculante sobre contaminación por plásticos

Anualmente, se estima que 8 millones de toneladas de plástico llegan a los océanos, concentrándose en cinco grandes

vórtices como resultado de las corrientes oceánicas. Se trata de uno de los principales problemas que enfrenta el océano y se deriva principalmente de actividades humanas en tierra. Si bien la falta de un adecuado tratamiento de los desechos de plástico afecta a todo el mundo, ocurre principalmente en Asia.

En este sentido, se estima que, de la cifra mundial, unas 25 mil toneladas de plástico sería el negativo aporte de Chile a este continuo y creciente desastre ambiental. Es muy probable que, para el año 2025, por cada tonelada de peces en el mar, existan tres toneladas de plástico. Adicionalmente, a los volúmenes de plástico que se vierten al océano, a través de los cursos de agua o por acción directa del hombre, se suma el negativo efecto de las denominadas redes fantasmas: redes de pesca abandonadas o perdidas a la deriva.

Sin embargo, el problema se acrecienta dado que el plástico, producto de la acción de la radiación y el oleaje, se desintegra y se transforma en micro plástico, que son pequeñas partículas que se diseminan por la columna de agua. Las partículas de microplástico llegan a la cadena alimenticia de la fauna marina y también afectan la geografía del océano, generando verdaderas islas de plásticos que se forman principalmente en los cinco vórtices de los océanos y mares, producto de las grandes corrientes oceánicas que arrastran el plástico y lo acumulan.

Cabe considerar que Rapa Nui es una de las islas cuyas costas cuentan con una de las mayores contaminaciones por plástico del mundo, como consecuencia de la acción de las corrientes marinas. La comunidad internacional ha dado cuenta de este problema, y Chile ha participado en esta discusión en foros internacionales que lo han abordado, tanto en

Naciones Unidas como en el ya mencionado proceso de Conferencias “Our Ocean”.

Debido a la relevancia de este tema para la salud del océano en el largo plazo, es que la Quinta Asamblea de Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente (UNEA5), prevista para febrero-marzo de 2022, en Nairobi, Kenia, coincidirá con la conmemoración de los 50 años de la creación del Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (UNEP o PNUMA). Es en ese momento que se discutirá un proyecto de resolución que busque iniciar un proceso de negociación intergubernamental para adoptar un acuerdo jurídicamente vinculante en materia de contaminación por plásticos.

Por otra parte, cabe señalar que durante la pandemia se han organizado distintas iniciativas y eventos con el objeto de mantener una presión positiva sobre la problemática de la contaminación marina por plásticos. Se trata de promover una agenda que ponga de relieve la dimensión transfronteriza del problema y la necesidad de adoptar un enfoque ambicioso, que comprenda todo el ciclo de vida de los plásticos.

Es relevante indicar que Chile participa de la mayoría de estos esfuerzos y lidera, junto a Portugal, el “Grupo de Amigos de Nairobi contra la basura marina y la contaminación por plásticos”, que busca centralizar en la sede del PNUMA las acciones conducentes a la aprobación por parte de la UNEA de un mandato para un proceso intergubernamental que negocie la creación de un acuerdo vinculante en la materia. En esta línea se está realizando un ciclo de charlas, organizado por el Grupo de Amigos de Nairobi, de cara a la celebración de la UNEA5, en febrero de 2022, momento en que durante la Asamblea Chile además será coordinador del GRULAC. Se trata de acciones en materia oceánica que fortalecen nuestro liderazgo en la materia.

IX.- CONCLUSIONES

Estos últimos años de pandemia nos han mostrado cuán cambiante puede ser la brújula política mundial. Sin embargo, nos presenta una oportunidad excepcional para introducir transformaciones profundas en materia de sostenibilidad oceánica de cara a la postpandemia. Queda claro, entonces, que debemos encarar el futuro con la naturaleza de nuestro lado. No dar prioridad a la protección de la biodiversidad, a la lucha contra el cambio climático y a crear una sostenibilidad oceánica en nuestra respuesta colectiva, sin duda que tendrá graves repercusiones para nuestra propia supervivencia, siendo los países en desarrollo, los pequeños Estados insulares, mujeres y niños, quienes se verían afectados en primer lugar. En consecuencia, nos enfrentaremos a un ejemplo inevitable que plantea el concepto de Justicia Climática, que Chile comparte.

El mundo tiene que invertir en formas de producción y consumo sostenibles y en mecanismos jurídicos y políticos, que sustenten todas las formas de vida en nuestro planeta. Es imprescindible favorecer el buen estado de salud de nuestros océanos para las generaciones presentes y futuras. Si bien por mucho tiempo se han postergado estos objetivos, en las actuales circunstancias no perseguir dichas metas es un lujo que ya no podemos permitirnos.

Con el inicio de la Década de Naciones Unidas de las Ciencias Oceánicas para el Desarrollo Sostenible (2021-2030), que lidera COI-UNESCO, tendremos la oportunidad de contar con un marco para coordinar y encauzar la investigación científica, con el propósito de lograr el ODS 14. Se trata de abordar el papel que tiene el océano para resolver tres grandes problemas mundiales, a saber, la protección

de la biodiversidad, la creación de una economía oceánica sostenible y la regulación del clima, catalizando soluciones de carácter transformacional. La idea de fondo es que los océanos son una de las llaves esenciales para que el planeta sea más justo y sostenible. Es la ciencia que necesitamos para el océano que queremos.

Por último, la diplomacia oceánica nacional ha mostrado, mediante hitos claramente determinados, que tiene una sólida vocación de compromiso y cooperación, contribuyendo al bienestar del país y de la comunidad internacional, aspecto que se erige como uno de los propósitos más relevantes del multilateralismo. En definitiva, somos reconocidos como actores en lo concerniente a temáticas de carácter oceánico, tanto por liderar con el ejemplo, por nuestros planteamientos vanguardistas como por participar activamente en las iniciativas internacionales más importantes en la materia. Todo ello se ha logrado a través de la implementación de esa diplomacia, herramienta estratégica de nuestra política exterior y reflejo de una política de Estado, formulación que obedece a nuestra clara vocación oceánica, donde el mar ocupa un lugar central de nuestra identidad nacional.

Diplomacia científica y cambio climático:

conocimiento y acción para acelerar una respuesta global

*Julio Cordano**
*Maisa Rojas***

RESUMEN

La evidencia proporcionada por la ciencia del clima está profundamente entrelazada con los orígenes, contenidos y propósitos de la Convención, el Protocolo de Kioto y el Acuerdo de París, en forma de un “diálogo” entre el conocimiento y la acción climática. Si bien la ciencia no debería ser “prescriptiva en materia de políticas”, existen importantes áreas grises entre la evidencia observable y la necesidad de apuntar a una mayor ambición climática. Esto crea una tensión política que las partes de la CMNUCC deben abordar y resolver en el contexto de las Conferencias de las Partes (COP) durante esta década.

* Jefe del Departamento de Cambio Climático, del Ministerio de Relaciones Exteriores. Licenciado en Historia, Universidad de Chile y Master en Gestión Pública, Universidad de Victoria en Wellington.

** Profesora Asociada en el Departamento de Geofísica de la Universidad de Chile.

INTRODUCCIÓN

La política exterior chilena ha identificado al cambio climático como un interés de largo plazo, hasta el punto de convertirse en un elemento permanente de los sucesivos gobiernos de las últimas décadas, a pesar de la alternancia de administraciones de diversa orientación política. Esto tampoco se ha visto alterado por los cambios que ha vivido Chile desde octubre de 2019 y, por el contrario, la importancia de enfrentar el cambio climático sigue siendo un elemento vastamente incuestionado por casi todas las propuestas políticas.

Esta continuidad en el ciclo político nacional ha estado acompañada por una positiva valoración pública de la evidencia científica. Los efectos visibles del cambio climático en Chile, como la sequía, la alteración de los patrones de lluvias, las marejadas y otros fenómenos, han generado una percepción ampliamente compartida entre los tomadores de decisión, en cuanto a que el cambio climático es un desafío relevante para el país.

Sin embargo, hacer frente al cambio climático no es algo que Chile pueda acometer solo por medio de su esfuerzo, incluso con un férreo consenso nacional sobre la urgencia del problema. La concentración de gases de efecto invernadero en la atmósfera es un fenómeno global y de larga data, que supera con creces la iniciativa individual de los países.

La única posibilidad de tener éxito en este empeño, entonces, es por medio de la cooperación multilateral, donde todos los países del mundo colaboren hacia el propósito común de controlar el calentamiento global y adaptarnos a las consecuencias que ya se perciben en todas las regiones del mundo.

La Convención Marco de Naciones Unidas constituye, hasta hoy, la base sobre la cual se ha construido toda la arquitectura institucional y multilateral para combatir el cambio climático, incluyendo la adopción del Protocolo de Kioto (1997) y del Acuerdo de París (2015).

En este escenario, es importante explorar la relación entre ciencia y diplomacia, como un motor para acelerar decisiones eficaces a nivel multilateral que nos den una mayor probabilidad de eludir los efectos más negativos de las alteraciones del clima. El conocimiento (la ciencia) y la acción (la diplomacia), entendidos como una herramienta de cambio global, sobre la base del consenso y la solidaridad internacional, debieran ser asumidos por Chile como herramientas para impulsar esta agenda.

LA CIENCIA EN EL ORIGEN DE LA RESPUESTA MULTILATERAL AL CAMBIO CLIMÁTICO

El origen de la respuesta global al cambio climático es, en efecto, una conversación entre los mundos de la ciencia y de la diplomacia. Si bien era un hecho conocido, hace muchas décadas, que pasado un cierto nivel, la concentración de gases en la atmósfera podía generar cambios sustantivos en los equilibrios del clima, no fue sino hasta fines de la década del '80 cuando se inició el proceso que conocemos hoy.

Esta conversación, al menos en la parte que interesa a este artículo, se inicia con el 10° Congreso de la Organización Meteorológica Internacional (WMO), en mayo de 1987. En ella, hubo un reconocimiento, basado en la observación, que la concentración de gases de efecto invernadero podía causar

cambios significativos, y que era importante la colaboración internacional¹.

Pocos meses después, el mismo año 1987, reconociendo las conclusiones de la WMO, el Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) solicitó a su Director Ejecutivo realizar las consultas correspondientes con los gobiernos, con el fin de establecer un mecanismo *ad-hoc* para llevar a cabo evaluaciones científicas coordinadas sobre la magnitud, plazos e impactos potenciales del cambio climático².

Este fue el mandato que llevó a la creación del Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC). En su primer reporte de síntesis (1990), y ante la magnitud del problema global, el IPCC recomendó la negociación, “a la brevedad posible” ,de una Convención Marco de Cambio Climático, incluso con un anexo técnico en el que se bosquejasen elementos para una Convención³.

Esta interacción ciencia-diplomacia continuó en la Asamblea General de Naciones Unidas, que tomó esta invitación y lanzó, en diciembre del mismo año 1990, un proceso intergubernamental para negociar la Convención propuesta por el IPCC. Ello resultó posteriormente en la llamada “Cumbre de la Tierra” en Río de Janeiro, donde se concluyeron las negociaciones para la adopción de la Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático.

1 World Meteorological Organization, 1987. Tenth World Meteorological Congress, Abridged Report with Resolutions.

2 UNEP Governing Council, 1987. Resolution 14/20

3 IPCC, 1990. First Assessment Report. Overview.

La Convención Marco constituye, hasta hoy, la base sobre la cual se ha construido toda la arquitectura institucional y multilateral para combatir el cambio climático, incluyendo la adopción de dos acuerdos legalmente vinculantes: el Protocolo de Kioto (1997) y el Acuerdo de París (2015).

La Convención, haciendo justicia a sus orígenes, hace un fuerte reconocimiento a la relevancia de la observación científica, a través de la creación de un órgano subsidiario de asesoramiento científico y técnico (SBSTA), que apunta a mantener un constante monitoreo de la observación del fenómeno climático.

Adicionalmente, bajo el SBSTA hay un ítem de agenda permanente sobre investigación y observación sistemática, que permite a las Partes de la Convención (gobiernos) tomar conocimiento de los avances en el campo científicos relevantes para efectos de la aplicación de la Convención, y acordar acciones que permitan mejorar el desarrollo y acceso a esa información.

Vale la pena recordar que en la primera reunión de los países que han ratificado la Convención (Primera Conferencia de las Partes o COP1, en 1995), que fue presidida por la Ministra de Medio Ambiente de Alemania, Angela Merkel, las Partes coincidieron en que las medidas que los gobiernos habían planificado a esa fecha no eran suficientes para cumplir con los objetivos acordados en la Convención, abriendo el camino para la negociación y adopción del Protocolo de Kioto.

UN SALTO HACIA EL PRESENTE. LA CIENCIA Y LA DIPLOMACIA BAJO EL ACUERDO DE PARÍS

Lamentablemente, un cuarto de siglo después de la COP1, las medidas de los gobiernos siguen siendo insuficientes. Desde la adopción de la Convención, los gases de efecto invernadero no se han estabilizado (objetivo último de la Convención), sino que han seguido aumentando.

La Convención apuntaba a que, por medio de la estabilización de los gases de efecto invernadero, se controlaría el aumento de la temperatura y se evitarían los efectos más graves del cambio climático.

Desde este punto de vista, el Acuerdo de París podría ser considerado más realista y práctico, al focalizarse en las consecuencias del cambio climático (el aumento de temperatura) y no en sus causas (las emisiones de gases y la consiguiente concentración en la atmósfera). En esta lectura, el Acuerdo de París es menos ambicioso que la Convención, al asumir que habrá un calentamiento global sustantivo, muy cerca de algunos puntos de no-retorno o de aceleración de procesos, “muy por debajo” de 2°, con esfuerzos para limitarlo a 1,5°.

Los datos de la observación científica estos 25 años de Convención muestran cómo hemos ido perdiendo terreno en la lucha contra el calentamiento global. En 1990, la concentración de gases de efecto invernadero era de 354 ppm (partes por millón), lo que entonces ya representaba un incremento importante respecto de los niveles pre-industriales (280ppm). Viendo las cifras de hoy, ya nos encumbramos por sobre las 410ppm⁴, en un incremento constante.

4 IPCC, 2021: Summary for Policymakers. In: Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, p. 4.

Ello ha tenido su correlato en el aumento de la temperatura promedio: el último informe del Grupo de Trabajo I del IPCC estima que la temperatura global promedio para el período 2011-2020 se sitúa 1,1°C por sobre los niveles de referencia (1850-1900)⁵.

El Protocolo de Kioto, cuyo segundo (y último) período de compromiso terminó en 2020 ha sido, por ello, objeto de importantes críticas, al no lograr desviar la curva de emisiones globales. Sin duda la ausencia de países desarrollados como Estados Unidos, así como la no inclusión de países en desarrollo que son grandes emisores, hicieron que el aporte del Protocolo de Kioto fuera insuficiente.

¿Fracasó entonces el multilateralismo climático luego de estos 25 años de implementación de la Convención? Aunque es muy difícil consignar una respuesta clara frente al escenario contrafactual que en la Convención Marco no se hubiera acordado, se puede decir que la UNFCCC y el Protocolo de Kioto sí han conducido a reducciones de emisiones verificables y permanentes. Además, se generaron flujos de financiamiento hacia países en desarrollo y estímulos a tecnologías limpias, contribuyendo al abaratamiento que vemos hoy de los costos de las energías renovables. Por lo tanto, se podría asumir que en ausencia de la Convención habría habido aún más CO₂ en la atmósfera. Que todo este esfuerzo sea insuficiente (que a todas luces lo es), no significa que no haya rendido frutos.

El Acuerdo de París, cuya implementación recién empieza, es una nueva oportunidad para desarrollar una respuesta

5 IPCC, id. P. 5

En su Informe Especial de 2018, el IPCC estimó que para evitar el calentamiento global por sobre 1,5 grados, se requería una rápida reducción en términos absolutos, de alrededor de un 45% de las emisiones al 2030, y que esta trayectoria debía llevar a la carbono-neutralidad a nivel global alrededor del 2050.

comprehensiva al cambio climático, bajo la Convención Marco.

En este esfuerzo, el Acuerdo de París también establece una fuerte relación con la ciencia, a imagen y semejanza de su progenitora, la Convención Marco.

En primer lugar, la meta de limitación de la temperatura del Acuerdo de París solo se puede comprobar por medio de un constante monitoreo de la observación científica. El mismo texto del Acuerdo describe la trayectoria que se debe seguir durante el siglo XXI para alcanzar tal meta: llegar a un máximo de emisiones (*peak*) lo antes posible, e implementar “rápidas reducciones en consonancia con la mejor ciencia disponible”⁶, de tal manera de lograr la carbono neutralidad (balance entre emisiones y capturas) en la segunda mitad del siglo.

Además, el Acuerdo de París establece un mecanismo colectivo de revisión de su propia implementación. El Balance Global a realizarse cada cinco años, a partir de 2023, es una instancia para analizar el cumplimiento del Acuerdo a nivel agregado, y de esa manera informar nuevas contribuciones de los países, que en cualquier caso deben representar, a nivel individual, una progresión respecto de las contribuciones ya

⁶ Acuerdo de París, Artículo 4.1

presentadas, en lo que se conoce como el “mecanismo de ambición” del Acuerdo.

UN ENTUERTO DIPLOMÁTICO Y UN ELEFANTE EN LA HABITACIÓN

La Convención Marco parte de la premisa que el cambio climático se genera por la industrialización de los países desarrollados, basado en un uso intensivo de los combustibles fósiles. Y que, por lo tanto, son estos países los que tienen la responsabilidad de reducir sus emisiones por medio de políticas internas efectivas y verificables. Además, considerando las posibles consecuencias del calentamiento global, las naciones desarrolladas son las responsables de generar los recursos financieros para que los países en desarrollo (sin responsabilidad en el problema) puedan realizar sus transformaciones internas, y de esa manera puedan optar por estrategias de desarrollo bajas en emisiones.

Ciertamente no se puede juzgar con la evidencia de hoy las decisiones que se tomaron hace más de dos décadas. Sin perjuicio de ello, hemos llegado a un momento en que la mayoría de los gases de efecto invernadero que se emiten a la atmósfera proviene de países en desarrollo, mientras que los ya desarrollados han disminuido sus emisiones en términos absolutos, aunque en un ritmo insuficiente.

Desde el Acuerdo de París, las negociaciones multilaterales no han logrado ajustar el balance de responsabilidades que esta situación conlleva, especialmente a la luz de la acción climática en la presente década.

En esta conversación, entonces, el elefante en la habitación es cómo actualizar nuestro entendimiento de las responsabilidades para avanzar en una respuesta efectiva (de

alta ambición) y oportuna (con medidas en el corto plazo) frente al cambio climático. Ello, en un escenario de fuerte concentración de las emisiones globales en unos pocos países, donde la distinción entre desarrollados y en desarrollo parece desdibujada.

La Convención Marco y el Acuerdo de París están cimentados sobre el principio de equidad y de responsabilidades comunes, pero diferenciadas por sus respectivas capacidades (CBDR-RC). Ello obliga a asumir que efectivamente hay responsabilidades diferenciadas, aún cuando todos los países que son parte de estos instrumentos tienen la misma capacidad para participar en la toma de decisiones, y cada voz vale lo mismo, independiente de su contribución al problema.

Algunos países (especialmente los desarrollados) tienden a interpretar el principio de CBDR-RC en proporción al volumen de emisiones, mientras que otros se apegan a la lectura tradicional de responsabilidades históricas de las naciones incluidas en el Anexo I de la Convención.

Este es un *impasse* diplomático que ha estado en el centro de la negociación multilateral, que explica por qué el G-20 (que reúne a grandes emisores, tanto desarrollados como en desarrollo y que representan colectivamente el 80% de las emisiones globales) ha adquirido una creciente importancia, con fuertes consecuencias en las negociaciones en la Convención Marco.

LA CIENCIA EN LA FRONTERA DE LO POSIBLE Y DE LO NECESARIO

El IPCC es el principal referente global de la “mejor ciencia disponible” a la que se refiere el Acuerdo de París. A través de sus ciclos de reportes, y en particular sus Resúmenes para

los Tomadores de Decisión (*Summary for Policymakers*), el IPCC genera una visión de síntesis sobre un enorme cuerpo de investigación y de observación sobre el fenómeno climático, a una escala que supera cualquier otra instancia de este tipo.

En el cumplimiento de este esfuerzo, el IPCC se basa en ciertos principios, entre los cuales se incluye que sus reportes debieran ser relevantes, neutrales y no prescriptivos con respecto a las políticas. Es decir, la evidencia científica del fenómeno climático no debe traer aparejada necesariamente una línea de acción específica para todos los casos y países, decisiones que quedan a criterio de la prerrogativa soberana de cada gobierno.

El IPCC también reconoce que, a pesar de esta limitación, puede tener que abordar “objetivamente” algunos factores científicos, técnicos y socio-económicos relevantes para la aplicación de políticas particulares⁷.

De esta manera, el IPCC representa un vehículo para llevar el conocimiento científico a nivel de implementación, por medio de los “resúmenes para tomadores de decisión” (*Summary for Policymakers*), pero sin cruzar la frontera de prescribir qué tipo de políticas o medidas deben ser adoptadas por los gobiernos.

Esta es una frontera tenue y delicada, considerando que en muchos casos las políticas para disminuir emisiones y para adaptarse a los efectos del cambio climático son conocidas,

7 IPCC, 1998. Principles governing IPCC work. Approved at the Fourteenth Session (Vienna, 1-3 October 1998) on 1 October 1998, amended at the Twenty-First Session (Vienna, 3 and 6-7 November 2003), the Twenty-Fifth Session (Mauritius, 26-28 April 2006), the Thirty-Fifth Session (Geneva, 6-9 June 2012) and the Thirty-Seventh Session (Batumi, 14-18 October 2013)

están disponibles y frecuentemente no tienen un gran abanico de alternativas si se quiere alcanzar ciertos objetivos.

En la COP24, de diciembre de 2018, se dio una situación que grafica bien esta tensión. Algunos años antes, en 2015, al momento de la adopción del Acuerdo de París, la COP21 solicitó al IPCC generar un informe especial sobre los impactos de un calentamiento global de 1,5° por sobre niveles pre-industriales, así como aportar información sobre las trayectorias de emisiones de gases de efecto invernadero a nivel global necesarias para alcanzar esa meta.

En respuesta a esta petición, el IPCC elaboró y publicó un Informe Especial (SR15), aprobado y adoptado por las Partes en octubre del 2018, en vísperas de la COP24. Este informe tuvo un enorme impacto a nivel de opinión pública y de gobiernos, al poner en cifras concretas las reducciones de emisiones (incluyendo estimaciones por sectores de la actividad económica) que serían necesarias para cumplir con el Acuerdo de París. Entre otras cosas, el IPCC estimó que para evitar el calentamiento global por sobre 1,5 grados, se requería una rápida reducción en términos absolutos, de alrededor de un 45% de las emisiones al 2030, y que esta trayectoria debía llevar a la carbono-neutralidad a nivel global alrededor del 2050⁸.

Esto sin duda iba un paso más allá de lo consignado en el Acuerdo de París, que se refería solo a alcanzar los máximos de emisión a la brevedad y conseguir la carbono neutralidad “durante la segunda mitad del siglo”. Con ello quedaba en

8 IPCC, 2018: Summary for Policymakers. In: Global Warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty.

evidencia que la voluntad política expresada en el Acuerdo no iba de la mano con la realidad física que se experimenta en la atmósfera, y que se requería de una ambición mayor a la consignada en el texto del Acuerdo.

En uno de los párrafos más citados del informe especial del IPCC, se señala que las transformaciones requeridas para limitar el aumento de la temperatura a 1,5 grados implican transiciones rápidas y extendidas en todos los sectores de la economía, incluyendo sistemas industriales, infraestructura, energía, uso del suelo y desarrollo urbano. El reporte agrega que estas transformaciones no tienen precedentes en cuanto a su escala y dimensiones, e implica profundas reducciones de emisiones en todos los sectores, un amplio portafolio de opciones de mitigación y un aumento significativo de las inversiones en esas opciones⁹.

La COP24, a la cual le correspondía tomar conocimiento de este informe, tuvo un áspero debate sobre qué hacer con esta información. Mientras la mayoría de los países presionaron por “dar la bienvenida” al informe, un grupo de delegaciones señalaron que no podían adherir a ese lenguaje, que de alguna manera prescribía las implicancias de esta información en la generación de políticas. Finalmente, las negociaciones tuvieron una salida en “acoge con satisfacción la puntual finalización” del reporte¹⁰, lo que sin duda no hizo justicia a la importancia de los hallazgos y a la gravedad de la evidencia proporcionada.

Sin embargo, surgen dudas sobre lo adecuado de este uso de la ciencia a nivel multilateral. Por una parte, está la

9 IPCC, 2018, p.15

10 Decisión 1/CP.24, paragraph 26.

ya mencionada incongruencia entre lo que se busca como objetivo (no superar 1,5 grados de calentamiento global) con las medidas y compromisos asumidos para su materialización. Pero, por otra parte (y probablemente más relevante en el largo plazo), es la capacidad de mirar más allá de los mandatos textuales de las negociaciones e ir al fondo de lo que significa la información científica compilada por el IPCC. La información científica acumulada, especialmente traída a la luz por el informe especial del IPCC sobre 1,5°C, muestra que este objetivo no es un número al azar, sino que representa un punto de inflexión para evitar los efectos más graves e irreversibles del cambio climático. Si la observación de la ciencia implica que tal barrera se superará de no mediar medidas y políticas concretas, los países en sus deliberaciones no harían justicia a tal conocimiento sin abordar todas las dimensiones de este conocimiento.

El límite de lo que es prescriptivo y de lo que es necesario es así una frontera tenue con un fuerte componente ético y, por lo tanto, determinado por una discusión política sobre los costos de la inacción, que futuras generaciones deberán asumir.

LAS CONSECUENCIAS POLÍTICAS DE LA INFORMACIÓN CIENTÍFICA

Por lo tanto, en esta frágil frontera entre conocimiento y acción hay una tensión en pleno desarrollo y que enfrenta importantes preguntas que solo pueden ser resueltas mediante un diálogo político entre países y con la participación de observadores.

Para efecto del proceso intergubernamental bajo la Convención Marco se pueden identificar, al menos, tres grandes asuntos: i) la distribución justa del esfuerzo de reducción de

emisiones; ii) el financiamiento de la transición hacia sociedades bajas en emisiones y resilientes al clima, y por último, iii) hacerse cargo de los efectos adversos del cambio climático, tanto para adaptarse a ellos como para las pérdidas y daños irreversibles que se produzcan en cualquier escenario.

En primer lugar, la lógica política de diferenciación de esfuerzos, que es un principio de la Convención Marco, no funciona (o no es suficiente) en un análisis de control del aumento de la temperatura. Para limitar el calentamiento global, es necesario reducir las emisiones rápida y sustantivamente, y en todas las regiones del mundo, sin distinción, pues la atmósfera no reconoce diferencias entre fronteras territoriales o sobre los orígenes regionales de las emisiones. La Convención Marco no ha logrado dar una salida política a esta contradicción.

En este sentido, el último informe de síntesis disponible de las Contribuciones Determinadas a Nivel Nacional (NDCs, por su sigla en inglés) señala claramente que el esfuerzo colectivo de los países que son partes del Acuerdo de París no es suficiente¹¹. Los datos que provienen de la observación científica entregan los antecedentes necesarios para hacer estas estimaciones, pero el aumento de ambición para alinear los esfuerzos nacionales con los objetivos del Acuerdo de París es un tema de discusión política.

En segundo lugar, es necesario referirse al esfuerzo financiero para generar los cambios a los que se refiere el IPCC. Los cálculos de los costos de esta transformación apuntan

11 UNFCCC, 2021. Nationally determined contributions under the Paris Agreement. Revised Synthesis Report by the Secretariat. FCCC/PA/CMA/2021/8/Rev.1

a cifras muy significativas¹², que se han traducido en que se trata más bien de una reorientación de todos los flujos financieros hacia actividades compatibles con tal transición, que es lo que recoge el mismo Acuerdo de París en el artículo 2.1c.

Al igual que el esfuerzo de mitigación, la movilización de finanzas está también fuertemente diferenciada en la Convención Marco. En este sentido su Anexo II identifica a los países que tienen obligaciones financieras. El Comité Permanente de Finanzas de la Convención (*Standing Committee on Finance*), en sus estimaciones periódicas de los recursos que efectivamente se movilizan en el mundo, ha entregado una visión de todas las fuentes de financiamiento y de los destinos de tales flujos, reflejando un movimiento global de expansión¹³.

En tercer lugar, también es necesario reconocer que, en algunos países, especialmente los que tienen menos capacidades, los efectos adversos serán más severos. Ello se debe no solo al hecho de que algunos países puedan estar más expuestos a las amenazas al cambio climático, sino que también porque su nivel de desarrollo los hace más vulnerables y con menor capacidad adaptativa.

La transición hacia sociedades más resilientes implica importantes costos e intervenciones que frecuentemente no generan utilidades económicas inmediatas y, por lo tanto, que interesen a capitales privados. El Programa de Naciones

12 Standing Committee on Finance, 2021. Report of the Standing Committee on Finance. Addendum. Executive summary of the first report on the determination of the needs of developing country Parties related to implementing the Convention and the Paris Agreement

13 Standing Committee on Finance, 2021. Report of the Standing Committee on Finance. Addendum. Summary by the Standing Committee on Finance of the fourth (2020) Biennial Assessment and Overview of Climate Finance Flows.

Unidas para el Medio Ambiente ha estimado que los costos de adaptación de hoy son de US\$ 70 mil millones anuales, solo en los países en desarrollo, cifra que podría aumentar sustantivamente (rango con techo de US\$ 300 mil millones) al 2030¹⁴.

La pregunta de cómo se financia este esfuerzo adaptativo, especialmente en países con menos recursos y de bajas emisiones, solo se puede responder mediante colaboración internacional, sobre la base de la solidaridad y una mirada de más largo plazo que busque la estabilidad social y política de las naciones más afectadas por las crisis multidimensionales que el cambio climático puede agravar.

La capacidad adaptativa, sin embargo, tiene límites. En algunos casos, el cambio climático genera consecuencias frente a las cuales solo cabe constatar pérdidas y daños irreversibles. Ejemplos de ello son la desaparición de especies o ecosistemas, así como el desplazamiento humano, las pérdidas económicas por eventos climáticos extremos, o las pérdidas de territorios por el alza en el nivel del mar, que podría incluso llevar a la desaparición de pequeños estados-isla o comunidades dentro de realidades nacionales mayores.

En este punto la ciencia también tiene un rol central. Los importantes avances realizados por la comunidad científica para establecer una relación causal entre calentamiento global y efectos del cambio climático, especialmente en atribución de eventos extremos, fueron incluidos en el reporte del Grupo de Trabajo I del IPCC, presentado en agosto de 2021. Mientras tanto, los casos de litigación climática, donde ciudadanos u organizaciones de la sociedad civil recurren a

14 UNEP, 2020. Adaptation GAP Report.

tribunales nacionales para demandar a sus Estados para exigir mayor ambición, han aumentado significativamente desde el comienzo del siglo XXI¹⁵.

LA CIENCIA EN LA COP26: AVANCES, ESPERANZAS E INCERTEZAS

En la reciente COP26, en Glasgow, se registraron importantes avances para la conexión entre el conocimiento científico y mayor acción climática, en un contexto de un escenario político favorable al logro de avances.

El fuerte apoyo de algunos grandes emisores a la ambición climática basada en la ciencia, especialmente Estados Unidos, fue un factor gravitante para elevar el nivel de aceptación de la ambición climática sustentada en la evidencia científica.

En los días previos al inicio de la COP26, los países del G-20 habían acordado una declaración de Líderes¹⁶, en donde señala con claridad que nota con preocupación la información provista en los reportes de la ciencia, y se comprometen a tomar acción en mitigación, adaptación y finanzas durante esta década, sobre la base de la evidencia de los informes de evaluación publicados por el IPCC¹⁷.

Adicionalmente, durante la COP26, Estados Unidos y China acordaron y publicaron un comunicado conjunto en

15 Ver por ejemplo Setzer J and Byrnes R, 2020. Global trends in climate change litigation: 2020 snapshot. London: Grantham Research Institute on Climate Change and the Environment and Centre for Climate Change Economics and Policy, London School of Economics and Political Science.

16 Decisión bajo el ítem de agenda de SBSTA “Research and Systematic Observation”, párrafo 4. SBSTA 52-55.

17 La declaración del G20 se encuentra en <https://www.g20.org/wp-content/uploads/2021/10/G20-ROME-LEADERS-DECLARATION.pdf> (consultado por última vez el 19 de noviembre del 2021).

El Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente ha estimado que los costos de adaptación de hoy son de US\$ 70 mil millones anuales, solo en los países en desarrollo, cifra que podría aumentar sustantivamente (rango con techo de US\$ 300 mil millones) al 2030.

donde también dan un fuerte respaldo a la necesidad de mayor acción climática, sobre la base del conocimiento científico. Ambas partes se declaran “alarmadas” por los hallazgos del IPCC, en particular el informe de síntesis del Grupo de Trabajo I, que demuestra la gravedad del problema que presenta el cambio climático, y se comprometen a colaborar para una acción climática acelerada durante esta década, que al igual que el G-20, califican de “crítica”¹⁸.

Con este nivel de respaldo político de las grandes potencias emisoras, la COP26 no enfrentó las dificultades de citas anteriores para reconocer a la ciencia como punto de arranque de las decisiones. El lenguaje del G-20, que repite fórmulas de pasadas COPs, se encuentra reflejado en las conclusiones del ítem sobre “Investigación y observación sistemática”, donde nota con preocupación el estado del sistema climático global.

Por otra parte, en la COP26 se siguió avanzando en el proceso de la segunda revisión periódica de la meta global de largo plazo, a través de las reuniones del Diálogo Estructurado de Expertos, que continuará en la próxima reunión de los órganos subsidiarios de la Convención en junio del 2022.

Este proceso es muy relevante para la discusión ciencia-política. Mandatado en la COP25 en Madrid, en diciembre

18 El texto de la declaración Estados Unidos – China se encuentra en <https://www.state.gov/u-s-china-joint-glasgow-declaration-on-enhancing-climate-action-in-the-2020s/> (consultado por última vez el 19 de noviembre de 2021).

del 2019, bajo la Presidencia de Chile, la segunda revisión periódica es una instancia de diálogo con la activa participación de la comunidad científica, para analizar si la meta de temperatura es adecuada o no para los propósitos de la Convención. En su primera versión, la revisión tuvo una influencia decisiva en la negociación del Acuerdo de París, entregando importantes antecedentes para justificar una mirada más ambiciosa y enfocar los esfuerzos globales en torno al objetivo de limitar el aumento de temperatura a 1,5°C por sobre niveles pre-industriales¹⁹, entendida como una “línea de defensa” frente a las consecuencias del cambio climático.

Además de este desarrollo de temas científicos en la COP26, tal vez el logro más relevante de Glasgow es la inclusión en texto de decisión, referencia explícita a una de las principales conclusiones del reporte del IPCC sobre la meta de 1,5°. En efecto, en los párrafos 16 y 17 de la decisión 1/CP.26 se señala que la COP resuelve perseguir esfuerzos para limitar el calentamiento global a 1,5°, y reconoce que ello implica reducciones rápidas, profundas y sostenidas, incluyendo reducciones de emisiones de CO₂ de un 45% al 2030 en relación a los niveles de 2010, así como carbono-neutralidad global hacia mediados de siglo y reducciones profundas en otros gases de efecto invernadero.

Así, la voluntad política que se venía anunciando desde la reunión del G-20, dio pie a que la información de la ciencia fuera adoptada como compromiso político. Ello permite proyectar un nivel de acción climática más elevado, sobre la base de estos acuerdos y de la urgencia que señala la ciencia para cumplir con lo pactado en el Acuerdo de París.

19 SBSTA, SBI (2015). Report on the Structured Expert Dialogue 2013-2015.

CONCLUSIONES

El desarrollo del conocimiento científico ha sido el punto de partida y origen de la respuesta política y multilateral frente al cambio climático. Esta relación se ha mantenido a lo largo de los 25 años de la Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático, y la reunión de sus Estados Parte, o Conferencia de las Partes (COP) que se realiza cada año.

A pesar de esta relación de gran cercanía, la discusión multilateral y los arreglos intergubernamentales para hacerle frente a las causas y consecuencias del calentamiento global no ha dado lugar a un marco eficaz y oportuno de acción. Contrario a lo que se podría esperar luego de un cuarto de siglo de implementación, la concentración de gases de efecto invernadero sigue aumentando desde la adopción y ratificación de la Convención Marco.

La observación científica ha dejado constancia de la gravedad de esta brecha, y ha entregado una imagen inequívoca de su origen antrópico. Más recientemente, y a petición de la misma COP, la actividad científica nos ha provisto de evidencia del alejamiento entre la visión política del Acuerdo de París (limitar el calentamiento global a 1,5°C) y las consecuencias implícitas en nuestro comportamiento e inacción.

La década que va entre 2020 y 2030 es particularmente importante para reconciliar el conocimiento con la acción multilateral. La presentación de numerosas (aunque aún insuficientes) contribuciones nacionalmente determinadas -NDCs - con objetivos más ambiciosos al 2030 es una señal positiva, complementada además por el anuncio de diversos países, incluyendo casi todos los grandes emisores, de compromiso con metas de carbono-neutralidad para mediados

de siglo. Sin embargo, permanecen muchas dudas sobre cómo alinear estos propósitos de largo plazo con las metas al 2030, que debieran ser entendidas como puntos intermedios de una trayectoria hacia emisiones netas cero.

Sin perjuicio de estos desafíos y de las brechas de consistencia que se han observado en la relación conocimiento-acción diplomática, es necesario recordar que el cambio climático sigue siendo una tarea que solo se puede resolver a partir del trabajo multilateral. Como se ha señalado al comienzo de este artículo, ningún país o grupo de países puede ofrecer por sí solos una respuesta eficiente y duradera al desafío de controlar el calentamiento global.

La mejor herramienta que tenemos, por lo tanto, sigue siendo el Acuerdo de París, y es necesario seguir avanzando en su plena implementación, teniendo como guía la mejor ciencia disponible. La realización anual de las Conferencias de las Partes son la oportunidad para acelerar la transición, encontrar vías de acuerdo e identificar oportunidades de colaboración. En este sentido, el multilateralismo es una herramienta indispensable.

Parte 3

El desarrollo sostenible: un imperativo post COVID-19

Vías para el cambio cultural intencional hacia la sostenibilidad:

una propuesta aplicada desde la “Rueda de Cambio de Comportamiento”
y la Diplomacia Científica

*Johana Cabrera**
*Gabriel Prosser Bravo***

La evidencia expone que existe una responsabilidad directa de la humanidad en el aceleramiento del cambio climático. Este fenómeno está y continuará afectando a todas las latitudes del planeta, poniendo en riesgo a la existencia de la humanidad y el ecosistema terrestre. De esta forma, se torna necesaria una respuesta mancomunada a nivel individual y colectiva, para poder revertir la compleja situación alcanzada.

En este sentido, para lograr una efectiva preparación y respuesta ante la emergencia ambiental, es necesario promover un cambio cultural intencional en cada uno de los territorios, en pos de lograr un estilo de vida sostenible y personas conscientes de la actual emergencia climática y su impacto en estas y las venideras generaciones de especies en el planeta.

* Docente e investigadora Universidad de Santiago.

** Docente e investigador Universidad Academia de Humanismo Cristiano.

Para lograr una efectiva preparación y respuesta ante la emergencia, es necesario promover un cambio cultural intencional en cada uno de los territorios, en pos de lograr un estilo de vida sostenible y personas conscientes de la actual emergencia climática.

Para poder tener una vida sostenible es entonces necesario promover un comportamiento proambiental, incluyendo aristas como: el consumo responsable de energías y materias, el bienestar humano, la tecnología, la economía circular, así como también los estilos de vida con una visión ética menos antropocéntrica (sostenibilidad fuerte), incluyendo aristas individuales, organizacionales y sociales.

Expertos en la ciencia del “cambio cultural intencional” expresan que lo anterior se puede realizar de manera sistemática y rigurosa, incorporando evidencia científica para prevenir, promocionar y mantener comportamientos específicos en pro del medio ambiente.

Debido a que el comportamiento ambiental debe ser abordado desde una concepción global, consideramos atingente incorporar la concepción y la acción desde el enfoque de la diplomacia científica, incluyendo la perspectiva multiactor para lograr beneficios sociales y ambientales mediante la potenciación del nexo entre ciencia, diplomacia y política exterior.

En ese marco, este artículo presenta una propuesta aplicada para un cambio cultural intencional, considerando la diplomacia científica y la ciencia del comportamiento (Ciencia en la Diplomacia) por medio de un modelo basado en la evidencia para la promoción de una conducta denominada “Rueda de Cambio de Comportamiento-BCW”, para

promover conductas proambientales. Finalmente, se ofrecen conclusiones y limitaciones de dicha propuesta.

EL CALENTAMIENTO GLOBAL Y LA RESPONSABILIDAD DIRECTA DE LA HUMANIDAD

Según señala el último informe del Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC) “Climate Change 2021: The Physical Science Basis” (2021), la crisis planetaria se ha agudizado debido al constante aumento de la emisión de gases de efecto invernadero (GEI), llegando en mayo de 2021 a la cifra más alta de los últimos 800.000 años del planeta. Esto ha significado actualizar los posibles escenarios futuros para 2100: donde aumentará la temperatura promedio del planeta entre 1,8° y 5,6°; existirá una mayor probabilidad de eventos climáticos extremos, y un derretimiento paulatino de parte de Groenlandia y la Antártica, pudiendo aumentar en promedio el nivel del mar entre 14 a 114 centímetros.

Según el mismo informe, existe evidencia sobre la responsabilidad directa de la humanidad en los niveles de emisión de GEI. Ante ello, el IPCC (2021) enfatiza que el cambio climático afectará a todas las latitudes del planeta y que es necesaria una respuesta mancomunada para poder revertir la compleja situación alcanzada. En este sentido, para lograr una efectiva preparación y respuesta ante la emergencia es necesario promover un cambio cultural intencional en cada uno de los territorios, en pos de lograr un estilo de vida sostenible y personas conscientes de la actual emergencia climática (González-Gaudio & Maldonado-González, 2017).

En este marco global, el cambio climático ha sido evidentemente acelerado por los seres humanos y causado por fenómenos como la sobrepoblación y la explotación de los

recursos. Por esto, se ha tornado en una de las amenazas más complejas a las que los gobiernos, sociedades e individuos de todo el mundo nos hemos visto enfrentados (World Economic Forum, 2019). Esta amenaza tiene y continuará teniendo en nuestro planeta repercusiones de tipo económicas, sociales y políticas, incluso afectando la misma existencia humana y el bienestar global del planeta y de los seres que lo habitan (Watts et al., 2017; Kurup, Levinson, & Li, 2020).

Asimismo, de cara al futuro, se proyectan riesgos cada vez más extremos. Esto implica un incremento de condiciones críticas de sobreexplotación, inequidad climática y falta de justicia ambiental, como también de emergencias climáticas tales como: la devastación de corales, bosques, mares y toda fuente de biodiversidad; el aumento de desastres tales como las sequías, tormentas, la deforestación, las inundaciones, las erosiones del suelo e inundaciones (IPCC, 2018). Todos estos fenómenos, a su vez, tendrán un impacto directo y potencialmente destructivo sobre los estilos de vida y los asentamientos humanos (Tebaldi, Ranasinghe, Vousdoukas, et al. 2021; NASA, 2018).

Dicho esto, el calentamiento global afectará especialmente a aquellos que son más vulnerables. Se visualiza una profundización en problemáticas críticas como salud, seguridad alimentaria, maternidad, crianza, seguridad del agua, identidad cultural, bienestar individual y colectivo (Watts et al., 2017). En esta realidad es importante considerar las poblaciones que son y serán más impactadas, como las mujeres, personas con discapacidad, etnias, niños, grupos minoritarios como migrantes, grupos socialmente marginalizados, dado su lugar geográfico de residencia, capital cultural y estatus económico, entre otros (Banco Mundial, 2021).

Es urgente que como sociedades del mundo y desde una perspectiva multiactor, se tomen decisiones serias respecto de las emisiones de GEI, las acciones de mitigación o adaptación ante el cambio climático, y a toda estrategia transnacional y local que busque abordar la emergencia global.

A pesar de los ya más de 40 años de alerta por parte de la comunidad científica (IPCC, 2018; Meadows et al., 1978), esta alarmante situación no se ha traducido en una generalizada y efectiva responsabilidad por parte de la población global (Organización de Naciones Unidas, 2019), existiendo aún desalentadores resultados en cuanto a conductas proambientales se refiere (Chawla & Derr, 2012; Mc Hill et al., 2014; Steg & Vlek, 2009).

Esto se debe, en parte, a una estructura institucional y transnacional que no deja del todo atrás el negacionismo, el reduccionismo o el relativismo del problema (World Economic Forum, 2018; ONU, 2019), siendo posible hoy en día no privilegiar en las agendas gubernamentales la acción climática como norte. De esta manera, conviven Estados líderes en la lucha contra el cambio climático, y otros que, sustentados en el negacionismo o en la falta de presión social y transnacional, han decidido hacer caso omiso a las necesidades de desarrollar dispositivos efectivos en el aumento de las conductas proambientales y prosociales de la población.

Por este motivo, en eventos internacionales como las Conferences of Parties (COP), recientemente organizada por Chile, coexisten discursos que niegan el problema del cambio climático, otros que disminuyen su gravedad, y otros en los que se culpa a las demás naciones o se aduce una imposibilidad de acción (Bueno, 2016; 2018). En definitiva, una falta de claridad en la unidad del discurso que de esas instancias

emerge: tales como que existe la posibilidad, al menos discursiva, de que el cambio climático no sea una urgencia inmediata, pudiéndose hacer oídos sordos de las recomendaciones científicas y los movimientos sociales (Prosser et al., 2020).

Aún más, existe una serie de barreras sociales, económicas y psicológicas, que provocan que la gente se sume a estos discursos de negacionismo o relativismo (Gifford, 2011; Lacroix et al., 2019), lo que claramente impacta en las capacidades que tienen los grupos humanos de mitigar y adaptarse al cambio climático. Dado estos antecedentes, una serie de organizaciones sociales, activistas, diplomáticos y comunidades de científicos, han puesto especial acento en la necesidad de fomentar efectivos cambios comportamentales a nivel individual y colectivo (O’Flaherty & Liddy, 2017; Schultz, 2014).

Un ejemplo de estas acciones a nivel colectivo es el Acuerdo de París de 2015, mientras que a nivel individual se han identificado acciones como la creación de huertas comunitarias, la instalación de fuentes de energía renovables y la gestión integral de los residuos domiciliarios, por nombrar algunas (Mahapatra & Ratha, 2016; Morgan, 2016). Es relevante transmitir que son acciones que buscan nivelar los GEI de similar manera a los avances tecnológicos que se han creado para esta reducción (e.g. recolectores de mar, ladrillos que absorben MP2.5, árboles artificiales).

Es aquí donde se torna indispensable unir la idea de comportamiento proambiental o de acción climática con el concepto de sostenibilidad. Para el presente documento se utiliza la siguiente definición y reflexión: “sostenibilidad significa satisfacer nuestras propias necesidades sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus pro-

pías necesidades. Además de los recursos naturales, también necesitamos recursos sociales y económicos. La sostenibilidad no es solo ambientalismo. Incrustada en la mayoría de las definiciones de sostenibilidad también encontramos preocupaciones por la equidad social y el desarrollo económico”.

Como expresaban hace ya casi 50 años Robert Solow (1974) y John Hartwick (1977), existe la necesidad de incorporar en esta concepción sobre la acción ambiental a la tecnología, el bienestar humano, la economía ecológica y circular, como también los estilos de vida con una visión ética menos antropocéntrica (sostenibilidad fuerte). Dicho de otra forma, la conducta proambiental no debe estar orientada meramente al desarrollo de una economía ecológica con un consumo de energía y materiales apenas más responsable, pues esta orienta los cambios tecnológicos como sustitutos de los recursos naturales (sostenibilidad débil). La propuesta, entonces, del presente capítulo es defender la idea de un cambio cultural intencional hacia la sostenibilidad fuerte, que se sustente en un cambio conductual personal y colectivo.

CAMBIO CULTURAL INTENCIONAL PARA LA CONDUCTA PROAMBIENTAL

Dado el marco global ofrecido anteriormente, se torna adecuado indagar respecto de lo que se denomina como “Cambio Cultural Intencional” para la conducta proambiental individual y colectiva. El cambio cultural ha sido objeto de estudio de la historia y las ciencias políticas. Sin embargo, en el último tiempo se ha evidenciado un análisis más amplio de este campo para el entendimiento del cambio cultural, dada la aparición de una serie de aproximaciones más sistemáticas y rigurosas desde las ciencias del comportamiento (Varnum y Grossmann, 2017).

Algunos conceptos relevantes a considerar en este campo son la Cultura, entendida como las normas e ideas compartidas por un grupo de personas en una locación geográfica o territorio; Cambio Cultural, como el cambio de conductas, normas e ideas de un grupo de personas en una ubicación geográfica o territorio a través del tiempo; Evolución Cultural, como el estudio del cambio cultural con foco en el proceso evolutivo en el desarrollo y transmisión cultural; Aproximación Ecológica, aproximación interesada en las causas de variaciones culturales específicas, así como de evoluciones culturales macro a través del tiempo, haciendo énfasis en las respuestas a presiones ecológicas particulares), y por último, las Dimensiones Ecológicas, como aquellos elementos físicos y sociales que potencian la adaptación psicológica y comportamental.

Todas estas ideas hacen diálogo con lo expuesto por Michael Varnum e Igor Grossmann en su artículo titulado “*Cultural Change: The How and the Why*” (2017), en cuanto expresan que la cultura no es estática, ofreciendo perspectivas para entender y actuar en relación con el cambio cultural: 1) el enfoque de evolución cultural, y 2) el enfoque ecológico.

Respecto de la evolución cultural, este enfoque cree que el desarrollo de la cultura es análogo al proceso de evolución biológica (transmisión de información en vez que transmisión de genes). Este enfoque ha identificado algunos datos de interés en este ámbito como, por ejemplo, que la transmisión de información es un componente central para la evolución cultural, pero que -sin embargo- muchas veces esta información ha estado sesgada por el transcurso de las generaciones o grupos. Asimismo, se ha identificado que cuando la información está más relacionada con sobrevivencia, amenazas y leyendas urbanas que causen asco, esta sería más recordada

y transmitida. Sin embargo, se ha argumentado que la comunicación por sí misma no es suficiente para explicar el fenómeno y potenciación del cambio cultural.

Por otro lado, el enfoque ecológico, identifica como punto de partida diferentes posibilidades y limitaciones ecológicas que promueven patrones psicológicos, comportamentales, valóricos y normativos (o productos culturales). Estos han evolucionado de manera adaptativa para potenciar la transmisión de genes ante las circunstancias ecológicas de la humanidad. Algunas de estas dimensiones ecológicas que afectan el cambio cultural serían, por ejemplo: la escasez o abundancia de recursos; la prevalencia de patógenos; o la densidad poblacional.

Una de las potencialidades del modelo ecológico, a partir de los análisis históricos realizados, es que tiene capacidad para predecir ciertos aspectos conductuales y valóricos de la humanidad. Por ejemplo, por medio de estudios científicos, en el mencionado estudio de Varnum y Grossmann (2017) se recopiló evidencia sobre las siguientes circunstancias ecológicas y sus correspondientes respuestas evocadas en seres humanos (ver Tabla 1).

Al respecto, es relevante integrar a esta visión el modelo para un cambio cultural intencional ofrecido por Anthony Biglan y Dennis Embry (2013), que afirma que las ciencias del comportamiento pueden promover sistemáticamente la evolución de prácticas culturales, que son toda práctica humana, comportamientos en general, arte, literatura, agricultura, guerra, procreación, etc. En ese sentido, una ciencia de la evolución cultural intencional deberá por tanto buscar influenciar e incidir sobre las conductas y acciones de individuos, grupos y organizaciones.

Tabla 1. Presión Ecológica y respuestas evocada

Presión Ecológica	Ejemplificación presión ecológica	Respuesta Evocada
Prevalencia de patógenos	Ejemplo de Patógenos: COVID -19 a nivel mundial	*Estrategias históricas cortas versus largas. *Preferencias en la selección de pareja. *Individualismo - colectivismo. *Agresión. Confianza *Sesgo intergrupual Tensión- holgura
Densidad poblacional	Ejemplo de densidad poblacional: India y el mundo	*Estrategias históricas cortas versus largas. *Competencia.
Abundancia / limitados recursos	Ejemplo: Desigualdad económica a nivel nacional y mundial	*Estrategias históricas cortas versus largas. *Individualismo, colectivismo. *Tolerancia - desprecio.
Inequidad en la distribución de los recursos	Ejemplo: Desigualdad económica a nivel nacional y mundial.	*Agresión

Vías para el cambio cultural intencional hacia la sostenibilidad:

una propuesta aplicada desde la "Rueda de Cambio de Comportamiento" y la Diplomacia Científica

Desbalance Proporción de los sexos	Ejemplo: China y los efectos de la política de un sólo hijo.	*Agresión *Preferencias en la selección de pareja
Amenazas (conflicto externo, guerras, etc.).	Ejemplo: Narcotráfico	*Agresión. *Cooperación. *Tensión- holgura
Modo de subsistencia	Ejemplo: Culturas de occidente en base al individualismo y el materialismo.	*Estilo Analítico versus estilo cognitivo holístico. *Individualismo – colectivismo
Asentamiento de frontera	Ejemplo: Poblaciones de migrantes asentadas a lo largo de corredores migratorios.	*Estilo Analítico versus estilo Cognitivo Holístico. *Individualismo - colectivismo *Conformidad
Movilidad residencial	Ejemplo: Caravanas de migrantes.	*Individualismo - colectivismo *Movilidad relacional.

Fuente: Traducción y modificación propia en base a la tabla de Varnum y Grossmann (2017)

Desde esta perspectiva, en el último tiempo ha empezado a resurgir el contextualismo funcional en las ciencias del comportamiento, enfoque que tiene por meta identificar las variables que van a permitir predecir e influenciar alguna conducta o acción deseada, para el presente caso: la conduc-

ta proambiental. El modelo del Contextualismo Funcional promueve el establecimiento de valores y metas, que en el caso de la conducta proambiental estaría relacionado con el bienestar de los seres humanos y de la naturaleza en general.

Sin embargo, aún con la evidencia científica para prevenir, promocionar y tratar comportamientos específicos, no se ha evidenciado una modificación en la prevalencia de algunos comportamientos de interés. Biglan y Embry (2013) sugieren diversas variables y principios para promover prácticas culturales benéficas, las que pudieran ser consideradas a la hora de trabajar con la conducta proambiental:

- 1.- Promover conductas, valores y actitudes que se orienten al bienestar personal y social, estando especialmente relacionados con los entornos de cuidado, prosocialidad, flexibilidad psicológica, cooperación, empatía, etc.
- 2.- Minimizar los entornos tóxicos, tanto psicológicos como biológicos, como también las conductas antisociales y antrópicas. Esto incluye la agresión, el abuso verbal, la coerción y el fraude, entre otras.
- 3.- Utilizar la ciencia para respaldar aquellos programas, prácticas y tratamientos basados en la evidencia. Promover evaluaciones que permitan establecer la efectividad de éstos a la hora de fomentar conductas prosociales y proambientales.
- 4.- Fortalecer la investigación científica sobre el bienestar y la conducta proambiental.
- 5.- Construir sistemas para monitorear y promover el bienestar desde la promoción y no desde el control de individuos, familias, escuelas y lugares de trabajo, por medio de la minimización de las prácticas punitivas y el refuerzo positivo de conductas prosociales y proam-

bientales. Es importante enfocarse en la potencialidad de la autorregulación del individuo y no desde una óptica de control de la ciudadanía.

6.- Valorar y reconocer que las organizaciones juegan un rol de importancia en el cambio social. Dentro de los actores necesarios a considerar para propiciar conducta sustentable, se incorporan los *stakeholders* gubernamentales, organismos internacionales y transnacionales, el sector académico y de investigación, el sector privado, la sociedad civil organizada, los medios de comunicación y opinión pública (redes sociales), entre otros.

7.- Establecer de manera clara el rol de las políticas públicas en la promoción del cambio cultural intencional.

8.- Fortalecer el rol de los medios de comunicación y redes sociales en la promoción del cambio cultural intencional y del desarrollo de la conducta proambiental.

9.- Detectar los potenciales peligros relacionados al uso y mal uso de la ciencia para el cambio cultural intencional.

CONDUCTA Y CAMBIO CULTURAL PROSOCIAL - ACTUALIDAD

En la actualidad existen países, regiones y territorios particulares que se han propuesto el objetivo de la sustentabilidad como norte, diseñando e implementando iniciativas que buscan desarrollar en la ciudadanía global una mayor conducta proambiental (García-Pérez & Moreno-Fernández, 2015; Sauvé, 2013). Aquí campos como la Educación Ambiental, la Comunicación Ambiental, la Educación para el Desarrollo Sostenible o la Educación para el Cambio Climático, han sido terreno fértil para reflexionar sobre las mejores y más probadas estrategias en la consecución de estos objetivos (Monroe et al., 2017; Wibeck, 2014).

Aún en estos contextos, no toda la población termina desarrollando una conducta proambiental, lo que lleva a cuestionar ciertos factores personales que puedan subyacer al efectivo desarrollo de estas (Collado-Ruano, 2016; O’Flaherty & Liddy, 2017). Así, teorías como los Dragones de la Inacción de Robert Gifford (2011; 2013), la Teoría de Valores de Schwartz (2012) o Inglenhart (2009), o la Teoría del Comportamiento Planeado, de Martin Fishbein e Icek Ajzen (2005), han intentado dar cuenta de aquellos factores sociales, culturales o psicológicos de las personas que pueden explicar su incapacidad de exhibir una conducta proambiental.

En un primer lugar se le dio gran relevancia a las barreras psicológicas de la inacción, pudiéndose constatar ciertos factores fundamentales como los que se vislumbran en la Tabla 2. Más adelante, y gracias a una serie de estudios surgidos desde el Sur Global, se pudo sumar también importancia a factores como la pobreza, la falta de educación, la falta de acceso a servicios sociales y otros que tenían un gran peso explicativo en el desarrollo de las conductas (Coelho et al., 2017; Gifford & Nilsson, 2014; Tyers et al., 2019).

Esta situación, lejos de aportar nuevos nortes, arrojó más bien un manto de dudas e incertidumbre. Si bien estas “barreras cognitivas” y sociales explicaban con fundamento la inacción, durante muchos años se siguió un modelo erróneo de evaluación de las conductas proambientales, haciendo una ecuación simplificada en base a los siguientes componentes (Abrahamse et al., 2012; Anderson et al., 2012):

$$\pm\text{Información(I)} = \pm\text{Conocimiento (C)} = \pm\text{Actitud} = \pm\text{Comportamiento}$$

Lamentablemente, estudios recientes permitieron señalar que una ecuación como la exhibida no tenía sustento en

Tabla 2. Barreras psicológicas para la acción climática

Categoría	Subcategorías	Descripción
Cognición limitada	Cerebro antiguo	El cerebro humano está hecho para pensar sobrevivir a las situaciones del ahora, no respecto de un peligro que se percibe incierto y distante.
	Ignorancia	No conocer sobre las problemáticas socioambientales o no saber qué acciones hacer al respecto y si estas generarán resultados.
	Entumecimiento ambiental	No somos conscientes de los efectos negativos del cambio climático hasta que afectan nuestro entorno inmediato.
	Incertidumbre	Incerteza de cuáles serán los efectos del cambio climático, cuándo ocurrirán, dónde o a quiénes.
	Infravaloración de las consecuencias locales	Se ven los efectos del cambio climático como algo lejano espacial y temporalmente, por lo que no se cree necesario actuar responsablemente a nivel local y presente.
	Sesgo de optimismo	Extremado optimismo ante los efectos del cambio climático y las posibles soluciones que pueda plantear la especie.
	Ineficiencia de las acciones individuales	Como el cambio climático es un problema de gran escala, creemos que nuestras acciones individuales no aportan a la solución.

Justificación ideológica	Cosmovisión	Visión capitalista del mundo que cree que la mejora en la capacidad adquisitiva de las personas es un argumento suficiente para considerar esto por sobre las consecuencias negativas del desarrollo ilimitado.
	Supernaturaleza	Confianza en que los poderes de la naturaleza van más allá de la acción humana y que está sabrá enmendar su rumbo sin la necesidad de nuestra ayuda.
	Tecnosalvación	Confianza en que la tecnología logrará finalmente poner solución a todos nuestros problemas ambientales.
	Justificación del estatus quo	No se ve al cambio climático como motivo suficiente para alterar sustancialmente nuestros estilos de vida.
Sesgo de comparación	Comparación social	Comparamos nuestras acciones con el resto de la sociedad, lo que puede llegar a justificar la carencia de acciones proambientales.
	Normas y redes sociales	Tanto las normas y patrones culturales de nuestra comunidad o familia, como las redes sociales pueden generar patrones de negacionismo o relativismo, producto de seguir la opinión de ciertas mayorías.

Vías para el cambio cultural intencional hacia la sostenibilidad:

una propuesta aplicada desde la "Rueda de Cambio de Comportamiento" y la Diplomacia Científica

	Inequidad percibida	Se justifica la inacción producto de la falta de compromiso de los sectores económicos más poderosos o de los países con más altos niveles de GEI.
Evaluación de costos	Inversiones financieras	No se desea cambiar el gasto económico que sustenta un estilo de vida cómodo por un estilo de vida más sustentable.
	Cambio de hábitos	Los cambios de la vida cotidiana suelen ser difíciles de materializar o suelen tomar mucho tiempo.
	Conflicto de valores y metas	No existe disposición a renunciar a aspiraciones y proyectos personales, aunque éstos puedan generar un impacto ambiental negativo.
	Falta de apego a un lugar	Esta falta de apego al lugar que vivimos nos puede llevar a darle baja importancia a que se le sobreexplota o se dañe en términos ambientales.
Desacreditación	Desconfianza	La baja confianza en científicos, gobiernos e inclusive en movimientos sociales puede llevar a una baja consideración del cambio climático.
	Políticas públicas erróneas	Sensación de que las decisiones y estrategias gubernamentales son insuficientes o ineficaces, que muchos programas ambientales son voluntarios o no tienen sanciones severas por su incumplimiento.

	Negación	Por una serie de motivos, la desacreditación del cambio climático puede llevar a una activa negación de que las conductas individuales puedan tener un efecto positivo frente al cambio climático.
Riesgo percibido	Riesgo físico / riesgo financiero/ riesgo social / riesgo psicológico	Sensación de que por una serie de motivos el realizar acciones sustentables o proambientales pudiera significar un riesgo para mi persona, calidad de vida, condición física, económica, psicológica y de estatus social.
Comportamiento limitado	Tokenismo	Excesiva realización de aquellas acciones más populares y fáciles de hacer, las que a su vez son las que generan un menor impacto. El problema reside en aquellas personas dispuestas sólo a incorporar este tipo de hábitos.
	Efecto rebote	Una serie de comportamientos que inicialmente producen menos GEI (como el consumo de ciertos productos ecológicos), pero que, a la larga, y debido a la mantención de la lógica de sobreconsumo, terminan por generar más GEI.

comunidades pobres, ni tampoco en aquellas con ciertas orientaciones políticas que colindan con el negacionismo científico, mucho menos en contextos donde la estructura de oportunidades no permite la acción ambiental (Barazarte et al., 2014; De Poewe et al., 2017; Green, 2015; Prosser et al., 2020). Cabe precisar al respecto que un buen número de evaluaciones constató un quiebre al final de la ecuación,

no pudiéndose aseverar con certidumbre el que estas otras dimensiones sean realmente predictoras de la conducta proambiental (Bamberg & Möser, 2007; Coelho et al., 2017; Gericke et al., 2016; Olsson et al., 2017).

Aquí cabe utilizar la expresión “no basta con la semilla, se ha de acompañar el árbol”, en el pleno sentido de que de la mera introducción de información y nuevos conocimientos no es garante del desarrollo de nuevas conductas (Prosser et al., 2020). Esto debe venir acompañado de una experiencia con pares, de oferta formativa y de dispositivos estatales y ciudadanos que faciliten la emergencia de las iniciativas de educación, comunicación y sensibilización sobre medio ambiente y cambio climático (González-Gaudio & Arias-Ortega, 2016; Wibeck, 2014).

Por esto, hoy en día se utilizan expresiones como una “visión integral” u “holística” respecto de la conducta proambiental (Amérigo et al., 2017; Brick & Lewis, 2016; Stern et al., 2014). Por un lado, es necesario integrar los niveles ecológicos donde se sitúa esa conducta y los factores contextuales que le atañen; como también, por otro lado, es importante profundizar en las diversas dimensiones individuales que influyen en la expresión de estas conductas. Esto implica, en primer lugar, entender que el desarrollo de la conducta proambiental debe ser un esfuerzo multiactor y multinivel para, en segundo, ser evaluado y monitoreado en consideración de más factores que el conocimiento y las actitudes (e.g. disposición, participación social en organizaciones, compromiso, identidad ambiental).

UNA PROPUESTA APLICADA PARA POTENCIAR LA CONDUCTA PROAMBIENTAL, CONSIDERANDO LA DIPLOMACIA CIENTÍFICA, LA CIENCIA DEL CAMBIO CULTURAL INTENCIONAL Y LAS CIENCIAS DEL COMPORTAMIENTO

Una opción para aportar a esta problemática podría ser incorporar la perspectiva desde la “Diplomacia Científica”, la cual ha sido definida como “un concepto paraguas que engloba un amplio abanico de políticas, instrumentos, actividades, espacios y procesos en los que interactúan la ciencia y la política exterior, con consideraciones nacionales e internacionales (tanto bilaterales como multilaterales)” (Gual Soler, 2021).

Consideramos que la acción en diplomacia científica podría ser beneficiosa para promover una conducta proambiental desde la óptica multiactor, teniendo facilidades para integrar el mundo científico y la política exterior. En ese sentido, se proponen los siguientes tres caminos:

1.- Ciencia en la diplomacia: ciencia para informar el desarrollo de políticas y programas para promover la conducta proambiental de manera local y global, haciendo uso de la evidencia científica, en este caso, ciencias del comportamiento desde una aproximación interdisciplinaria, considerando el comportamiento individual y grupal. En este camino también se incluye la incorporación de otras áreas, como la ciencia de la implementación, la ciencia del cambio cultural intencional, la adaptación cultural, etc. Asimismo, está relacionada con la creación de indicadores para medir la efectividad de las políticas y programas de manera conjunta, a un nivel nacional e internacional

2.- Diplomacia para la ciencia: diplomacia para potenciar la cooperación científica, políticas y proyectos conjuntos a nivel nacional e internacional, en temáticas como: la conducta proambiental; el bienestar individual y social; la sostenibilidad; adaptación de modelos basados en evidencia en pos de la conducta proambiental, considerando la interdisciplina en áreas como las ciencias del comportamiento, la ciencia del cambio cultural intencional y la ciencia de la implementación, entre otros.

3.- Ciencia para la diplomacia: ciencia como un instrumento de paz para fomentar el bienestar, la sostenibilidad, la cooperación global y la reducción de conflictos.

Dentro de acción será, entonces, importante reconocer a los actores (universidades, empresa privada, sociedad civil, etc.), la unidad de análisis (al individuo, el grupo, la sociedad y el contexto) y niveles de acción-promoción de la conducta objetivo, prevención de conducta indeseada, cambio de conducta, mantención de la conducta-objetivo).

El esfuerzo diplomático orientado al nivel más individual y de la conducta personal debe venir acompañado de un proceso de sensibilización y empoderamiento de las personas, en pos de que estas acciones se vean potenciadas, replicadas y escaladas a nuevos contextos, en los cuales se fomente efectivamente el desarrollo del cambio cultural intencional mencionado anteriormente.

Por lo tanto, para propiciar un cambio cultural será necesario enfocarse en una implementación efectiva de intervenciones basadas en evidencia para el cambio comportamental en pro de la conducta proambiental.

Las intervenciones para el cambio comportamental pueden ser definidas según Michie, van Stralen & West (2011) como un “*set coordinado de actividades diseñado para cambiar ciertos patrones de comportamiento*”. Para trasladar la ciencia a la práctica necesitamos desarrollar ciencia y tecnología para el cambio del comportamiento, y ofrecer esta experiencia y conocimiento a aquellos que diseñan la política pública e internacional.

Específicamente para el cambio conductual proambiental la literatura ofrece teorías que se han usado para explicarla (motivaciones basadas en las actitudes, creencias, valores, autorregulación etc.) y promoverla.

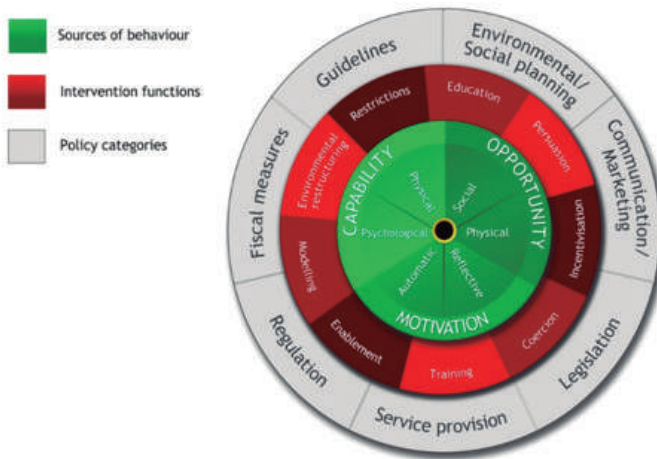
Este artículo presenta una propuesta aplicada utilizando como punto base una aproximación desde el modelo basado en evidencia para la promoción de una conducta, denominado “Rueda de Cambio de Conducta-BCW”, el cual será adaptado para promover conductas proambientales.

RUEDA DE CAMBIO DE COMPORTAMIENTO (BWC) PARA PROMOVER CONDUCTAS PROAMBIENTALES A NIVEL LOCAL Y GLOBAL

La Rueda de Cambio de Comportamiento (BCW) es producto de una síntesis de 19 marcos de cambio de comportamiento identificados en una revisión sistemática de la literatura liderada por Susan Michie y sus colaboradores (2011; 2014). A los 19 marcos se les evaluó la exhaustividad, coherencia y vínculos con un modelo de comportamiento. Se obtuvo que ningún marco cumplía con los tres criterios, que existía cierto grado de superposición entre los marcos, y que en ocasiones se sintetizaron en un marco dos niveles de análisis distinto.

Para el equipo de autoras esto se soluciona mediante un modelo comprensivo como lo es la BCW, dado que todas sus funciones de intervención y categorías de políticas están vinculadas a un modelo de comportamiento desarrollado por el mismo equipo de colaboradores: el modelo de comportamiento capacidad, oportunidad y motivación (COM-B). A partir de este se estructura la BCW en tres capas envolventes (ver Figura 1), las cuales sitúan al centro los componentes COM-B; en un segundo nivel a nueve funciones básicas de intervención, y en el nivel más exterior a los siete tipos de política identificados por Michie y sus colaboradores (2011; 2014). Lo anterior estaría constituido en el ámbito de la “Ciencia en la Diplomacia” o sea, ciencia para informar el desarrollo de políticas y programas para promover la conducta proambiental de manera local y global.

Figura 1. Diagrama de la Rueda de Cambio de Comportamiento



Fuente: Michie et al., (2011).

Dada su flexibilidad, la BCW permite el análisis multinivel, multiactor y profundizar tanto en aspectos estructurales como también en aquellos vinculados a la organización social de los sistemas y la subjetividad de las personas y comunidades. Por este motivo, a nivel internacional la BCW ha servido para el diseño y análisis de intervenciones en el campo de la salud mental (Chiang et al., 2018), el autocuidado (Richardson et al., 2018), la prevención en el consumo de drogas (Fulton et al., 2016), las asistencias centradas en la familia (Ekberg et al., 2020), y en varios ámbitos de la atención primaria en salud (Isenor et al., 2021).

Sin ir en desmedro de su cada vez más amplio uso (Isenor et al., 2021), este tipo de análisis no se ha realizado respecto de la conducta proambiental, siendo oportuno al caso conducir, a modo de ejemplo, el desarrollo de la BCW. En este sentido, a continuación, se explorarán las principales fases de utilización de la BCW para vincularla con la sustentabilidad y la conducta proambiental: 1) comprender el comportamiento; 2) identificar opciones de intervención, y 3) identificar el contenido y las opciones de implementación.

Para comprender el comportamiento, es necesario operacionalizar o definirlo como tal. En este sentido, es necesario entregar ciertas claridades respecto de: el comportamiento idóneo o los comportamientos negativos que deben cambiarse para resolver el problema; el lugar o espacios en los que ocurre el comportamiento, y el individuo, grupo o comunidad involucrada en el desarrollo de este comportamiento. Una vez clarificado, corresponde decidir si realmente es el comportamiento sobre el cual se desea actuar. De ser así, se debe continuar respondiendo una serie de preguntas como las que se ejemplifican en la Tabla 3.

Tabla 3. Comportamiento objetivo de la BCW

Comportamiento objetivo	Conducta proambiental
¿Quién necesita realizar el comportamiento?	Todo la ciudadanía e instituciones del mundo.
¿Qué necesitan hacer de manera diferente para lograr el cambio deseado?	<p>*Cambiar las lógicas de producción y consumo.</p> <p>*Involucrarse activamente en la realización de acciones de mitigación y adaptación ante el cambio climático.</p> <p>*Prácticas culturales benéficas.</p>
¿Cuándo deben hacerlo?	Siempre
¿Dónde necesitan hacerlo?	En el trabajo, en las instituciones educativas, en los espacios públicos. A nivel local y global.
¿Con qué frecuencia necesitan hacerlo?	<p>Al introducir residuos en el sistema de gestión o botar basura.</p> <p>Al cuidar el agua, la luz y la energía en general.</p> <p>Al relacionarse con la comida (e.g. vegetarianismo, huertas domiciliarias, escolares o comunitarias).</p> <p>Al transportarse</p> <p>Al bañarse</p> <p>Como un estilo de vida.</p>
¿Con quién necesitan hacerlo?	Lo pueden realizar de manera individual y colectiva

Este proceso de clarificación sobre el comportamiento objetivo permite, finalmente, identificar cuáles son los aspectos que pueden o deben ser cambiados en tal comportamiento.

A estas alturas, Susan Michie y sus colaboradores (2011; 2014) sugieren introducir el modelo COM-B para ser capaz de identificar la necesidad de cambio en cada uno de los seis componentes de la teoría, lo que permite, con posterioridad, realizar priorizaciones sobre aquellos aspectos que son críticos de intervenir (ver Tabla 4).

Tabla 4. Componentes del modelo COM-B para la conducta proambiental

Comportamiento objetivo:	Conducta proambiental	
	¿Qué debe suceder para que ocurra el comportamiento objetivo?	¿Es necesario un cambio? Adaptación Chilena. *Se puede adaptar a otras realidades.
Capacidad física	Tener las habilidades físicas para la elaboración de huertas comunitarias, la instalación de energías renovables o la mantención de sistemas integrales de residuos.	En general, la población cuenta con estas capacidades físicas, siendo necesario poner especial atención en aquellas personas con alguna diversidad funcional que pudiera mermar su involucramiento.

Vías para el cambio cultural intencional hacia la sostenibilidad:

una propuesta aplicada desde la "Rueda de Cambio de Comportamiento" y la Diplomacia Científica

Capacidad psicológica	Conocer las diferentes medidas de mitigación que se pueden realizar.	A nivel global existe cada vez mayor conciencia de una serie de medidas básicas de mitigación (e.g. bolsas renovables, uso de bicicletas, productos ecológicos), aunque aún no se profundiza hacia aquellas de mayor impacto (e.g. utilización de paneles solares, transporte eléctrico).
	Conocer las diferentes medidas de adaptación que se pueden realizar	A este respecto existe un menor conocimiento por parte de la población, siendo tal vez la más recurrente la reforestación.
	Promover conductas, valores y actitudes que se orienten al bienestar personal y social, estando especialmente relacionados con los entornos de cuidado, prosocialidad, flexibilidad psicológica, cooperación, empatía, etc. Minimizar los entornos tóxicos, tanto psicológicos, como también las conductas antisociales y antrópicas; esto incluye la agresión, el abuso verbal, la coerción, el fraude, entre otras.	Existe limitación en acceso a la promoción y la prevención de salud mental y temáticas inteligencia emocional y social.

Oportunidad física	Que se pueda depositar los residuos separados en contenedores diferenciados, que existan mecanismos económicos que faciliten la compra de fuentes de energía renovable, entre otras.	En Chile existe un bajo desarrollo de infraestructura física en pos de la sostenibilidad. Es necesario seguir profundizando en una mayor estructura de oportunidades.
Oportunidad social	Poder aprender u observar a personas expertas en medio ambiente y cambio climático	Se necesita de un cambio mayor ya que en Chile son escasas las oportunidades sociales formativas o de participación, proviniendo la mayoría de las ONG y organizaciones territoriales.
Motivación reflexiva	Contribuir a reflexionar sobre la importancia de la conducta proambiental personal en el impacto colectivo.	Es necesario introducir varios cambios al respecto de manera de combatir aquellas visiones negacionistas o relativistas que alejan de la responsabilidad personal el tema del cambio climático.
		Al beneficiar la de la conducta proambiental también, se incluye la modificación de conductas sociales e individuales relacionadas con el bienestar individual, social y del medio ambiente.

	<p>Crear que es necesario autoformarse y participar de instancias sobre medio ambiente o cambio climático para poder contribuir a las soluciones.</p>	<p>Es fundamental introducir cambios en los procesos de formación y participación de las personas, de manera de ver como parte de un compromiso social, personal el querer desarrollar una mayor conducta proambiental.</p>
<p>Motivación automática</p>	<p>Tener rutinas y hábitos sustentables asociados a procesos de la vida cotidiana.</p>	<p>Es necesario establecer rutinas en la población asociadas a la gestión sustentable de los residuos, el cuidado de la flora y fauna, de las diversas fuentes de energías, entre otras.</p>

A partir de aquí, las autoras recomiendan incorporar en la segunda fase el círculo de al medio y el exterior de la BCW. En este sentido, el primer paso es identificar cómo se relacionan las nueve funciones de intervención con el comportamiento objetivo. Para dar mayor comprensión del proceso, en la Tabla 5 se decide ejemplificar utilizando la conducta proambiental en la base.

Tabla 5. Funciones de intervenciones para la conducta proambiental

Función de intervención	Definición	Ejemplo de conducta proambiental
Educación	Incrementar el conocimiento o la comprensión de las personas involucradas	Proporcionar información actualizada sobre cambio climático y posibles acciones de mitigación y adaptación.

Persuasión	Usar la comunicación para inducir sentimientos positivos o negativos o estimular a la acción.	Usar imágenes para motivar el consumo de productos ecológicos.
Incentivo	Crear una expectativa de recompensa en torno a una acción.	Usar sorteos de estufas a pellet para incentivar el uso de leña certificada.
Coerción	Crear una expectativa de castigo o costo en torno a una acción.	Aumentar las sanciones a aquellas empresas que infrinjan el código ambiental.
Capacitación	Impartir habilidades en dispositivos educativos.	Formación de líderes ambientales territoriales y escolares
Restricción	Usar reglas para reducir la oportunidad de participar en un comportamiento negativo.	Prohibir la entrega de bolsas plásticas o el uso de leña húmeda.
Reestructuración medioambiental	Cambiar el contexto físico o social.	Proporcionar indicaciones para la separación de residuos domiciliarios en contenedores públicos.
Modelado	Proporcionar un ejemplo para que la gente imite.	Realizar series animadas de TV en las cuales los(as) protagonistas tengan una marcada conducta proambiental.

Habilitación	Aumentar los medios o reducir las barreras para aumentar la capacidad u oportunidad de emitir la conducta	Ayodos económicos a aquellas familias y/u hogares que se decidan a emprender acciones de eficiencia energética, instalación de huertas o composteras, entre otras.
--------------	---	--

Posteriormente cabe integrar a este análisis la relación entre componentes del COM-B y las funciones de intervención, pues como arrojó un estudio de expertos guiados por Susan Michie y sus colaboradores (2014), existirían ciertos componentes que se verían fortalecidos de mejor manera bajo ciertas funciones de intervención. Finalmente, y siguiendo la lógica de vínculos más exitosos, cabe incorporar al análisis las siete categorías de políticas (ver Tabla 6). En este sentido a cada componente una o más funciones idóneas, y a cada función una o más categorías de políticas.

Tabla 6. Categorías de políticas para la conducta proambiental

Categoría de política	Definición	Ejemplo
Comunicación o marketing	Uso de medios impresos, electrónicos, telefónicos para la difusión.	Realización de campañas sobre el cuidado del medio ambiente, el evitar prender la chimenea o la tenencia responsable de mascotas.

Pautas	Crear documentos que recomienden o exijan la práctica.	Difusión de protocolos de conducta proambientales en la gestión de residuos sólidos domiciliarios, o en la visita a parques nacionales y santuarios de la naturaleza.
Medidas fiscales	Usar el sistema tributario para reducir o aumentar el costo financiero.	Reducir tasas fiscales a aquellas empresas que obtengan la certificación de empresa B.
Regulación	Establecer reglas o principios de comportamiento o práctica.	Generar acuerdos colectivos de uso responsable de propaganda mediante folletos o trípticos impresos.
Legislación	Hacer o cambiar leyes	Prohibir la tala de especies nativas. Crear una ley nacional de educación ambiental.
Planificación ambiental / social	Diseñar y/o controlar el entorno físico o social	Utilizar diseños de ciudades sustentables. Adaptar las ciudades al tránsito en bicicleta.
La prestación de servicios	Entrega de un servicio	Entrega de asesorías educativas o de gestión ambiental a comunidades educativas y territoriales.

En este punto es que emerge el análisis central de la BCW, puesto que como hemos venido hablando, las realidades y contextos son múltiples, como también los actores y niveles en los que se puede actuar. Por este motivo la BCW es una herramienta útil y comprensiva, pues permite articular funciones y categorías en pos de fortalecer cada uno o todos los componentes del comportamiento humano.

La última fase de esta metodología implica analizar las posibles opciones de implementación y entrega, haciendo un cruce práctico entre componentes, funciones de intervención y categorías de políticas. En cada uno de estos intersticios se encuentra la posibilidad de acción y de diseñar un programa o intervención que cubra cierta necesidad asociada a uno de los componentes. Esto quiere decir que para promover efectivamente un comportamiento, requerimos de un abordaje integral de todos estos nodos; pero que también podemos partir de cualquiera de estos, dependiendo nuestros objetivos, contextos y personas involucradas.

Para graficar cómo esto se vería reflejado en el análisis de la conducta proambiental hemos generado la Tabla 7. En ella podemos observar cómo ante cada función de intervención se colocó conjuntamente aquellos componentes del COM-B y se decidió, con fines ejemplificadores, seleccionar alguna de las categorías políticas que resultan efectivas para el tratamiento de tal función y componente. Para dar mayor realce al ejercicio, se decidió colocar en la columna de estrategias solo aquellas que cuenten con algún grado de respaldo en la evidencia internacional.

Tabla 7. Aplicación de BCW a la promoción de un cambio cultural intencional desde el comportamiento proambiental

Funciones de intervención	Componentes COM-B atendidos por funciones de intervención	Categorías de políticas a través de las cuales se pueden entregar BCT	Estrategia de intervención
Educación	*Capacidad psicológica *Motivación reflexiva	Pautas	Una de las pautas comportamentales más ampliamente difundidas en la temática ambiental son las Agendas 21. En ellas se entrega información sobre múltiples conductas proambientales multinivel que pueden ser impulsadas en pos de la sustentabilidad (Pozo-Llorente et al., 2019).
Persuasión	*Motivación automática *Motivación reflexiva	Comunicación/marketing	La comunicación por medios masivos ha obtenido buenos resultados en una promoción de conductas proambientales básicas (Wibeck, 2014), siendo fundamental según la evidencia ofrecer una estrategia comunicativa esperanzadora, realista y situada en las noticias y problemáticas socioambientales locales (Ojala, 2020).

Vías para el cambio cultural intencional hacia la sostenibilidad:

una propuesta aplicada desde la “Rueda de Cambio de Comportamiento” y la Diplomacia Científica

Incentivo	<ul style="list-style-type: none"> * Motivación automática * Motivación reflexiva 	Medidas fiscales	En Latinoamérica y todo el mundo se están comenzando a incentivar los bonos verdes o incentivos económicos para aquellas empresas que desean acoger principios y acciones sustentables. A pesar de que ha producido resultados dispares en la región, ha generado de manera transversal un mayor involucramiento del sector privado en el tema (Almeida 2014; Reinoso, 2015).
Coerción	<ul style="list-style-type: none"> * Motivación automática * Motivación reflexiva 	Medidas	Según una revisión realizada con todos los países OCDE (Barde & Braathen, 2002) el tipo de medida fiscal coercitiva más efectiva son los impuestos ambientales (impuesto Pigou), en especial al combustible, sobre autos y por vertimiento de desechos.
Capacitación	<ul style="list-style-type: none"> * Capacidad física * Capacidad psicológica * Oportunidad física * Motivación automática 	La prestación de servicios	Una de las maneras más efectivas de promover la conducta ambiental mediante capacitación son las acciones “Hands-on” o de “manos a la obra” (Monroe et al., 2017), en las cuales las personas ensayan de manera colectiva el comportamiento ambiental, como puede ser una huerta o bioconstrucción.

Restricción	<ul style="list-style-type: none"> * Oportunidad física * Oportunidad social 	Regulación	<p>Uno de los mecanismos regulatorios más en boga son las normas o leyes de consumo, las cuales mandatan el tipo de conducta ambiental que se espera. Ejemplo de esto son la Ley Chao Bolsas Plásticas o la Ley que regula el uso de Leña (Rondón-Jara et al., 2020).</p>
Reestructuración medioambiental	<ul style="list-style-type: none"> * Oportunidad física * Oportunidad social * Motivación automática 	Planificación ambiental / social	<p>Los estudios de Malone (2013) en Australia o de Tsevreni en Grecia (2011) han demostrado la importancia del ordenamiento urbano para la promoción de la conducta proambiental. Por lo mismo, conceptos como ciudades sustentables o ecológicas son cada vez más atendidos.</p>
Modelado	<ul style="list-style-type: none"> * Oportunidad social * Motivación automática 	Comunicación/marketing	<p>Los videojuegos y otras plataformas virtuales se han mostrado como una herramienta óptima para el modelamiento de competencias y habilidades asociadas al medioambiente y el cambio climático (Ouariachi et al., 2017; Rojo & Dudu, 2017). Bajo el principio de “Juego de toma de decisiones”, se muestra situaciones en las cuales decidir respecto de emitir o no una conducta proambiental.</p>

Habilitación	<ul style="list-style-type: none"> * Capacidad física * Capacidad psicológica * Oportunidad física * Oportunidad social * Motivación automática 	Legislación	La introducción de mecanismos de habilitación tiene una serie de beneficios sobre todo a aquellas personas que viven barreras estructurales. Claro ejemplo son la entrega de fuentes de calefacción sustentables (Boso et al., 2018) o la habilitación de huertas comunitarias (Montenegro, 2018).
--------------	--	-------------	--

Como se observa anteriormente, la conducta proambiental puede ser promovida desde distintas posiciones, lugares de entrega, personas involucradas, funciones de intervención e inclusive categoría o tipo de política. Operadores políticos, científicos y diplomáticos podemos utilizar ejercicios como estos para definir las estrategias de intervención que finalmente se utilizarán en un contexto dado o las estrategias de implementación óptimas para desarrollar ciertos objetivos.

A partir de lo anterior, similar reflexión se puede utilizar escogiendo otras categorías de políticas para abordar todas las funciones, o se puede focalizar en una sola función o en un solo componente para el diseño de las intervenciones. Lo importante aquí es replicar los pasos sugeridos por Michie y sus colaboradores (2011): 1) definir el comportamiento, pudiendo ser más específico, como por ejemplo la conducta proambiental de utilizar medios de transporte sustentables o de reciclar; 2) identificar opciones de intervención, utilizando los dos círculos exteriores de la BCW, y 3) identificar las opciones de implementación, haciendo un ejercicio situado de analizar la factibilidad de ciertas estrategias de intervención

en consideración de los componentes COM-B, las funciones de intervención y las categorías de políticas preestablecidas.

CONCLUSIONES

Como se ha señalado a lo largo del texto, la actual emergencia climática ha vuelto necesaria una respuesta mancomunada a nivel individual y colectivo, para poder revertir la compleja situación alcanzada en términos de emisión de GEI. En este sentido, para lograr tal objetivo con eficacia es fundamental promover un cambio cultural intencional que alcance todas las comunidades, generaciones y territorios.

En este marco, el concepto de comportamiento proambiental parece la piedra angular de este proceso, pues refleja que los cambios culturales requieren tanto de una mirada histórica como de una visión situada y comprensiva. Es decir, el comportamiento proambiental individual y colectivo es la viva manifestación de un cambio cultural intencional hacia la sustentabilidad.

El presente texto buscó utilizar el modelo de la BCW con el fin de reflejar cómo se relaciona un cambio cultural multinivel con la necesidad de un cambio comportamental que va desde lo individual a lo colectivo. En este sentido, las tres circunferencias que componen el modelo de la rueda sirven de orientación para guiar ese proceso de transitar de un comportamiento objetivo a un cambio cultural global intencional.

Al respecto, es fundamental señalar que, tal como en muchos otros cambios de comportamiento, esto supone un esfuerzo multiactor, multinivel y situado en la realidad o contexto de intervención de cada comunidad (Chiang et al., 2018; Ekberg et al., 2020). Lograr abordar de manera efectiva

las Capacidades, Oportunidades y Motivaciones, requiere de esfuerzo macro y complejo, como lo puede ser ocupar todas o varias de las funciones de intervención o de las categorías de políticas. Esto significa, por tanto, que se ha de hacer un esfuerzo intersectorial en pos de alcanzar estos objetivos (Isenor et al., 2021).

Por lo mismo, es necesario poner a prueba la efectividad de cada una de estas estrategias de intervención en el contexto chileno, pues como señalan los antecedentes de la ciencia del cambio cultural intencional, se pueden realizar de manera sistemática y rigurosa la incorporación de la evidencia científica para prevenir, promocionar y mantener comportamientos proambientales (Biglan & Embry, 2013). En este sentido, la Diplomacia Científica juega un rol fundamental, pues hace de puente en este esfuerzo por entregar prácticas basadas en la evidencia, a la vez que son iniciativas con una alta pertinencia territorial.

Por lo mismo, debemos seguir profundizando en los instrumentos que permiten un lenguaje común: orientaciones técnicas globales; estrategias-país frente al cambio cultural intencional hacia la sostenibilidad; escalas de medición de la conducta proambiental validados localmente, entre otros. En definitiva, es necesario construir un camino que permita bajar el conocimiento científico y la acción diplomática hacia las organizaciones sociales y territorios, a la vez que se involucra esta perspectiva en pos de lograr este cambio cultural intencional. Como señalan Susie Michie y sus colaboradores (2014), la rueda permite introducir cambios comportamentales en la medida en que los diseñadores y operadores se sensibilizan con esta, la utilizan como herramientas e invierten energía en pos de ella.

Un modelo como la BCW permite vislumbrar una serie de vías por las cuales conseguir los objetivos de un efectivo cambio comportamental, pero también significa una gran cantidad de desafíos en pos de soportar e incentivar estos cambios. Es necesario seguir desarrollando más evidencia, abogar por la adopción de estas medidas, pero también lograr profundizar en aquello que es más efectivo a cada grupo y a cada contexto.

Por último, es importante también considerar elementos que complejizan llevar a implementar programas y políticas con una mirada global desde la evidencia científica en la realidad, empezando por el factor cultural. Como el contexto, los fondos económicos, valores personales de los tomadores de decisiones, costo–beneficio de una intervención como la anteriormente propuesta, y altos niveles éticos del uso de las ciencias del comportamiento para que esta no sea mal usada con propósitos negativos.

Respecto de las limitaciones de la presente propuesta, consideramos que la BCW deberá adaptarse para cada nivel de análisis (individual, social, institucional, grupal), ya sea para prevenir, promover, extinguir o mantener conductas en pro del medio ambiente de una manera específica.

BIBLIOGRAFÍA

- Américo, M., García, J. A., & Cortes, P. L. (2017). Análisis de actitudes y conductas pro-ambientales: un estudio exploratorio con una muestra de estudiantes universitarios brasileños. *Ambiente & Sociedade*, 20(3), 1-20. <https://doi.org/10.1590/1809-4422ASOC300R1V2032017>
- Anthony Biglan, Dennis D. Embry, (2013) A framework for intentional cultural change. *Journal of Contextual Beha-*

- vioral Science*, 2 (3–4), 95-104. <https://doi.org/10.1016/j.jcbs.2013.06.001>.
- Banco Mundial (01 de noviembre de 2021). Dimensiones Social del Cambio Climático. <https://www.worldbank.org/en/topic/social-dimensions-of-climate-change#1>
- Brick, C., & Lewis, G. J. (2016). Unearthing the “green” personality: Core traits predict environmentally friendly behavior. *Environment and Behavior*, 48(5), 635-658. <https://doi.org/10.1177%2F0013916514554695>
- González-Gaudio, E. J., & Maldonado-González, A. L. (2017) Amenazas y riesgos climáticos en poblaciones vulnerables. El papel de la educación en la resiliencia comunitaria. Teoría de la Educación. *Revista Interuniversitaria*, 29(1), 273-294. <https://doi.org/10.14201/teoredu291273294>
- Hartwick, J. M. (1977). Intergenerational equity and the investing of rents from exhaustible resources. *The American Economic Review*, 67(5), 972-974. <https://www.jstor.org/stable/1828079>
- Intergovernmental Panel on Climate Change. (2018). Summary for Policymakers. In: *Global Warming of 1.5°C*. Ginebra: IPCC.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (2021). Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S.L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M.I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J.B.R. Matthews, T.K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu, and B. Zhou (eds.)]. Cambridge University Press.
- Kurup, P.M., Levinson, R. & Li, X. (2021). Informed-Decision Regarding Global Warming and Climate Change Among High School Students in the United Kingdom. *Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education* (21), 166–185. <https://doi.org/10.1007/s42330-020-00123-5>

- Mahapatra, S. K., & Ratha, K. C. (2016). The 21st Conference of the Parties Climate Summit in Paris: a slippery slope. *Journal of International Development*, 28(6), 991-996. <https://doi.org/10.1002/jid.3221>
- Morgan, J. (2016). Paris COP 21: Power that speaks the truth? *Globalizations*, 13(6), 943-951. <https://doi.org/10.1080/14747731.2016.1163863>
- NASA (01 de noviembre de 2021) Global Climate Change: Evidence. <http://climate.nasa.gov/evidence/>
- O'Flaherty, J., & Liddy, M. (2017). The impact of development education and education for sustainable development interventions: A synthesis of the research. *Environmental Education Research*, 7, 1031-1049. <https://doi.org/10.1080/13504622.2017.1392484>
- Organización de Naciones Unidas (2019). Informe de los objetivos de Desarrollo sostenible. New York: Naciones Unidas.
- Schultz, P. (2014). Strategies for promoting proenvironmental behavior: Lots of tools but few instructions. *European Psychologist*, 19(2), 107-117. <https://psycnet.apa.org/doi/10.1027/1016-9040/a000163>
- Solow, R.M. (1974). Intergenerational equity and exhaustible resources. *The Review of Economic Studies*, 41, 29-45. <https://www.jstor.org/stable/2296370>
- Stern, M., Powell, R., & Hill, D. (2014). Environmental education program evaluation in the new millennium: What do we measure and what have we learned? *Environmental Education Research*, 20(5), 581-611. <https://doi.org/10.1080/13504622.2013.838749>
- Tebaldi, C., Ranasinghe, R., Vousdoukas, M. et al. (2021) Extreme Sea levels at different global warming levels. *Natural Climate Change*. 11, 746–751. <https://doi.org/10.1038/s41558-021-01127-1>
- Varnum, M. E. W., & Grossmann, I. (2017). Cultural Change: The How and the Why. *Perspectives on Psychological Science*, 12(6), 956–972. <https://doi.org/10.1177/1745691617699971>

- Watts, N., Amann, M., Arnell, N., Ayeb-Karlsson, S., Beagley, J., Belesova, K., & Costello, A. (2020). The 2020 report of The Lancet Countdown on health and climate change: responding to converging crises. *The Lancet*, 397(10269), 129-170. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(20\)32290-X](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(20)32290-X)
- World Economic Forum. (2019). The Global Risks Report 2019 (14 ed.). Suiza: World Economic Forum. <https://www.weforum.org/reports/the-global-risks-report-2019>

Transformaciones demográficas en América Latina y el Caribe

*Paulo M. Saad**

Como parte de un proceso global, los países de América Latina y el Caribe atraviesan un período de intensa transformación demográfica, en el que los niveles de fecundidad y mortalidad de la población se reducen de manera considerable, alterando drásticamente su ritmo de crecimiento y estructura etaria.

Este período, conocido como transición demográfica, es único en la historia de los países. La magnitud y velocidad con que ocurren los cambios dan lugar a una nueva realidad demográfica, con profundas implicaciones económicas, sociales, políticas y culturales, entre otras.

Entre las transformaciones ya ocurridas en América Latina y el Caribe durante la segunda mitad del siglo XX se destaca, en un primer momento, el intenso crecimiento del

* Director del Centro Latinoamericano y Caribeño de Demografía (CELADE) - División de Población de la CEPAL.

Es imposible adoptar políticas con visión de futuro para mejorar la vida de las personas sin tener en cuenta el tamaño, la tasa de crecimiento, la distribución espacial, la composición y la estructura por edades de las poblaciones futuras.

volumen de la población, seguido por el inicio del enlentecimiento de su ritmo de crecimiento. Y entre los cambios que se proyectan para el presente siglo, sobresalen la estabilización del tamaño de la población y, especialmente, el avance y la profundización del proceso de envejecimiento.

Si bien, desde una mirada de largo aliento, el comportamiento demográfico de América Latina y el Caribe se alinea y converge con el de otras regiones del mundo, también posee características particulares que lo distinguen, fruto del momento en que se iniciaron las transiciones demográfica, epidemiológica y urbana de sus países, la velocidad a la que ocurrieron, la diversidad de situaciones entre y dentro de los países, y especialmente el contexto de heterogeneidad estructural y su principal consecuencia en el plano social, la desigualdad, que se expresa con mayor persistencia y profundidad que en otras regiones del mundo.

De una manera general, la transición demográfica en América Latina y el Caribe ha sido un proceso más rápido en comparación con las regiones más desarrolladas. De hecho, mientras en estas últimas la transición demográfica se ha extendido por un período de más de un siglo, en América Latina y el Caribe su inicio es mucho más reciente y se desarrolla en un ritmo mucho más acelerado. Por ejemplo, en un período de 30 años, entre 1960 y 1990, la fecundidad en América Latina y el Caribe pasó de las más altas del mundo a niveles significativamente menores que el promedio mundial.

Asimismo, el contexto socioeconómico en que transcurre el proceso de transición en la región, con niveles relativamente altos de pobreza y desigualdad, es muy distinto al que experimentaron los países desarrollados a lo largo de su proceso gradual de transición. Por lo tanto, comparado con la experiencia de las regiones más desarrolladas, América Latina y el Caribe -al igual que otras regiones en desarrollo- tendrá menos tiempo y enfrentará condiciones más adversas para ajustarse a los profundos cambios demográficos.

La transición demográfica genera oportunidades y desafíos específicos para las políticas que buscan la igualdad y el desarrollo sostenible. Si bien los países de la región se encuentran en distintas etapas de la transición, la mayoría de ellos atraviesa por un período particularmente favorable para el desarrollo económico, conocido como el *bono demográfico*, en el que la proporción de personas en edad de trabajar aumenta de manera sostenida en relación con el resto de la población. Sin embargo, a este período beneficioso le seguirá, antes en algunos países y más tarde en otros, un período de rápido envejecimiento de la población que traerá nuevos e importantes desafíos sociales y económicos.

Aprovechar las oportunidades y responder a los nuevos desafíos que presenta la transición demográfica requiere políticas con visión de futuro que tengan en cuenta la dinámica de la población. Es imposible adoptar políticas con visión de futuro para mejorar la vida de las personas sin tener en cuenta el tamaño, la tasa de crecimiento, la distribución espacial, la composición y la estructura por edades de las poblaciones futuras.

LAS DIFERENTES ETAPAS DE LA TRANSICIÓN DEMOGRÁFICA

La transición demográfica describe el proceso durante el cual una población transita de una dinámica de bajo crecimiento poblacional con altos niveles de fecundidad y mortalidad, hacia una dinámica final también de bajo crecimiento poblacional, pero con niveles mucho más bajos de fecundidad y mortalidad. El desfase entre la caída de la mortalidad y la caída de la fecundidad que se da durante el proceso genera profundos cambios en el tamaño y estructura etaria de la población.

A finales del siglo XIX y principios del XX se desarrolló un cuerpo teórico que intentaba explicar estos cambios demográficos a partir de su interrelación con el desarrollo (ver, por ejemplo, Landry (1934), Notestein (1945) o Thompson (1929)). La hipótesis básica era que las poblaciones tienden a pasar por ciertas etapas de la transición demográfica como respuesta a las transformaciones sociales generadas por el proceso de modernización.

Con el tiempo, esta hipótesis pasó a ser contestada en base a situaciones que contradecían la idea de que la génesis, evolución y características del proceso en Europa constituirían un modelo que necesariamente sería seguido por el resto del mundo. En particular, al desarrollo de procesos de modernización, sin el correspondiente descenso de fecundidad, y de procesos de transición mucho más rápidos que lo esperado según el nivel de modernización (ver por ejemplo Caldwell (1976), Coale (1973), Tabutin (1985) o Zavala de Cosío (1992)).

El Cuadro 1 ilustra, de manera general, el comportamiento de las variables demográficas “mortalidad” y “fecundidad”

y su impacto en el crecimiento y estructura etaria de la población, durante las diferentes etapas de la transición demográfica. Parte de una situación pre-transicional más o menos estable, con altas tasas de mortalidad y fecundidad, crecimiento lento de la población y estructura etaria bastante joven.

Cuadro 1. Impacto de la transición demográfica en el crecimiento y estructura etaria de la población

Etapa de la transición	Variables demográficas	Crecimiento	Estructura etaria
Pre transicional	*Mortalidad alta *Fecundidad alta	Lento	Joven
Etapa 1	*Mortalidad decreciente *Fecundidad alta	Intensidad creciente	Rejuvenecimiento
Etapa 2	*Mortalidad decreciente *Fecundidad decreciente	Intensidad decreciente	Envejecimiento
Etapa 3	*Mortalidad baja *Fecundidad baja	Lento	Envejecida

En una primera etapa de la transición, la mortalidad (principalmente infantil) empieza a disminuir, mientras los

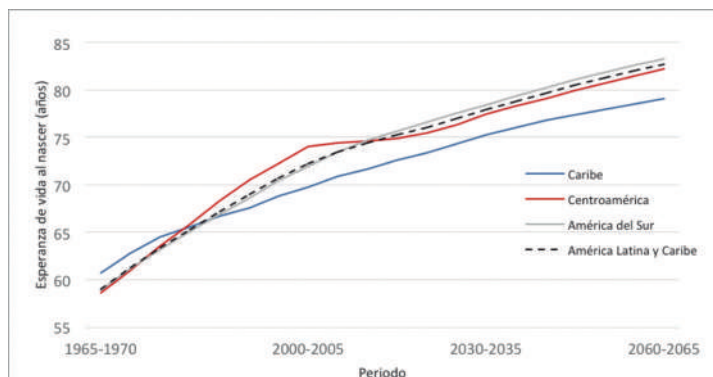
niveles de fecundidad permanecen elevados. Como consecuencia, se intensifica el crecimiento de la población y tiene, en un inicio, el llamado período de explosión demográfica. Por otro lado, el hecho de que en esta primera etapa de la transición, el aumento de la población ocurra principalmente debido a una mayor sobrevivencia de niños, hace con que la estructura etaria rejuvenezca.

En una segunda etapa, la tasa de crecimiento poblacional se desacelera a medida que la fecundidad también comienza a disminuir, dando inicio al proceso de envejecimiento de la estructura etaria de la población. Finalmente, en la última etapa de la transición, la mortalidad y fecundidad alcanzan niveles bastante reducidos, el crecimiento vuelve a ser muy lento, y la población tiende a estabilizarse, con un volumen mucho más elevado que en el período pre-transicional, y una estructura etaria mucho más envejecida.

LAS TENDENCIAS REGIONALES DE LA FECUNDIDAD Y LA ESPERANZA DE VIDA

En conformidad con el esquema presentado en el Cuadro 1, la reducción de los niveles de mortalidad fue el detonante de la transición demográfica en América Latina y el Caribe. Esta reducción se debió principalmente a los cambios socioeconómicos y culturales, la mejora de las condiciones de vida en general, el aumento de la población urbana, el aumento del nivel educativo y la disponibilidad de tecnología sanitaria. La disminución de la mortalidad resultó en un gran aumento de la esperanza de vida al nacer, pasando de 59 años en 1965 a 75 años en la actualidad. Se espera que para el 2065 habrá superado los 82 años (Figura 1).

Figura 1. América Latina y el Caribe: Esperanza de vida al nacer, 1965-2065



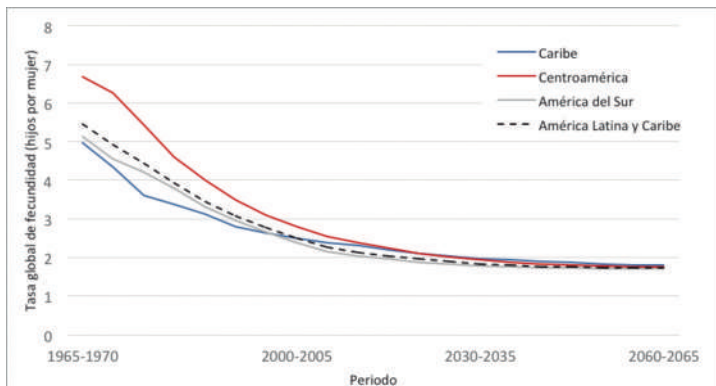
Fuente: United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division (2019). *World Population Prospects: The 2019 Revision*.

Aunque el aumento de la esperanza de vida en la región se explica en un principio por la reducción de la mortalidad en las edades tempranas, sobre todo la mortalidad infantil, el aumento de la longevidad es un factor que cada vez gana más peso. Por ejemplo, la esperanza de vida a los 60 años aumentó en 7 años entre 1950 y 2020. Actualmente, la esperanza de vida media a los 60 años en América Latina y el Caribe (21 años para los hombres y 24 años para las mujeres) se acerca a la observada en las regiones más desarrolladas.

Cabe señalar que, si bien los niveles de mortalidad infantil se han reducido de manera importante en las últimas décadas en la región, todavía persisten diferencias significativas no solo entre países, sino que también al interior de estos, entre zonas urbanas y rurales, y según grupos socioeconómicos y étnicos (CEPAL/UNFPA, 2020). Estas diferencias son reflejo de los niveles relativamente elevados de pobreza y desigualdad que todavía prevalecen en la región (CEPAL, 2016).

Pese al impresionante aumento de la esperanza de vida, la reducción de la fecundidad ha sido el principal factor responsable por los cambios en el tamaño y estructura etaria de la población en América Latina y el Caribe. En las últimas cinco décadas, la tasa global de fecundidad en la región se redujo de entre cinco y seis hijos por mujer durante 1965–70 a un promedio actual de dos niños por mujer, inferior -por lo tanto- al nivel de reemplazo (2.1 hijos por mujer). Para las próximas cuatro décadas, se espera que la fecundidad se mantenga de manera consistente por debajo de dos hijos por mujer (Figura 2).

Figura 2. América Latina y el Caribe: Tasa global de fecundidad, 1965-2065



Fuente: United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division (2019). World Population Prospects: The 2019 Revision.

La disminución de la fecundidad es un fenómeno generalizado en todos los países de la región, aunque con diferencias significativas en cuanto a la fecha de inicio e intensidad del proceso, y el momento en que alcanza el nivel de reemplazo. Por otro lado, se mantienen diferencias importantes en los niveles de fecundidad al interior de los países, que continúan

siendo relativamente elevados entre los estratos socioeconómicos más bajos, los grupos con menor nivel de educación y entre adolescentes (Rodríguez & San Juan, 2020).

LA CONVERGENCIA DEMOGRÁFICA ENTRE LOS PAÍSES DE AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE

Las proyecciones demográficas de largo plazo disponibles (United Nations, 2019) permiten prever la que sería la tendencia o la característica clave de la nueva realidad demográfica en América Latina y el Caribe: la convergencia de los países hacia niveles muy bajos de fecundidad y hacia una esperanza de vida prolongada.

En 1950, la mayoría de los países presentaba altos niveles de fecundidad, por arriba de seis hijos por mujer, y baja esperanza de vida, inferior a 55 años. Solamente en algunos pocos países, como Argentina, Chile, Cuba y Uruguay, cuyos procesos de transición demográfica habían iniciado más tempranamente, los niveles de fecundidad eran relativamente más bajos y la esperanza de vida relativamente más elevada.

Hacia 1980, el descenso desigual de las tasas de fecundidad había generado una dispersión de este indicador entre los países de la región, mientras que las ganancias apreciables en la esperanza de vida de una manera general entre los países ya daban inicio al proceso de concentración de este indicador.

Desde entonces, la transformación ha sido muy significativa. Actualmente, los países se concentran en una situación de alta esperanza de vida (entre 70 y 80 años) y baja fecundidad (entre 1,5 y 3 hijos por mujer). Con excepción de algunos pocos países como Bolivia (Estado Plurinacional de), Guatemala y Haití, ya no hay diferencias importantes entre los

países de la región en cuanto a los niveles de fecundidad y esperanza de vida.

En el futuro, se espera que la convergencia de estas dos variables se acentuará. Según las proyecciones de Naciones Unidas, en 2050 todos los países, incluso los más rezagados en el proceso de transición, tendrán tasas de fecundidad inferiores al reemplazo (2,1 hijos por mujer). Por otro lado, todos los países superarán los 70 años de esperanza de vida, siendo que la mayoría se encontrará en una franja de entre 80 y 86 años.

En 2080, todos los países estarán por encima de los 75 años de esperanza de vida, la mitad de ellos entre los 84 y los 87 años. Respecto de la fecundidad, los valores de las tasas serán muy similares, entre 1,5 y 2 hijos por mujer.

Aunque es clara la tendencia de una convergencia demográfica en la región hacia niveles bajos de fecundidad y altos de esperanza de vida, cabe recalcar que tal convergencia no necesariamente implicará en una reducción de las importantes desigualdades socioeconómicas que todavía persisten en la región, no solo entre los países, sino que también y principalmente al interior de estos.

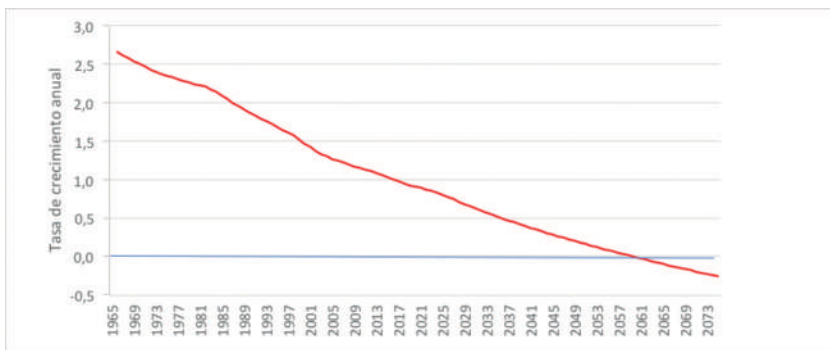
DE LA EXPLOSIÓN DEMOGRÁFICA A LA ESTABILIZACIÓN DE LA POBLACIÓN

A lo largo de la historia, la población mundial ha venido creciendo de manera gradual y relativamente lenta. Sin embargo, en los últimos dos siglos este crecimiento se aceleró significativamente, gracias a una serie de factores interrelacionados, como por ejemplo la mejora en la alimentación, la propagación de los estándares de higiene y sanitarios, los avances en la medicina y el desarrollo tecnológico, entre

otros. Entre los años 1800 y 2000, la población mundial pasó de cerca de mil millones a más de 6 mil millones (United Nations, 1973), y en 2020 alcanzó 7,8 mil millones (United Nations, 2019).

En América Latina y el Caribe, las tendencias más recientes indican una importante desaceleración del crecimiento de su población. Mientras la tasa de crecimiento anual promedio observada en la región en el período 1965-1970 fue de 2,5%, actualmente esta tasa ha descendido a menos del 1% al año, y se espera que a mediados del siglo la población estará creciendo a una tasa cercana a cero (aproximadamente 0.2%). A partir de finales de la década de 2050 empezarán a registrarse tasas de crecimiento ligeramente negativas (Figura 3).

Figura 3. América Latina y el Caribe: Tasa de crecimiento anual de la población, 1965-2075



Fuente: United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division (2019). *World Population Prospects: The 2019 Revision*.

En números absolutos, la población regional aumentó 2.3 veces (128%) durante el último medio siglo, de 287 millones en 1970 a 654 millones en 2020. En los próximos 40 años se

prevé un aumento mucho más reducido, de solo 17%, para llegar a 767 millones en 2060, cuando empezaría a reducirse ligeramente, hasta estabilizarse en alrededor de 680 millones al final de este siglo (Cuadro 2).

Cuadro 2. América Latina y el Caribe: Tamaño y aumento porcentual de la población, 1970, 2020, 2060 y 2100

Año	Población (millones)	Aumento (%)
1970	287	
2020	654	128
2060	767	17
2100	680	-11

Fuente: United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division (2019). World Population Prospects: The 2019 Revision.

Aunque común a todos los países de la región, este proceso no será homogéneo entre ellos debido a las importantes diferencias que existen con relación al grado de avance de la transición demográfica. Mientras que en los países más avanzados en la transición, como Cuba y Barbados, las tasas de crecimiento anual de la población son actualmente inferiores al 0,6%, en los países más rezagados, como Guatemala y Honduras, estas tasas son todavía superiores al 1,5%.

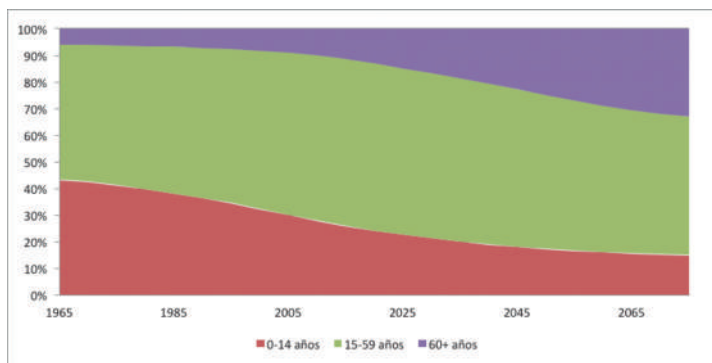
EL CAMBIO RADICAL EN LA ESTRUCTURA ETARIA DE LA POBLACIÓN

Si bien la transición demográfica tiene un fuerte impacto sobre el tamaño y crecimiento de la población, quizás el impacto de mayor trascendencia en términos de implicaciones económicas y sociales para la planificación del desarrollo sostenible sea aquel sobre su estructura etaria. Si el siglo XX

fue el de crecimiento poblacional en la región, el siglo XXI será sin duda el del envejecimiento poblacional.

Conforme indica la Figura 4, el peso de los niños en la población va en rápido descenso, a la vez que aumenta sostenidamente el de las personas mayores. Entre 1965 y 2075, se espera que la proporción de niños menores de 15 años disminuya de 43% a 15%, mientras que la de personas de 60 años y más aumente de 6% a 33%. En el mismo período, la proporción de población entre 15 y 59 años experimentaría cambios menores, pasando de 51% a 52%. Actualmente, los niños representan alrededor de 24% de la población regional, las personas mayores 13% y el grupo de 15-59 años 63%.

Figura 4. América Latina y el Caribe: distribución de la población por grandes grupos de edad, 1965-2075



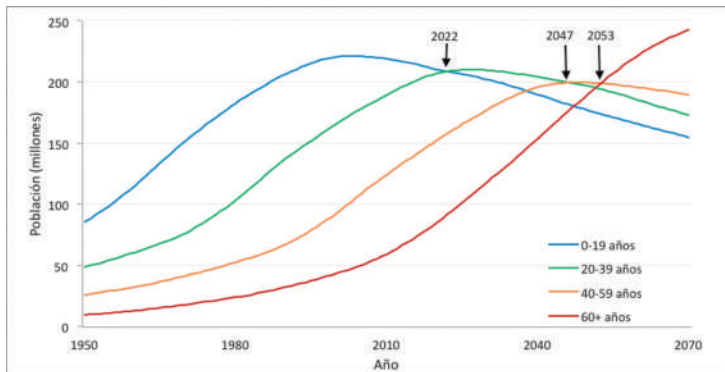
Fuente: United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division (2019). World Population Prospects: The 2019 Revision.

La Figura 5 permite ilustrar claramente el cambio sustancial de la estructura etaria de la población de América Latina y el Caribe, como consecuencia directa de la profunda

transformación demográfica que ha vivido en las últimas seis décadas.

Si se considera como sociedad juvenil aquella en que predominan los jóvenes de 0 a 19 años, en la sociedad adulta joven predominan las personas de 20 a 39 años; en la adulta predominan las de 40 a 59 años, y en la sociedad envejecida, las mayores (de 60 años y más). Los puntos de cruce de las curvas que caracterizan las trayectorias de los diferentes grupos de edad constituyen hitos importantes y marcan etapas diferentes de la transformación etaria.

Figura 5. América Latina y el Caribe: Evolución de la población por grupos de edad entre 1950 y 2070



Fuente: United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division (2019). World Population Prospects: The 2019 Revision.

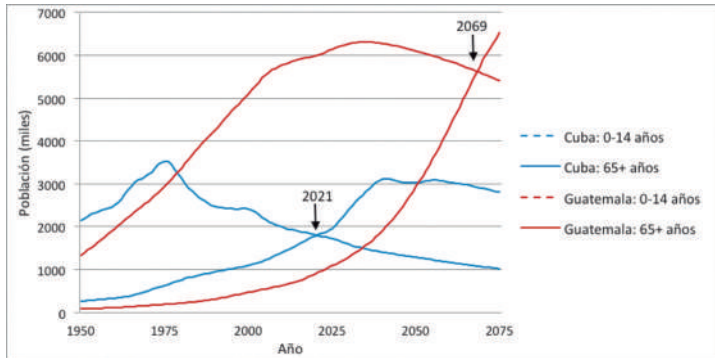
En general, e históricamente, todas las sociedades en el período pre-transicional eran juveniles. A partir de la fuerte caída de la fecundidad, cada generación pasa a ser mayor que la siguiente, y conforme van envejeciendo, van impactando los grupos siguientes de edad.

El punto de cruce de la curva de la población de 0 a 19 años con la del grupo de 20 a 39 años, marca el fin de una primera etapa, la de la sociedad juvenil, e inicia una segunda fase, de la sociedad adulta joven, caracterizada por el predominio de la población adulta joven (de 20 a 39 años). Se espera que este cruce ocurra en América Latina y el Caribe en el año 2022.

El siguiente cruce de las curvas, 25 años más tarde, en el año 2047, marcará el fin de la sociedad adulta joven y el ingreso en la sociedad adulta. Finalmente, y solo seis años más tarde, en 2053, tendrá inicio la etapa de la sociedad envejecida, en que predominan las personas mayores.

Por cierto, la evolución de este proceso deberá variar al interior de la región, conforme al ritmo en que se desarrolla la transición demográfica en cada país. Para ilustrar esta diversidad, la Figura 6 considera el momento en que el número de personas de 65 años y más sobrepasará el de niños menores de 15 años para los casos extremos de Cuba, con la población más envejecida de la región, y Guatemala, que aún se caracteriza por ser una sociedad juvenil. Según las proyecciones más recientes, este hecho, que acaba de tener lugar en Cuba (2021), tardará aún casi 50 años para ocurrir en Guatemala (2069).

Figura 6. Cuba y Guatemala: Población de 0-14 años y de 65 años y más, 1950-2075



Fuente: United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division (2019). *World Population Prospects: The 2019 Revision*.

De hecho, la asincronía entre países en cuanto al proceso de envejecimiento es un fenómeno mundial. En 1980, la gran mayoría de los países tenía sociedades juveniles. Solo en algunos pocos, como Canadá, algunos de Europa y Japón, comenzaban a aparecer las sociedades adultas jóvenes. Actualmente, la mayor parte de los países europeos ya poseen sociedades adultas, y un grupo menor de ellos (Francia, Alemania, Croacia, Malta y algunos de Europa Septentrional), además de Japón, ya se adentraron en la fase de la sociedad envejecida.

Por otro lado, la mayor parte de los países en desarrollo aún se caracteriza por tener una sociedad juvenil, aunque en algunos, incluyendo a América Latina y el Caribe, ya empiezan a surgir las sociedades adultas jóvenes. En 2060, la mayoría de los países de Asia, Europa, América Latina y el Caribe, y América del Norte, tendrán sociedades envejecidas, y a finales del siglo se espera que casi todos los países,

de todas las regiones del mundo (con excepción de África Subsahariana) estén en la última etapa de la transición demográfica reflejada en sociedades envejecidas. Sin embargo, la asincronía del fenómeno continuará evidente, puesto que una gran parte del continente africano seguirá teniendo sociedades aún juveniles.

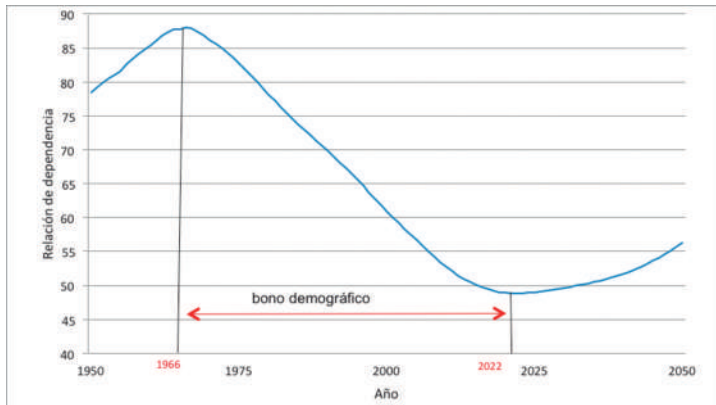
OPORTUNIDADES Y DESAFÍOS DE LOS CAMBIOS EN LA RELACIÓN DE DEPENDENCIA

Dado que el comportamiento económico de las personas varía según la etapa del ciclo de vida en la que se encuentran, los cambios en la estructura por edades de la población tienden a producir un impacto importante sobre el proceso de desarrollo económico. Una proporción creciente de personas en grupos potencialmente dependientes en términos económicos, ya sean niños/niñas o adultos mayores, tiende a limitar el crecimiento económico. Por el contrario, una proporción creciente de personas en edades económicamente activas tiende a impulsar el crecimiento económico a través del incremento en el ingreso y la acumulación más acelerada de capital. En particular, al reducirse el peso de la población infantil, a la vez que el volumen de la población adulta mayor todavía permanece en niveles relativamente bajos, disminuye la presión sobre los sistemas de salud materno-infantil y de educación escolar, permitiendo reorientar recursos hacia la inversión social, la salud y la lucha contra la pobreza.

En este sentido, la evolución de la relación de dependencia, entre los grupos de población en edades económicamente dependientes (menores de 15 años y mayores de 64 años) y económicamente activas (entre 15 y 64 años), permite identificar los períodos económicamente favorables y desfavorables, a consecuencia de los cambios en la estructura

etaria de la población. El período es favorable mientras la relación es decreciente, y desfavorable cuando la relación es creciente (Figura 7).

Figura 7. América Latina y el Caribe: Relación de dependencia, 1950-2050*



Fuente: United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division (2019). *World Population Prospects: The 2019 Revision*.

(*) personas en edades inactivas (menores de 15 años y mayores de 64 años) respecto a las personas en edades activas (entre 15 y 64 años)

Entre 1950 y mediados de la década de 1960, la relación de dependencia en América Latina y el Caribe creció debido al aumento relativo de la población infantil, hasta alcanzar un valor máximo de 88 dependientes por cada 100 personas en edad de trabajar en 1966. A partir de entonces, y como consecuencia de la fuerte disminución de las tasas de fecundidad, la relación de dependencia ha estado en declive constante, debiendo alcanzar su valor mínimo de 48 dependientes por cada 100 personas en edad de trabajar en 2022, cuando vuelve a aumentar, debido a la creciente proporción

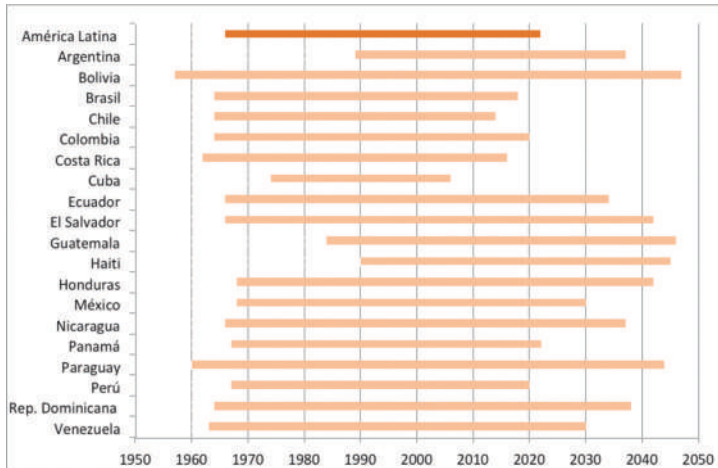
de personas mayores. Como se puede apreciar, el período favorable (entre 1966 y 2022), conocido como el del bono demográfico, ya estaría muy próximo a terminar.

Aunque la relación de dependencia empieza con una tendencia creciente a partir de 2022, iniciando un período en que los cambios demográficos dejan de contribuir de manera favorable al crecimiento económico, sus niveles se mantendrán aún por mucho tiempo por debajo del nivel máximo alcanzado en la década de 1960. Sin embargo, la composición de la población en edades económicamente dependientes cambiará radicalmente, con un predominio creciente de personas mayores con relación a los niños, lo que supone implicaciones distintas a las del período desfavorable previo a 1966.

EL BONO DEMOGRÁFICO EN LOS PAÍSES DE LA REGIÓN

Aunque la evolución de la relación de dependencia suele variar entre los países latinoamericanos, la mayoría de ellos se encuentra actualmente en el período económicamente favorable del bono demográfico. Con algunas excepciones, este período tuvo inicio en todos los países durante la década de 1960. En algunos, como Cuba, Chile, Costa Rica, Brasil, Colombia y Perú, el período del bono ya se ha terminado, mientras que en Panamá está muy próximo a concluir. En los demás se espera que la ventana de oportunidad que ofrece el bono demográfico aún permanezca abierta por varios años, con destaque para los casos de El Salvador, Honduras, Paraguay, Haití, Guatemala y Bolivia, en donde se prolongaría más allá de 2040 (Figura 8).

Figura 8. Extensión del bono demográfico en los países de América Latina



Fuente: Elaboración propia, sobre la base de United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division (2019). *World Population Prospects: The 2019 Revision*.

En el caso del Caribe, en donde la transición demográfica ha sido aún más rápida que en América Latina, y consecuentemente el período del bono demográfico más corto, este período favorable ya ha finalizado o está muy próximo a hacerlo en prácticamente todos los países.

Si bien la gran mayoría de las naciones de América Latina se encuentra actualmente en medio de una coyuntura demográfica favorable al desarrollo económico, esta situación deberá modificarse tarde o temprano en todos ellos, como resultado del incremento proporcional continuo de las personas mayores.

Aunque la gran mayoría de los países de América Latina se encuentra en medio de una coyuntura demográfica favorable al desarrollo económico, esta situación deberá modificarse tarde o temprano en todos ellos, como resultado del incremento proporcional continuo de las personas mayores.

Si la llegada de esta nueva situación se da en un contexto económico desfavorable, sin crecimiento y ahorro previos, la carga de la población dependiente (especialmente personas mayores) sobre el grupo económicamente activo exigirá grandes transferencias de recursos desde este último, dando origen a una situación que puede generar no solo conflictos intergeneracionales, sino también problemas de solvencia que podrían poner en riesgo el financiamiento de sistemas clave como la salud y la seguridad social (Saad, Miller & Martínez, 2009).

Los beneficios asociados al período del bono demográfico no se dan de manera automática. Dependen más bien de la adopción de políticas macroeconómicas que incentiven la inversión productiva, aumenten las oportunidades de empleo y promuevan un ambiente social y económico estable, propicio para un desarrollo sostenido (Adioetomo et al., 2005; Bloom, Canning & Sevilla, 2003; Wong & Carvalho, 2006). En particular, requieren fuertes inversiones en capital humano, especialmente en la educación y la salud de los jóvenes, para que las personas en edad de trabajar sean no solo cuantitativamente más numerosas, sino que también cualitativamente más productivas. De hecho, la combinación de una fuerza de trabajo amplia, joven y altamente capacitada para el empleo y un contingente todavía relativamente pequeño de personas mayores dependientes, constituye una situación favorable para el crecimiento económico (CEPAL, 2009).

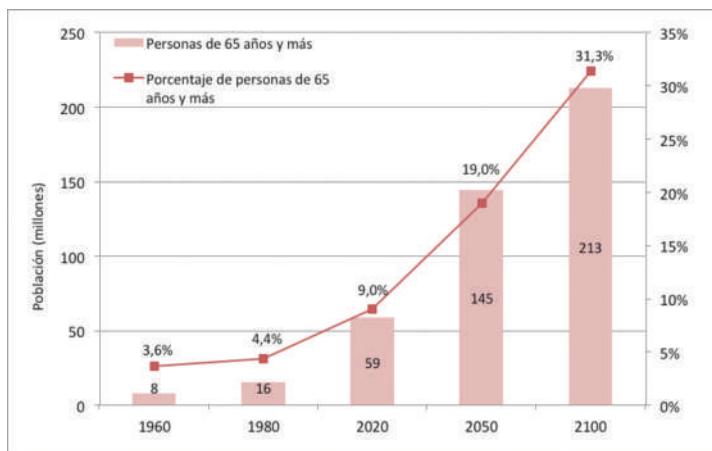
En este sentido, aprovechar el bono demográfico a través de inversiones en educación y salud, además de la creación de empleos productivos, no solo implica mayores oportunidades para los jóvenes de hoy, sino que también representa una oportunidad única de prepararse para el futuro, ya que los logros económicos derivados de tales inversiones harán posible los saltos productivos y el ahorro necesarios para hacer frente al aumento exponencial de costos asociados al envejecimiento de la sociedad. (Saad, Miller, Martínez & Holz, 2012).

LOS GRANDES DESAFÍOS DEL ENVEJECIMIENTO POBLACIONAL

Desde mediados de los años sesenta, el descenso continuo de la fecundidad en la región, aunado a un aumento sostenido en la esperanza de vida, ha iniciado un proceso gradual de envejecimiento poblacional, que se acelera a medida que las generaciones más numerosas que sus antecesoras van avanzando en el ciclo de vida. Una vez finalizado el período del bono demográfico, le sigue uno de rápido envejecimiento poblacional.

Actualmente, se estima que el total de personas de 65 años y más en la región sea de unos 58.6 millones, lo que representa cerca del 9% de la población. A mediados de la década de 1960, este grupo era de aproximadamente 8 millones (3,6% de la población), y se espera que alcance un total de 145 millones (19,0% de la población) en 2050 y de 213 millones (31,3% de la población) hasta el final del siglo (Figura 9).

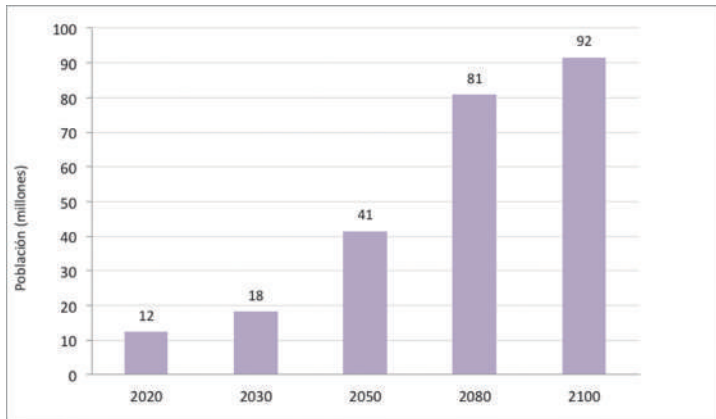
Figura 9. América Latina y el Caribe: Total de la población de 65 años y más, y porcentaje de la población de 65 años y más respecto a la población total, 1960-2100



Fuente: United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division (2019). *World Population Prospects: The 2019 Revision*.

Asimismo, es de fundamental importancia considerar que, con la creciente esperanza de vida, los grupos de edad más avanzada son los que crecen con mayor intensidad. Actualmente, la tasa de crecimiento anual de la población de 80 años y más (4%) es superior a la de cualquier otro grupo de edad. Se proyecta que hasta el final del siglo, el número de personas de 80 años y más en la región incrementará más de 7.5 veces, pasando de 12 millones en 2020 a 92 millones en 2100 (Figura 10). De hecho, sería el único grupo poblacional con crecimiento positivo a lo largo de todo el siglo XXI.

Figura 10. América Latina y el Caribe: Población de 80 años y más, 2020-2100



Fuente: United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division (2019). *World Population Prospects: The 2019 Revision*.

El hecho de que el proceso de envejecimiento en América Latina y el Caribe tiende a avanzar de manera más rápida e intensa, en comparación al proceso observado en el mundo desarrollado y en un contexto caracterizado por una persistente desigualdad, hace que los gobiernos de la región cuenten con tiempos más acotados y condiciones más adversas para realizar los ajustes necesarios para satisfacer las demandas de una población que envejece y promover una sociedad equitativa e inclusiva para todas las edades.

El crecimiento de la población adulta mayor, en particular de los grupos de edades más avanzadas, trae consigo desafíos económicos y sociales de gran alcance en los países de la región, relacionados, entre otras cosas, al aumento de la demanda de pensiones, los costos de atención médica y

las necesidades de cuidados de largo aliento (Saad, Miller & Martínez, 2009).

Las proyecciones de población alertan inequívocamente sobre la necesidad de implementar desde ya una serie de acciones y medidas con visión de largo plazo, para evitar que las condiciones de vida de las personas mayores se deterioren en el futuro y generen situaciones de desigualdad catalizadas por la nueva realidad demográfica.

Es fundamental, por ejemplo, incrementar las inversiones en educación -particularmente en lo que respecta a su calidad-, en capacitación para el empleo y en la generación de empleos formales y de calidad, a fin de reducir las altas tasas de informalidad que caracterizan al mercado y aumentar la productividad de las futuras generaciones de trabajadores, que se verán cada vez más reducidas en el futuro.

Los altos niveles de informalidad actualmente vigentes (CEPAL, 2021) comprometen el financiamiento de los sistemas públicos y aumentan la presión sobre las cuentas fiscales, que en todo caso se han visto afectadas por el creciente aumento del contingente de personas mayores, que muchas veces carecen de recursos adecuados y requieren de aportes no contributivos para satisfacer sus necesidades.

Otro pilar importante, en este caso para enfrentar la presión fiscal que el envejecimiento de la población implicará sobre el gasto en salud, es el desarrollo de políticas preventivas con enfoque de ciclo de vida, capaces de incidir simultáneamente en el aumento de la esperanza de vida, la longevidad y la buena salud. Esto implica adoptar un cambio de paradigma desde sistemas basados en la atención hacia sistemas centrados en la prevención. Por lo tanto, la preparación

para una vida adulta más sana debe partir del nacimiento de cada individuo y continuar a lo largo de todo el ciclo vital.

Por otro lado, el fuerte incremento que se prevé de las demandas de cuidado de personas mayores requerirá necesariamente de ajustes con relación a los sistemas de cuidado. El incremento de la demanda de cuidado por parte de las personas mayores, tradicionalmente a cargo de las familias, y en particular de las mujeres de las familias, ocurre en un contexto en que la capacidad de las familias en brindar este tipo de apoyo se va debilitando. Con la reducción de la fecundidad disminuye la disponibilidad de hijos para las tareas de cuidado, y en especial de hijas, debido a la creciente participación femenina en el mercado laboral (Huenchuán & Saad, 2010).

Sin embargo, con notables excepciones, los cuidados no han sido un tema relevante en la agenda de políticas públicas de los Estados latinoamericanos, que siguen transfiriendo esta responsabilidad a los hogares y familias. Por lo tanto, los ajustes implican necesariamente una redefinición del rol del Estado, la familia y el sector privado, incluyendo la implementación de sistemas nacionales de cuidado, con los respectivos desafíos que conlleva su financiamiento.

La necesidad de implementar estos sistemas de cuidado se justifica, en primer lugar, por la inaceptable desigualdad de género que se observa en la región respecto de la distribución de las tareas de cuidado, asumidas de manera absolutamente desproporcionada por las mujeres. A este argumento, que por sí solo sería suficiente, cabe agregar el hecho de que, dado el envejecimiento masivo esperado en un futuro próximo, la ausencia de sistemas nacionales de cuidado (o de una manera más general, de una mayor participación del sector

público en el cuidado) podría amplificar las situaciones de desigualdad en la dignidad y la esperanza de vida entre las personas mayores, de acuerdo a si cuentan o no con recursos económicos para adquirir los cuidados necesarios de forma privada en el mercado.

CONSIDERACIONES FINALES

Aunque a menudo se percibe como negativo, el envejecimiento de la población representa más bien un logro de la humanidad, en la medida que resulta de las mejores condiciones de vida de las personas y el ejercicio más efectivo de sus derechos reproductivos, que posibilitan, por un lado, postergar la muerte y, por otro, controlar la fecundidad.

Intentar frenar el envejecimiento es tan equivocado como inútil, ya que es una tendencia global e irreversible. Mucho más correcto e inteligente es construir hoy los escenarios que garanticen las condiciones adecuadas para recibir a los grandes contingentes de adultos mayores que ya comienzan a sumarse a las poblaciones de los países de la región.

La clave está, por tanto, en la planificación de largo plazo. Más específicamente, en la formulación de políticas públicas que sepan interpretar los procesos demográficos con una perspectiva de largo aliento, perspectiva que desafortunadamente no coincide con la que suele prevalecer en las administraciones públicas, en donde la urgencia de cuestiones coyunturales privilegia generalmente los resultados de corto plazo y visibilidad más inmediata.

Una visión de largo plazo permitirá que se le preste la debida atención a las decisiones de inversión que generan beneficios muchas décadas después de realizadas, como en

el caso de la educación, la capacitación para empleos de calidad o la promoción de nuevas iniciativas de política, como la creación de sistemas nacionales de cuidado. Además, favorecerá un enfoque gradualista, evitando las respuestas políticas draconianas que suelen darse en tiempos de crisis.

Finalmente, es importante enfatizar la necesidad de comprender los desafíos del envejecimiento de la población desde una perspectiva amplia, que considere su impacto en las esferas tanto del gobierno como de las personas, las familias y los mercados. Una perspectiva centrada únicamente en la sostenibilidad de los programas gubernamentales corre el riesgo de traducirse en políticas que propongan resolver los desafíos del envejecimiento, trasladando la carga de los gobiernos a las personas y las familias.

BIBLIOGRAFÍA

- Adioetomo, S.; Beninguissé, G.; Gultiano, S.; Yan, H., Nacro, K. & Pool, I. (2005). Policy implications of age-structural changes. CICRED Policy Papers Series N° 1. Paris: Committee for International Cooperation in National Research Demography (CICRED).
- Bloom, D., Canning, D. & Sevilla, J. (2003). The demographic dividend: a new perspective on the economic consequences of population change. RAND Population Matters Program, N° MR-1274. Santa Monica, California: RAND Corporation.
- Caldwell, J.C. (1976). Toward A Restatement of Demographic Transition Theory. *Population and Development Review*, 2(3/4), 321-366.
- Coale, A.J. (1973). The demographic transition reconsidered. En *International Union for the Scientific Study of Population (IUSSP)* (ed.), Proceedings of the International Population Conference 1973, Vol. 1 (pp. 53-73). Liège: Ordina Editions.

- CEPAL (2009). El bono demográfico: una oportunidad para avanzar en materia de cobertura y progresión en educación secundaria. *Panorama Social de América Latina 2008*, Cap. III (pp. 143-169). Santiago de Chile: CEPAL.
- CEPAL (2016). *La matriz de la desigualdad social en América Latina*. Santiago de Chile: CEPAL.
- CEPAL (2021). Estudio Económico de América Latina y el Caribe 2021: dinámica laboral y políticas de empleo para una recuperación sostenible e inclusiva más allá de la crisis del COVID-19. Santiago de Chile: CEPAL.
- CEPAL & Fondo de Población de las Naciones Unidas (UNFPA) (2020). Afrodescendientes y la matriz de la desigualdad social en América Latina: retos para la inclusión. Santiago de Chile: CEPAL / UNFPA.
- Huenchuán, S. & Saad, P. (2010). Envejecimiento y familia en América Latina: el desafío del cuidado en la edad avanzada. En S. Lerner & L. Melgar (eds.), *Familias en el siglo XXI: Realidades diversas y políticas públicas*. Ciudad de México: UNAM/ El Colegio de México.
- Landry, A. (1934). *La Révolution Démographique: études et essais sur les problèmes de la population*. Paris: Recueil Sirey.
- Notestein, F.W. (1945). Population – The long view. En T. W. Schultz, (ed.), *Food for the world* (pp. 36-57). Chicago: University of Chicago Press.
- Rodríguez, J. & San Juan, V. (2020). Maternidad, fecundidad y paridez en la adolescencia y la juventud: continuidad y cambio en América Latina. *Serie Población y Desarrollo*, N° 131. Santiago de Chile: Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).
- Saad, P.; Miller, T. & Martínez, C. (2009). Impacto de los cambios demográficos en las demandas sectoriales en América Latina. *Revista brasileira de estudos de população*, 26(2). Río de Janeiro: ABEP.
- Saad, P.; Miller, T.; Martínez, C. & Holz, M. (2012). Juventud y bono demográfico en Iberoamérica. Santiago de Chile:

- Organización Iberoamericana de Juventud (OIJ)/ Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).
- Tabutin, D. (1985). Les limites de la théorie classique de la transition démographique pour l'occident du XIX siècle et le Tiers-Monde actual. En *International Union for the Scientific Study of Population (IUSSP)* (ed.), Proceedings of the International Population Conference 1985, Vol. 4 (pp. 357-371). Florencia: Ordina Editions.
- Thompson, W.S. (1929). *Danger Spots in World Population*. New York: Alfred A. Knopf.
- United Nations (1973). *The Determinants and Consequences of Population Trends*, Vol. 1. New York: United Nations.
- United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division (2019). *World Population Prospects: The 2019 Revision*. New York: United Nations.
- Wong, L.R. y Carvalho, J.A. (2006). Age-structural transition in Brazil: demographic bonuses and emerging challenges. En I. Pool & L. R. Wong (eds.), *Age-Structural Transitions: Challenges for Development*. Paris: Committee for International Cooperation in National Research Demography (CICRED).
- Zavala de Cosío, M.E. (1992). La transición demográfica en América Latina y en Europa. *Notas de Población*, 20(56). Santiago de Chile: Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).

Ciudades y territorios inteligentes: Visiones y áreas de oportunidades en Chile*

*Luz María García**
Julio Covarrubia***
Karla Zapata*****

El término de “ciudades inteligentes” (*smart cities*) se ha ido adoptando y expandiendo de forma progresiva en distintas naciones y organizaciones del mundo, cobrando protagonismo en políticas públicas dentro de sus cartas de navegación y áreas de innovación en el ámbito privado. Esto se expresa, por ejemplo, en organizaciones internacionales como ONU-HABITAT III (2017), WEF (2020), BID (2016) que incluyen dentro de sus recomendaciones y estrategias el fomento de este fenómeno como mecanismo para abordar los desafíos y retos que asumen las ciudades en este nuevo siglo.

* El estudio ha sido realizado en forma colaborativa por profesionales de Sé Santiago Ciudad Inteligente, Universidad de Chile y Enel X. Las opiniones, interpretaciones y conclusiones aquí descritas no representan necesariamente la opinión de dichas instituciones, ni la de sus respectivos directorios. Este trabajo ha sido editado por el coordinador de estudios de Sé Santiago, Tomás Araneda.

** Gerenta de Programa Estratégico Sé Santiago Ciudad Inteligente.

*** Académico Universidad de Chile

**** Gerenta Enel X

Las tecnologías digitales [...] son cada vez más sofisticadas e integradas y están, de resultas de ello, transformando las sociedades y la economía mundial.

Durante las últimas décadas ha quedado en evidencia el rol central que cumplen las ciudades en pleno siglo XXI, constituyéndose en centros vitales del desarrollo humano y posibilitando sociedades interconectadas entre las múltiples naciones a nivel global, regional, y también local, dado por el nivel de la infraestructura habilitante, los grandes flujos de información y comunicación, la hiperconcentración de prestaciones y modelos de producción especializados (Sassen, 1998 y Giddens, 2014).

A su vez, esta centralidad se expresa en las estimaciones poblacionales que organismos internacionales proyectan para 2050, dando cuenta de un crecimiento demográfico sostenido, acompañado de un proceso de urbanización incesante, y aseverando que la mayor parte de la población mundial vivirá en ciudades. Esto implica enormes desafíos en materias de sostenibilidad tan diversos como servicios básicos, vivienda, educación, salud, seguridad, empleos decentes, recursos naturales, entre otras materias (ONU-HABITAT III, 2017).

En este sentido, durante el siglo XXI las ciudades se han convertido en la expresión espacial, el lugar físico, donde se observa parte considerable de los desafíos planetarios que depara este nuevo siglo. Entre estos desafíos, el último periodo, ha tomado particular relevancia en la palestra pública la lucha contra el cambio climático, la recuperación económica en forma colaborativa y sostenible, o también, esfuerzos conjuntos para frenar los efectos del COVID-19.

Por otra parte, el advenimiento de la Cuarta Revolución Industrial, vale decir, el proceso económico y social que irrumpe progresivamente a partir del siglo XXI, implica una consolidación de la revolución digital ya iniciada durante la segunda mitad del siglo XX, como expresa Schwab (2016):

Esta [la Cuarta Revolución Industrial], comenzó a principios de siglo y se basa en la revolución digital. Se caracteriza por un internet más ubicuo y móvil, por sensores más pequeños y potentes que son cada vez más baratos, y por la inteligencia artificial y el aprendizaje de la máquina. Las tecnologías digitales [...] son cada vez más sofisticadas e integradas y están transformando las sociedades y la economía mundial (p.30-31).

Como señala el autor, el desarrollo de las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC)¹ durante los últimos 50 años, consolidan el fenómeno de transformación digital en este nuevo siglo, implicando una disrupción en las dinámicas, interacciones y prácticas de la vida cotidiana de las personas, comunidades, y organizaciones públicas y privadas.

Hoy en día, las rutinas de las personas se están transformando debido al uso de celulares y *notebooks*, que son cada vez más habituales. El acceso a la comunicación entre personas se vuelve prácticamente inmediato sin importar la distancia física. A modo de ejemplo, los antiguos reproductores de música se han ido progresivamente reemplazando por listas de canciones en plataformas digitales, al alcance de la mano. O también, el uso de aplicaciones de posicionamiento satelital que permite ubicarse y guiar hacia los distintos puntos de destino en el día a día con mayor facilidad. Los beneficios de esta Revolución son múltiples, y ofrecen una alternativa para abordar problemáticas sostenidas con nuevos enfoques.

1 En adelante, se hará uso de la abreviatura TIC para referir a las Tecnologías de la Información y Comunicación.

En la actualidad, en términos de conectividad se sigue avanzando a pasos acelerados, y ello se ve reflejado especialmente en la penetración de usuarios de Internet. Según datos de *We Are Social & Hootsuite* (2021), este fenómeno sigue en aumento, afirmando que en la actualidad cerca de un 60% de la población mundial es usuario de Internet, mientras que en Chile esta cifra incluso alcanza el 82,3% a junio del 2021.

Sin embargo, el proceso de penetración de Internet y conectividad no se encuentra exento de desafíos, dado que esto viene acompañado de una brecha digital, que -según la Fundación País Digital (2020)- se refiere a la separación que existe entre personas que usan las TIC y las que no la utilizan, aún cuando tengan acceso a la misma. En Chile, la brecha digital en el uso de Internet afecta particularmente a sectores socioeconómicos más vulnerables, población adulta, habitantes de zonas rurales y segmentos con bajos niveles educacionales. De acuerdo con los mismos datos de este estudio, la brecha digital se distribuye en forma disímil a lo largo y ancho del territorio nacional, posicionando a la Región Metropolitana (87,5%), Región de Magallanes y la Antártica Chilena (85,8%) y la Región de Antofagasta (83,1%), entre las regiones que cuentan con mayor cantidad de usuarios de Internet.

El proceso de transformación digital, junto con toda la situación económica y social de países y ciudades se vio afectada por la transmisión acelerada del COVID-19. Fenómeno, como pocas veces se había observado en la historia reciente, que implicó la cancelación de vuelos comerciales, cierres de fronteras, cierre de comercios y cuarentenas obligatorias en múltiples ciudades del mundo. En el caso chileno, esto se comenzó a experimentar con los primeros casos de contagio durante el mes de febrero y la posterior cuarentena desde

el mes de marzo en todo el país, que implicó una nueva modificación en las actividades diarias de las personas e instituciones, afectando a la economía y múltiples factores sociales de los cuales aún se siguen observando sus efectos.

El COVID-19 tuvo un impacto profundo sobre las ciudades a nivel global. Según datos de UN-HABITAT (2020), más de 1.430 ciudades se vieron afectadas en alrededor de 210 países, llegando al 95% de las áreas urbanas. El mismo reporte señala que lo anterior se da en un contexto donde mil millones de personas residen en asentamientos informales y 2.400 millones carecen de acceso adecuado al agua potable y servicios sanitarios. Este análisis también es compartido por el World Bank Group (2020), el cual considera que ciudades y gobiernos locales se encuentran en la primera línea frente a los efectos de la pandemia, afectando a las economías y su tejido social. En contraste con los efectos negativos de la emergencia sanitaria, el Coronavirus desencadenó una transformación digital acelerada que ha sido favorable en múltiples ámbitos. Esto se observó, por ejemplo, en el cierre de establecimientos educativos, lugares de trabajo e instituciones públicas, y la implementación de la educación a distancia, el teletrabajo y la aceleración sobre los trámites digitales. En palabras de Fundación Telefónica (2021):

Gran parte de la actividad económica, el sistema educativo, la cultura, el ocio y las relaciones con nuestras familias y seres queridos se apoyaron en la conectividad y los servicios digitales. [...] La digitalización acelerada es irreversible e imparable. Ha llegado para quedarse. En las primeras semanas de confinamiento avanzamos en el uso de la tecnología el equivalente a un lustro en condiciones normales. En cierto modo, la crisis ha acelerado la solución a la propia crisis. El mundo es ya mucho más digital y se ha confirmado que la conectividad y nuestro sector son vitales para el desarrollo económico (p.11).

De acuerdo con lo anterior, el proceso de transformación digital se presume como un factor inherente a la recuperación económica. Para ello, resultan fundamentales iniciativas que fortalezcan el cierre de brechas digitales, como el aumento del comercio electrónico y planes de cooperación en políticas digitales entre múltiples naciones en la región (Naciones Unidas, Konrad-Adenauer-Stiftung e.V y BID, 2021). Esto último, supone no solo una recuperación económica digital, sino también colaborativa, en donde múltiples naciones, organizaciones privadas, sociedad civil y las mismas personas se integren bajo un círculo virtuoso de apoyos y redes que logren mitigar la pérdida de trabajo e ingresos en ellos, mediante opciones de recalificación o reconversión laboral bajo el desarrollo de habilidades digitales y competencias de empleabilidad, que poseen una demanda transversal en un rango amplio de ocupaciones (CEPAL-OIT, 2020).

Por otra parte, las ciudades en el siglo XXI también se ven enfrentadas al fenómeno global del cambio climático. La responsabilidad que poseen es sustantiva frente a esta crisis socio-ecológica, dado que consumen entre el 80 y 90% de la energía total del planeta, además de generar gran parte de contaminantes, como los Gases de Efecto Invernadero (GEI) (Albino, Berardi y Dangelico, 2015). Según el sexto informe de evaluación IPCC (2021), las temperaturas cálidas extremas serán cada vez más frecuentes, situación que se intensificará con los procesos de urbanización creciente, en los que se prevé un aumento de las olas de calor. En este sentido, se requieren esfuerzos y compromisos multilaterales de gobiernos, empresas, sociedad civil y las mismas personas para mitigar el escenario desfavorable y, con ello, fomentar la resiliencia de las ciudades.

El contexto anterior permite relevar el rol que ocupa el fenómeno de ciudades inteligentes a nivel global. El término de ciudad inteligente posee una vasta diversidad de definiciones que la caracterizan. Sin embargo, a grandes rasgos, y siguiendo la definición del Banco Interamericano de Desarrollo (2016), es aquella que, situando a las personas en el centro, y mediante las TIC, fomenta ciudades más resilientes, inclusivas, sostenibles e innovadoras, mejorando la vida de las personas.

Las ciudades inteligentes toman buena parte de los desafíos que se han descrito con anterioridad, proponiendo mecanismos y modelos que hagan frente a estos retos, y solucionen o mitiguen al menos parcialmente sus efectos. En las secciones siguientes se abordarán distintas visiones y definiciones de ciudades inteligentes, y también una breve discusión sobre el término relacionado de territorios inteligentes, y la relevancia que supone una confluencia entre ambos. En forma posterior, se expondrán los retos que deben afrontar este modelo de desarrollo urbano, y algunas iniciativas existentes en el país que abren un abanico de posibilidades para un desarrollo colaborativo y sostenible de las ciudades y territorios en Chile.

VISIONES Y DEFINICIONES SOBRE CIUDADES Y TERRITORIOS INTELIGENTES. SUGERENCIAS PARA EL CASO DE CHILE

Como consecuencia de los desafíos en las ciudades del siglo XXI, en las últimas décadas, numerosos modelos conceptuales de intervención urbana y territorial se han propuesto, sin necesariamente existir un consenso claro respecto de un etiquetado urbano predilecto que haga un sentido transversal y hegemónico. Según Echebarria, Barrutia

y Aguado-Moralejo (2020), esta noción de ciudad inteligente² (*Smart City*), usualmente se vio vinculada a términos similares como *intelligent city*³, ciudad digital, ciudad virtual, ciudad del conocimiento, entre otros. Frente a esto, autores como Nam & Pardo (2011), a modo de ilustración indican que en equipos de marketing el término *smart* se utiliza más que el término *intelligent*, dado que el primero se encuentra centrado en la perspectiva del usuario y permite un uso más amigable que el segundo, más elitista y que se encuentra vinculado con un pensamiento o una mente rápida. Por otra parte, estos autores sostienen que en el campo de la planificación urbana se atribuye el término *smart* a una toma de decisiones estratégica, para distinguir las nuevas políticas, planes y programas orientadas a un desarrollo sostenible, un crecimiento económico sólido y una mejora en la calidad de la vida de las personas. En relación con la diversidad de términos, estos suelen ser más específicos y menos inclusivos que el concepto de ciudad inteligente, que suele incorporarlo dentro de su concepción (Albino et al., 2015).

Asimismo, los orígenes del concepto ciudad inteligente, poseen una extensa variedad de hitos que contribuyen a entender el surgimiento de este fenómeno. Según Quintero y Gómez (2020), el concepto se remonta a la década de los '90 en Australia y Malasia, donde usaron el término *smart city* para aludir a proyectos urbanos integrando el desarrollo tecnológico. Harrison y Abbott (2011), coinciden en que el término no es nuevo, y es posible que haya surgido durante esa década debido al *smart growth movement*, en que equipos

2 Traducción del término en inglés, que se utilizará de forma indistinta en singular o plural.

3 Se mantuvo el idioma original del término dada la ausencia de una palabra en español que se distinguiera de ciudad inteligente, y mantuviera el sentido sobre este.

multidisciplinarios alentaban nuevas políticas de desarrollo urbano en Estados Unidos.

No obstante, ya durante la primera década del 2000 es cuando el fenómeno comienza a masificarse a través de grandes compañías tecnológicas, destacando la iniciativa de CISCO (en 2005), que creó el programa *Connected Urban Development* para dar respuesta a una solicitud de Fundación Clinton, y en la que pedían elaborar una forma en la que sus servicios podrían integrarse en la ciudad del futuro. Este programa resultó ser exitoso, dado que ya en el 2010 se crearía la división *Smart and Connected Communities*, para comercializar productos y servicios desarrollados en el marco de ese programa (Quintero y Gómez, 2020). Consecutivamente, durante esta misma década, en 2009, surge la iniciativa *IBM's Smarter Cities* como resultado de la iniciativa *Smarter Planet* (fines de 2008) de la misma compañía (Harrison y Abbott, 2011). El rol protagónico que, en definitiva, ha tenido la industria tecnológica en impulsar este concepto ha sido un consenso dentro de la discusión académica, dado que luego de ello, múltiples organismos⁴ comenzaron a aplicar este término dentro de sus políticas e iniciativas (Fernández, 2016).

En los años siguientes, numerosas visiones y definiciones de ciudades inteligentes comienzan a surgir, y especialmente a concentrarse en determinados componentes o enfoques⁵. Según Nam & Pardo (2011), estas podrían sintetizarse en tres

4 A la fecha, existen casos en Naciones Unidas, Banco Mundial, Banco Interamericano de Desarrollo, OECD, entre otras.

5 Dependiendo el autor, la denominación de estos tipos en una *Smart City* van variando, a modo de componentes o enfoques según el sentido que se le otorgue. Para efectos de este capítulo, se las tratará indistintamente para facilitar su comprensión.

tipos: 1) enfoque tecnológico, 2) enfoque humanista, y 3) enfoque colaborativo, como se pueden observar en la Figura 1.

Figura 1: Enfoques de Ciudades Inteligentes



Fuente: Elaboración propia, basado en ONU-HABITAT III (2015).

1.- Enfoque tecnológico

El enfoque tecnológico, de acuerdo con Echebarría et al. (2020), otorga un rol preponderante a las TIC, tales como Internet de las Cosas, Big Data, Inteligencia Artificial, Cloud Computing, Blockchain, etc., para resolver los retos y desafíos que las ciudades en el siglo XXI deben enfrentar. El mismo estudio afirma que este enfoque enfatiza sobre las posibilidades que las TIC generan para fortalecer los sistemas urbanos tales como transporte, movilidad, energía, recursos hídricos, contaminación, residuos, etc., denominado infraestructura dura (*hard infrastructure*). En este sentido, las TIC serían un facilitador para el desarrollo de un nuevo entorno comunicativo, que, a través de plataformas de datos, permitan generar un monitoreo constante de dichos servicios, mejorando su eficiencia y eficacia (Albino et al., 2015).

2.- Enfoque humanista

El enfoque humanista releva el papel que juegan las personas en los desafíos del desarrollo urbano, como un factor inherente a las ciudades inteligentes. Echebarria et al., (2020) plantea que este enfoque basa su estrategia en la infraestructura blanda (*soft infrastructure*) de la ciudad, y se caracteriza por impulsar fuertemente el capital humano (conocimiento y educación) y el capital social. Sobre el término capital social, los autores sostienen que es una acumulación de recursos públicos (a modo de ilustración, participación, equidad, cultura, inclusión social, bienestar, seguridad, entre otras), que se activan y movilizan a través de las conexiones (sociales) entre los miembros que la componen, configurando una red de relaciones (García-Valdecasas, 2011).

La diferencia respecto del primer enfoque radica en que el éxito tecnológico en una ciudad inteligente debe ir ligado necesariamente a la generación de un valor público que se enfoque en las personas, a través del desarrollo e inversión de capital humano avanzado a nivel local, fomentando la capacidad de aprendizaje y adaptación a la innovación tecnológica, el cierre de brechas digitales y sociales, la participación ciudadana, y la atracción de recursos extranjeros ya sean físicos, sociales o económicos (Echebarria et al., 2020).

3.- Enfoque colaborativo

El enfoque colaborativo da cuenta de las relaciones entre los diferentes actores de una ciudad para participar de la toma de decisiones y la generación de servicios públicos, como un factor gravitante en el desarrollo exitoso de ciudades inteligentes, el cual es denominado gobernanza inteligente (*smart governance*) (Albino et al., 2015). En este enfoque

colaborativo se da relevancia al papel central que tienen que ocupar Estados y Gobiernos en el desarrollo de políticas públicas que fomenten las ciudades inteligentes, a través de un entorno administrativo entre los múltiples actores (*multi-stakeholders*) y que aborde factores institucionales como la relación entre agencias del Estado, la articulación público-privada, y el vínculo entre academia y centros de Investigación, Desarrollo e Innovación (I+D+i) (Nam & Pardo, 2011). Por otra parte, esta visión también se encuentra basada en el enfoque humanista, dado que, poniendo en el centro del desarrollo a las personas, establece iniciativas de arriba hacia abajo (*top-down*) y de abajo hacia arriba (*bottom-up*) (Echebarria et al., 2020).

A lo largo de la última década, las diferentes visiones y definiciones de ciudades inteligentes han dado origen a diversas iniciativas con los enfoques o aproximaciones que se han descrito con anterioridad. Existe un consenso mayoritario en que las TIC, y con ello el capital tecnológico, constituyen un habilitante y pieza clave para el fomento de ciudades inteligentes. No obstante, para una mejora sustantiva en la calidad de vida dentro de las ciudades, resulta relevante fomentar el capital social, cultural (humano) y organizacional, provisto por políticas multinivel (globales, regionales, nacionales y sub-nacionales) y su ecosistema urbano (Echebarria et al., 2015). En este sentido, para un futuro sostenible social, económico y ambientalmente en el desarrollo de las ciudades del siglo XXI, se requieren consensos que impulsen una visión holística de ciudades inteligentes, fomentando la innovación tecnológica, el capital humano, la participación ciudadana, y la articulación público-privada y vinculación activa entre múltiples actores pertenecientes a la ciudad en su proceso.

En paralelo, una definición reciente que se ha venido popularizando es el término de Territorios Inteligentes (*smart places*), “aquellos capaces de dotarse de proyectos colectivos de futuro, lograr el equilibrio justo, descubrir su singularidad y construir sus propias ventajas competitivas en un marco global” (Quintero y Gómez, 2020, p.26). Si bien el término se enlaza con el enfoque colaborativo del concepto Ciudades Inteligentes, resulta interesante destacar la importancia del desarrollo económico a múltiples escalas y cómo se generan estrategias en su proceso. En este sentido, el término territorios inteligentes, permite complementar y ampliar la mirada sobre el rol que ocupan las ciudades no solo en el ámbito local y global, considerando las ventajas comparativas que cada centro urbano puede aportar desde su lado de la vereda, fomentando economías colaborativas, sostenibles e inclusivas. Por último, cabe mencionar que el término territorio inteligente, permite trascender los horizontes urbanos, atendiendo a las necesidades rurales de la población. Esto, en el caso de Chile, resulta particularmente llamativo dada las brechas de conectividad en la zona y que una inversión en la misma supondría no solo una descentralización de bienes y servicios, sino también un potencial de recuperación económica, social y ecológica.

RETOS Y OPORTUNIDADES PARA EL DESARROLLO DE *SMART CITIES* EN CHILE

En el último siglo en Chile, el desarrollo de las ciudades ha estado caracterizado por fenómenos diversos, no exentos de desafíos que múltiples iniciativas y organismos han querido solventar parcial o totalmente. En este sentido, comprender la profundidad y extensión (espacio temporal) de los retos y desafíos del siglo XXI es relevante, para entender el contexto bajo el cual las *smart cities* buscan implementarse

transversalmente en el país. En este sentido, esta propuesta busca alentar nuevas formas de implementación de ciudades y territorios inteligentes, que comprendiendo la totalidad de su entorno, generen estrategias mancomunadas para mejorar la calidad de vida.

El concepto de *Smart Cities* en Chile ha tenido una implementación focalizada dentro de algunas regiones del territorio nacional, siendo Santiago -capital del país- la más visible en esta materia (IESE, 2020). Santiago es considerada una megaciudad latinoamericana (Aguilar, 2002), de 40 kilómetros de extensión, con más de 8 millones de habitantes, según proyecciones poblacionales del Instituto Nacional de Estadísticas (INE)⁶ para 2021.

La capital, en su configuración urbana y territorial, en los últimos 100 años ha experimentado profundas transformaciones en su ordenamiento y planificación. Como señala Ubilla y Chia (2021), estas transformaciones se sintetizan en tres momentos principales, que son: 1) la planificación centralizada, 2) la regulación urbana, y 3) planificación no integrada del territorio.

1. En primer lugar, el proceso de planificación territorial en forma centralizada se comienza a experimentar cerca de la década de los años 30', en el saneamiento y crecimiento de la ciudad, mediante la construcción de caminos, puentes, canalización de causes y riegos.

2. En segundo lugar, a partir de la década de los 60', se fueron implementando políticas y procesos de regulación urbana, desarrolladas especialmente en materia de viviendas.

6 Extraído de: <https://www.ine.cl/estadisticas/sociales/demografia-y-vitales/proyecciones-de-poblacion>. Con fecha: martes, 9 de noviembre de 2021.

3. Por último, desde los años 70' en adelante, se comienza a observar un proceso de flexibilización de la regulación urbana, otorgando protagonismo a las leyes de oferta y demanda en el mercado de suelos. Al mismo tiempo, las intervenciones sectoriales de ministerios en la planificación territorial comienzan a funcionar bajo criterios que no necesariamente comparten una visión común entre ellas, expresadas, por ejemplo, en la determinación de brechas sociales y carteras de iniciativas diferenciadas entre sí.

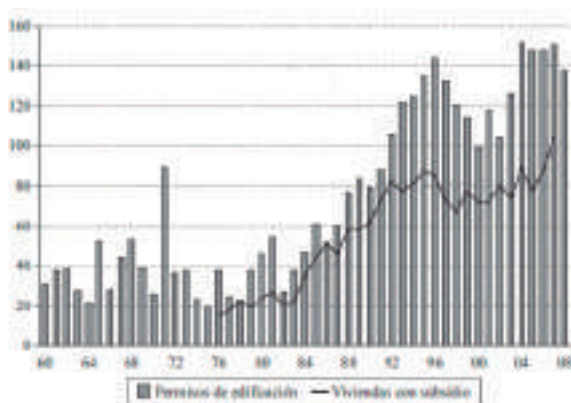
Sobre esto último, los autores reconocen cierta mitigación de las problemáticas de comunicación y acción intersectorial mediante instrumentos de planificación nacionales, regionales y locales. No obstante, han sido insuficientes para resolver la diversidad de retos urbanos relacionados. Adicionalmente, la historia reciente de la configuración urbana de Santiago ha estado marcada por un dinamismo de políticas, regulaciones y visiones heterogéneas sobre la planificación y ordenamiento del territorio, que en la actualidad se traducen en retos para la gobernanza metropolitana. Estos retos, son observables bajo fenómenos tales como la segregación residencial y la expansión acelerada de manera fragmentada en el territorio, que genera discontinuidades respecto de su trama urbana y, al mismo tiempo, brechas de acceso y uso de bienes y servicios (Jirón y Mansilla, 2014).

Como consecuencia de lo anterior, si bien el avance inmobiliario ha permitido el acceso a la vivienda, mediante créditos hipotecarios a parte considerable de la población, ha significado, a su vez, una modificación en las formas y estructuras internas de la ciudad de Santiago. Una de estas modificaciones se ha manifestado bajo el fenómeno de gentrificación que implica un recambio de segmentos socioeconómicos bajos a más altos en determinados sectores, debido a proyectos de

inversión inmobiliaria que elevan la valorización mercantil de los suelos, desplazando a sectores de menores ingresos fuera de los centros urbanos más desarrollados en la capital (Sabatini, Rasse, Cáceres, Sarella y Trebilcock, 2017).

Por otro lado, en los últimos 30 años el Estado ha ocupado un rol central en la disminución del déficit de viviendas, por medio de inmobiliarias y también a través de subsidios a la demanda, cuya función es delegada a entes privados con ciertas regulaciones mínimas como prerrequisito (Mora, Sabatini, Fulgueiras e Innocenti, 2014), como se observa en la Figura 2.

Figura 2: Chile: Permisos de edificación y Número de Subsidios, 1960-2008 (Miles)



Fuente: Mora et al. (2014).

De acuerdo con lo anterior, el país durante el último periodo se situó como un modelo con características favorables para la disminución del déficit de vivienda, debido en parte al acceso a crédito hipotecario que significó una apertura a la adquisición de estas, pero también a las iniciativas de subsidios públicos que complementa este acceso a sectores

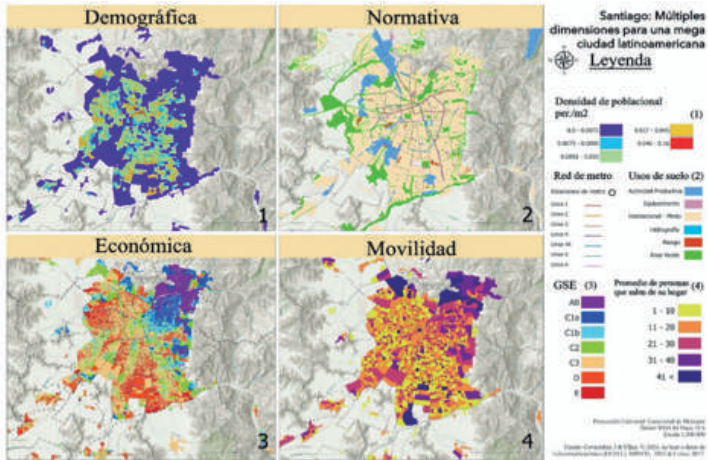
de menores ingresos. No obstante, entre otros factores, han existido externalidades negativas como la calidad y tamaño de las viviendas, o también el entorno en donde se ubican. Un reflejo de lo anterior se expresa en viviendas emplazadas en sectores con déficit de áreas verdes, distancias físicas en el acceso a centros de salud, trámites públicos, entre otros. Adicionalmente, es posible observar segmentos de menores ingresos que han quedado fuera del acceso a créditos hipotecarios e incluso de subsidios provistos por el Estado. De acuerdo con TECHO-Chile y Fundación Vivienda (2021), se evidencia un aumento significativo de familias residiendo en campamentos entre 2019 y 2020, situación que no se observaba desde 1996.

Las inequidades socio-territoriales se expresan como parte de los retos en las ciudades del siglo XXI. Coexistiendo en la ciudad de Santiago segmentos de población en situación de vulnerabilidad e islas de alta valorización mercantil del suelo urbano, con un equipamiento de bienes y servicios robustos. Donde, a modo de ejemplo, se sitúan los sectores de mayores ingresos, polos financieros y de negocios, grandes áreas verdes y un estándar urbano comparable con algunas ciudades de Europa.

Realidades no muy distintas se viven en las capitales regionales, donde los segmentos de mayores ingresos mantienen un estándar urbano elevado, en localizaciones cercanas a los centros cívicos y financieros, zonas de alto valor paisajístico y servicios ecosistémicos, mientras que los segmentos de bajos ingresos comparten altos tiempos de viaje a los trabajos, carentes de infraestructura urbana como parques y plazas, y en algunos casos expuestos en zonas de riesgos socio-naturales.

Las diversas dimensiones de las ciudades -económicas, ambientales, demográficas, por nombrar algunas-, se plasman geográficamente en las propias urbes latinoamericanas y particularmente chilenas, siendo Santiago parte de esta tendencia, como se evidencia en la Figura 3.

Figura 3: Gran Santiago: Múltiples dimensiones del Gran Santiago



Fuente: Elaboración propia en base MINVU (2015), INE (2017)⁷ y ENTEL (2021)⁸.

GOBERNANZA, ACTORES Y EL EFECTO DE RED

Una ciudad o territorio⁹ la compone un conjunto de actividades generalmente asociadas al sector terciario y secundario de la economía, negocios, servicios y actividades

7 Instituto Nacional de Estadísticas. Censo de Población y Vivienda, 2017.

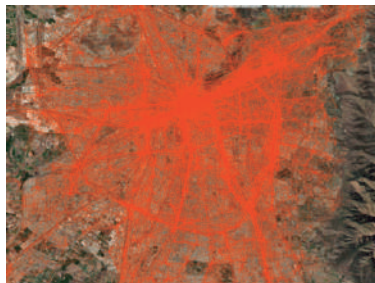
8 Empresa Nacional de Telecomunicaciones (ENTEL). Datos de infraestructura de telecomunicaciones, 2021.

9 Para efectos didácticos, se realizará una homologación de términos para referir a los aspectos socioculturales en la construcción de espacios físicos.

gubernamentales. No obstante, la construcción de las ciudades y territorios, no solo se encuentra definida por directrices del mundo público o privado. Las personas crean vínculos identitarios con dichos espacios, tanto en sus residencias y desplazamientos, como en sus consumos, actividades e imaginarios, que van dibujando el paisaje urbano en función de la cosmovisión propia y colectiva. En este sentido, las ciudades también se construyen cotidianamente en las dinámicas, flujos, procesos y actividades diarias, donde las personas, en sus tránsitos al hogar, el trabajo, los centros educativos, de ocio y otros, ocupan un espacio definido.

Ahora bien, estas dinámicas, prácticas y actividades en las ciudades, en la actualidad se encuentran cada vez más vinculadas a la transformación digital de los espacios. Dado que, con la ayuda de las TIC (como Big Data, Internet de las Cosas, entre otros), es posible convertir estas dinámicas en información, y configurar trazas y patrones medibles dentro de la ciudad, disponiendo de una representación más fidedigna de lo que ocurre en ella, y siendo un habilitante para la toma de decisiones basadas en evidencia que mejore la calidad de vida de las personas y fomente el desarrollo económico local de manera sostenible. Una expresión de lo anterior es lo que se observa en la Figura 4, presentada a continuación.

Figura 4: Trazas digitales de una ciudad conectada

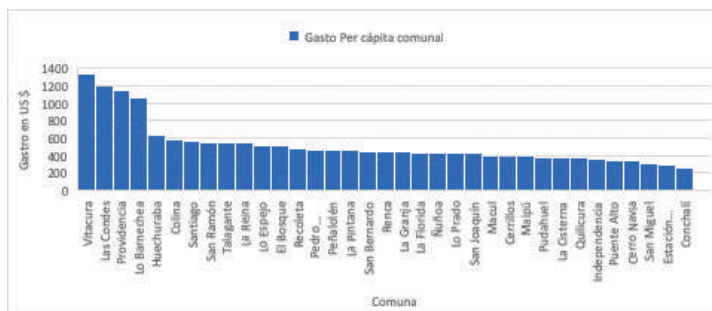


Fuente: ENTEL 2021.

Mientras que en Vitacura, el presupuesto por habitante puede estar en torno a US\$1.200, en Conchalí sobrepasa apenas los US\$200, y el promedio está en los US\$383. También existen brechas de eficiencia de recursos en los gobiernos locales, donde el promedio de municipios tiene asociado un sobregasto de aproximadamente el 61% respecto de su disponibilidad presupuestaria.

Frente a estas nuevas posibilidades y capacidades que otorga la tecnología, existen retos para su aplicación de manera transversal en los gobiernos locales que componen la Región Metropolitana. Esto se debe a que en Santiago, como en el resto de regiones a nivel nacional, existen diferencias presupuestarias entre los gobiernos locales con más recursos y que se concentran principalmente en el sector oriente de la capital, versus los gobiernos locales con capacidades presupuestarias más reducidas, dificultando el acceso que tienen estas a iniciativas como analítica de datos, monitoreo masivo de dispositivos de IOT (*Internet of Things*), o logísticas de transporte, entre otras soluciones. La realidad nacional es que diversos gobiernos locales del país, como también de la Región Metropolitana, se encuentran en una situación desfavorable en relación con el levantamiento de recursos para acciones orientadas al desarrollo de *Smart Cities*. Por ejemplo, mientras que en Vitacura el presupuesto por habitante puede estar en torno a US \$1.200, en Conchalí sobrepasa apenas los US \$200, y el promedio está en los US \$383. Adicionalmente, existen brechas de eficiencia de recursos en estos gobiernos locales, en donde el promedio de municipios tiene asociado un sobregasto de aproximadamente el 61% respecto de su disponibilidad presupuestaria (Pacheco et al., 2021). Este escenario (como se expresa en la Figura 5), supone un reto a escala de gobernanzas, que requieren de acciones mancomunadas para ser subsanadas.

Figura 5: Gasto per cápita municipal del Gran Santiago



Fuente: Elaboración propia en base a Observatorio Fiscal 2020.

Un contrapunto sobre el escenario anterior guarda relación con la reconfiguración político-institucional de los gobiernos regionales. Esto fomenta la descentralización de decisiones, antes solamente con la figura del intendente, como designado presidencial, y ahora con una configuración dual, con un representante designado a nivel nacional y un representante electo democráticamente, bajo la figura de gobernador. Esto supone una transferencia de competencias y recursos desde el nivel central a los niveles subnacionales, principalmente por el poder decisional transferido. Lo que, a su vez, presume una desconcentración de presupuestos, bajo criterios de decisión de las nuevas autoridades escogidas por cada región (Montecinos, 2020).

Un gobierno regional -inteligente- debe considerar el control, gestión y gobernanza de la infraestructura crítica de las ciudades en *near real time*, elementos que componen una gestión eficaz e integrada que debería considerar al menos los siguientes componentes:

a. Agua potable, quizás el más relevante: el estado de la red, la presión del agua y las fugas son esenciales para mantener la eficiencia operacional y sanitaria de la ciudad.

b. En segundo lugar, la energía: abastecimiento de electricidad y combustibles deben estar en tiempo real para tomar acciones rápidas y certeras en cortes de suministros.

c. La flota y logística urbana: que vele por prevenir y anticipar problemáticas en torno a centros logísticos, autopistas urbanas, cadenas de abastecimientos de bienes y servicios, como también tratamiento estratégico y sostenible de residuos domiciliarios, desincentivando la generación de vertederos ilegales y zonas de sacrificio socioambiental. Un habilitador de lo anterior sería la incorporación de TIC en todos los elementos mencionados, posibilitando mejoras en su gestión.

d. Gobernadores regionales: dentro de sus nuevas atribuciones estará la coordinación del transporte que, entre otras cosas, permitirá que cada región tenga un mayor nivel de autonomía respecto de la ejecución presupuestaria para la inversión en estos ámbitos. El GORE debe tener en línea no solo el transporte público, sino también el transporte interregional.

e. Conexión directa con las policías: la dotación y contingente en tiempo real es esencial para responder situaciones de seguridad.

f. Conexión directa con la capacidad hospitalaria: camas disponibles, dotación de médicos, control de flota de ambulancias.

g. Monitoreo de la población flotante en tiempo real: flujos origen-destino y localización de sectores de alta convocatoria.

h. Todo lo anterior con dispositivos inteligentes conectados a la red que estén permanentemente entregando información 24/7, lo más cercano al tiempo real.

i. Un gran data lake: con indicadores e insights ajustados a la realidad de cada territorio, centralizado en el gobierno regional, pero a la vez y compartido con los gobiernos locales, de acceso público. Para ello se deben dar garantías legales de que los datos a utilizar resguardan la privacidad, anonimato y agrupamiento de las personas, con el fin de que sea imposible identificar, pero -a la vez- útil para tomar decisiones.

j. Conexión directa con las autoridades locales: para la ejecución de acciones sobre la ciudad.

Todo lo anterior considerando una amplia gama de dispositivos conectados entregando información en *near real time*.

En el libro “*Platform Revolution*” de Geoffrey G. Parker (2016), se le atribuye al efecto de red (*Network effect*) la construcción de plataformas y aplicaciones sobre el espacio y las capacidades de interacción de la oferta y la demanda para generar transacciones de bienes y servicios como lo son los múltiples ejemplos tales como UBER, Airbnb, Spotify, y un largo etcétera. En el caso del *Smart City* es un ejemplo parecido, pero la plataforma y/o aplicación que debe dar esos marcos de gobernanza, regulatorios y reglas para la “conexión” de múltiples fuentes de información y datos en *real time* debe estar en manos de aquella institución que tenga como misión gestionar el territorio, estos son los gobiernos locales. Siempre de forma anonimizada y/o agrupada, la gestión del territorio debería estar permanentemente recibiendo información para tener la capacidad de tomar decisiones asertivas en el menor tiempo posible.

INICIATIVAS Y OPORTUNIDADES EN CHILE: LOS CASOS DE ESTUDIO ENEL X Y SÉ SANTIAGO

Iniciativa desde Empresas Habilitantes: El caso de ENEL X

1.- Desafíos y soluciones para el desarrollo de las Smart Cities en Chile

a. La electrificación, la llave del progreso sostenible de las ciudades

A lo largo de la historia, la electrificación de las ciudades ha sido sinónimo de progreso. El desarrollo del alumbrado público, el aporte energético para la industria y el comercio, para el transporte y, fundamentalmente, para los hogares, han contribuido fuertemente al proceso modernizador de las urbes. De esta manera, la electrificación comenzó a acompañar los desafíos del progreso de las ciudades, creciendo así vertiginosamente, pero siempre respondiendo a las necesidades de las personas por tener una mejor calidad de vida.

Es un hecho que la energía eléctrica ha movilizad y cambiado el rostro de las ciudades, siendo parte de la evolución de estas y de la forma de vivir de las personas, enfrentándose a distintos desafíos en un mundo que aumenta progresivamente su densidad demográfica, haciendo surgir nuevas necesidades para sus habitantes. Así, la energía eléctrica continúa siendo ese impulso que moviliza el progreso de manera sostenible, social y medioambientalmente responsable.

Actualmente, la población mundial está en constante crecimiento. Hoy habitan el planeta más de 7.700 millones de personas (ONU-HABITAT, 2017), con una proyección de llegar a 9.700 millones para el año 2050, fecha en que la

Organización Mundial de la Salud (OMS) estima que más del 70% de la población mundial vivirá en ciudades.

Crece la población y se amplían las zonas urbanas. Pero junto con la expansión de la ciudad, crece su huella de carbono. Las emisiones de las ciudades representan el 70% de las que se producen en todo el mundo provocadas por las diferentes industrias, el transporte y, por cierto, los hogares. La contaminación es una preocupación cada vez más presente en las grandes urbes, donde la necesidad de limpiar el medioambiente se vuelve un imperativo urgente para quienes habitan en las ciudades, y el legado para las futuras generaciones.

Es aquí, con la expansión de las ciudades y la consecuente mayor contaminación, que vuelve a tomar importancia el significativo progreso y bienestar que trae consigo la energía eléctrica. Cambiar el paisaje de los entornos urbanos para hacerlos más eficientes, viables y sostenibles, se transforma hoy en una prioridad irrenunciable. Se hace necesaria una nueva transformación de las ciudades, con una planificación pensada en una evolución acorde a los tiempos actuales, en base a los avances tecnológicos, la digitalización y la eliminación gradual pero acelerada del uso de combustibles fósiles contaminantes.

Así nace el concepto de *Smart City*, que busca pensar la ciudad como un ente dinámico, que se nutre de la tecnología, de las energías renovables y del aporte de quienes la habitan, con el objetivo de mejorar de manera progresiva la calidad de vida de las personas.

El propósito de una *Smart City* es formar urbes eficientes en el uso de sus recursos, optimizando la utilización de su

infraestructura, digitalizando los servicios públicos, transitando hacia las energías renovables para desplazar el uso de combustibles fósiles en los diferentes ámbitos de acción propios de la operación de las ciudades.

Este modelo urbano utiliza la infraestructura y la tecnología como socios estratégicos el uno del otro, permitiendo analizar datos en tiempo real y, con ellos, detectar problemáticas, nuevas necesidades y, por cierto, nuevas oportunidades que emergen en diferentes áreas, para luego diseñar y proveer caminos de solución en beneficio de la habitabilidad de las ciudades, anteponiendo siempre el desarrollo sostenible ambiental, social y económico.

Esta transformación de la ciudad viene de la mano del transporte, en la medida que los vehículos a combustión están siendo sustituidos por vehículos eléctricos, más eficientes y menos contaminantes. Por otro lado, áreas como la educación, la salud, la seguridad, la banca, el retail, el urbanismo, la cultura y la entretención, también han iniciado su proceso de adaptación migrando a modelos basados en el uso de la tecnología, la inteligencia artificial y la digitalización como eje troncal de su quehacer, disminuyendo sus emisiones a través de la electromovilidad y la operación de sus procesos cada vez más eficientes y sustentables.

Es por ello que cuanto más avanza la tecnología, las oportunidades para las ciudades inteligentes crecen exponencialmente. La ciudad digital es una urbe interconectada a través de plataformas tecnológicas que gestionan la información y usan el Internet de las Cosas para conectar entre sí dispositivos y sensores que automatizan las respuestas, mejorando los servicios que ofrecen, a su vez, nuevas características al ecosistema urbano.

El Internet de las Cosas convierte a nuestros electrodomésticos, luminarias, antenas, teléfonos y otros dispositivos eléctricos en elementos inteligentes, interconectados entre sí, para medir, recoger y entregar datos. Mientras que los sistemas de inteligencia artificial leen, comprenden y optimizan su uso, y brindan respuestas acordes a las necesidades de los ciudadanos. En toda esta transformación, las soluciones energéticas y digitales contribuyen a habilitar ciudades más inteligentes, sostenibles, inclusivas y seguras.

b. Desafíos sociales y ambientales

La población urbana crece exponencialmente y Chile no es la excepción. Santiago y las principales capitales regionales son un ejemplo claro de los distintos desafíos que emergen de las ciudades cada vez más habitadas. De acuerdo con el último Censo de 2017¹⁰, la población urbana aumentó su crecimiento en comparación con las mediciones anteriores, ya que en 1992 llegó a 83,5%; en 2002 a 86,6%, y en 2017 representó el 87,8% del total del país.

En diversas ciudades de Chile, este explosivo crecimiento poblacional y su expansión territorial no ha venido acompañado de una adecuada planificación urbana. Las ciudades cada vez se han vuelto más complejas en su habitabilidad, las que alcanzan altos grados de saturación social, agudizando sus problemas de integración. Hay ciudades que están mejor preparadas y equipadas en cuanto soluciones, servicios, carreteras y espacios públicos; como otras también son menos armónicas, con problemas de segregación social, inequidad territorial, seguridad e impacto medioambiental.

10 Instituto Nacional de Estadísticas. Censo de Población y Vivienda, 2017.

Este fenómeno sociodemográfico ha ido modificando la estructura social de Chile con familias que tienen cada vez menos hijos, lo que también hace repensar la forma de construir y desarrollar nuestras ciudades. De acuerdo con el Censo de 2017, el promedio de hijos se ha reducido en el tiempo. En el Censo de 2002 era de 1,6 hijos por mujer, mientras que en 2017 fue de 1,3. Por otra parte, existe una tendencia sostenida al envejecimiento de la población, con un descenso de los menores de 15 años y un aumento de la población mayor de 64 años. A su vez, ha crecido significativamente la población migrante, donde se evidencia que el 66,7% de los inmigrantes residentes avecindados en Chile llegaron al país entre 2010 y 2017.

La conformación de las ciudades también ha cambiado. Una característica relevante es la proliferación explosiva de campamentos dentro de las ciudades capitales regionales entre 2019 y 2021. Se trata de asentamientos precarios, ubicados sobre suelos tomados, muchos de ellos no residenciales, que no cuentan con servicios básicos. El último catastro de Campamentos 2020-2021 de TECHO Chile y Fundación Vivienda (2021) mostró que hoy 81.643 familias viven en 969 campamentos en Chile, la cifra más alta desde 1996. A nivel regional, destacan especialmente las regiones de Arica y Parinacota, con un aumento del 243,25% en la cantidad de familias; la Región Metropolitana, con un incremento de 224,55%, y la Región de La Araucanía, con un alza de 325,38%.

De acuerdo con el mismo organismo, más de 500.000 familias han sido acogidas o están albergadas en otros hogares y enfrentan complejas condiciones de habitabilidad en espacios reducidos y hacinados, por lo que el campamento

surge como una posibilidad y una alternativa válida para miles de familias que no tienen viviendas formales.

Por otra parte, la sensación de inseguridad se ha incrementado, otra problemática que aqueja a las grandes ciudades. La Encuesta Nacional Urbana de Seguridad Ciudadana (INE, 2020) evidenció que la percepción de aumento de la delincuencia en el país llegó a 84,3%, creciendo en 2,5 puntos porcentuales en comparación a 2019, y la percepción de aumento de la delincuencia en los barrios alcanzó a 46,7%, 6,3 puntos porcentuales más que en 2019.

A esta realidad se suma el colapso de las vías urbanas, dada la expansión y crecimiento de las ciudades sin una regulación clara, lo que genera estrés entre quienes deben desplazarse largas distancias para ir desde sus hogares hasta sus lugares de trabajo, contribuyendo además a aumentar los niveles de contaminación atmosférica.

La respuesta de las ciudades modernas y desarrolladas ha sido migrar hacia un modelo de gestión digital de la infraestructura urbana, del transporte, telecomunicaciones y servicios públicos, entre otros, a través de un sistema interconectado que aplica las nuevas tecnologías al servicio del mejoramiento de la calidad de vida de las personas.

c. Avanzando hacia soluciones de Smart Cities en Chile

A lo largo de Chile hay ciudades que están aplicando el modelo de *Smart City* para mejorar la calidad de vida de sus habitantes y vecinos. Pero, sin duda, Santiago es la que muestra mayores avances.

Enel X ha fomentado su desarrollo con un enfoque que abarca todo el ecosistema de la ciudad, con el objetivo de reducir las emisiones de CO₂, disminuir el consumo energético, disponer de tecnología e innovación al servicio de las personas, mejorar la infraestructura de espacios públicos, aportar al desarrollo sostenible y aumentar el bienestar de los ciudadanos, a través de cambios que pueden ir desde la iluminación pública eficiente hasta la infraestructura de seguridad, transporte y diseño de mobiliario urbano inteligente.

Estos avances se han alcanzado por intermedio de diferentes alianzas con la administración pública, las comunidades, las empresas y distintos grupos de interés, con el objetivo de ofrecer soluciones de vanguardia que permitan desarrollar ciudades inteligentes, eficientes, acogedoras y sostenibles.

d. Smart City Santiago, la primera experiencia en Chile

Tomando ejemplos de proyectos piloto de ciudades inteligentes implementados por el Grupo Enel a nivel mundial, en 2014 Enel X inauguró el primer proyecto de *Smart City* de Chile, ubicado en Ciudad Empresarial en la comuna de Huechuraba. Se trata del primer Centro Tecnológico al servicio de la investigación de nuevas soluciones inteligentes e interconectadas, basadas en la innovación, edificio que es alimentado de energía a través de un ecosistema de paneles solares y sistemas fotovoltaicos conectados a la red de distribución automatizada y telecontrolada, y que además cuenta con alumbrado público led eficiente y con sistema de telegestión, y cámaras de video vigilancia que permiten registrar y monitorear lo que está sucediendo en el entorno en tiempo real.

las ciudades modernas y desarrolladas han logrado migrar hacia un modelo de gestión digital de la infraestructura urbana, del transporte, telecomunicaciones y servicios públicos, entre otros, a través de un sistema interconectado que aplica las nuevas tecnologías al servicio del mejoramiento de la calidad de vida de las personas.

Si bien es un proyecto que opera como laboratorio experimental, entrega información y datos de valor que permiten tomar decisiones al servicio de la comunidad. Este es un modelo extrapolable en una ciudad a gran escala, donde se puede avanzar hacia una *Big Data* que muestre el comportamiento de las urbes y sus componentes, incluyendo el de sus habitantes, facilitando así -en base a la experiencia y los resultados- la toma de decisiones para la definición de políticas públicas que contribuyan a mejorar el funcionamiento de las ciudades, como también la calidad de vida de las personas.

En paralelo, Santiago ha avanzado en el camino a transformarse en una ciudad inteligente, más vivible, menos contaminada y que, además, busca empatizar con la vida de sus ciudadanos.

Llegan los primeros buses eléctricos a Chile

Por las calles de Santiago ya circulan cientos de buses eléctricos, los que se van sumando año a año y de forma progresiva al sistema de transporte público de la capital. A fines de 2017, y después de la integración formal de dos buses 100% eléctricos al sistema Transantiago, en 2018, y gracias a una alianza público-privada entre Enel X, Metbus, ByD y el Ministerio de Transporte, una larga fila de 100 buses eléctricos transitó desde el Puerto de San Antonio hasta el Parque O'Higgins, lugar donde se les dio la bienvenida oficial,

marcando un antes y un después en el transporte capitalino. Este hito transformó a Santiago en la primera ciudad de Latinoamérica y la segunda a nivel mundial, detrás de Shenzhen en China, con la mayor flota de transporte público eléctrico.

Actualmente, de los más de 800 buses eléctricos que circulan por las calles de Santiago, Enel X puso en operación 435, lo que evidencia que la masificación de esta tecnología es viable y que no solo tiene externalidades medioambientales positivas, sino que también es muy competitiva en precio en cuanto a su operación, ya que el valor por kilómetro recorrido se reduce a \$76 en comparación a los \$300 por kilómetro de los buses a diésel. Cada unidad puede evitar la emisión de cerca de 54 toneladas anuales de CO₂, máquinas que son recargadas en los distintos electro-terminales construidos por Enel X con energía que proviene de fuentes renovables. Además de ser vehículos cero emisiones, los buses eléctricos no emiten ruido, por lo que disminuyen considerablemente la contaminación acústica de la ciudad.

ElectroRuta Enel X, uniendo Chile de Arica a Punta Arenas

En transporte privado, y para viabilizar la conversión hacia los autos eléctricos cero emisiones, hace 10 años Enel X instaló el primer punto de carga de Latinoamérica en la capital de Chile, y actualmente trabaja para unir al país a través del proyecto ElectroRuta Enel X, instalando 1.200 puntos de carga que cubrirán más de 5.000 kilómetros de distancia entre Arica y Punta Arenas.

Los puntos de carga de Enel X están siendo instalados estratégicamente en carreteras, aeropuertos, industrias de diversos segmentos, entre ellas la “minería verde”, univer-

sidades, inmobiliarias, retail, strip centers, e incluso en restaurantes, convirtiéndose en pionera por la transversalidad de rubros en la implementación de sus cargadores, basados en soluciones inteligentes que tienen como objetivo atender diferentes necesidades mediante tecnologías que permiten cargar la batería de los vehículos a distintas velocidades y en diferentes lugares.

Para hacer uso de la infraestructura de carga, quienes tengan vehículos eléctricos pueden instalar en sus teléfonos móviles la aplicación “JuicePass” de Enel X, en la cual se puede reservar el cargador con anticipación y monitorear en tiempo real, entre otras funcionalidades y servicios.

Hacia la infraestructura urbana inteligente

Así como la movilidad eléctrica trae consigo una disminución de las emisiones de ruido y de CO₂, se ha invertido en el reemplazo de iluminación pública, cambiando infraestructura incandescente y halógena por soluciones LED y tecnologías eficientes telegestionadas que suponen un ahorro de entre un 70% y un 90% de energía.

Un ejemplo de ello es la plataforma YoUrban, que nace producto de la necesidad de gestionar de forma digital las fallas del alumbrado público. Esta es capaz de operar remotamente y centralizar la información como sala de control, tanto de Enel X como de otros operadores, geolocalizando los puntos lumínicos, seguimiento en tiempo real, aportando directamente a la eficiencia de la operación como la mantención de las luminarias.

En las calles de distintas ciudades del país también están cada vez más presentes los sistemas de televigilancia comuna-

les. El mobiliario urbano inteligente permite incorporar una serie de tecnologías como pantallas LED en la vía pública, paraderos inteligentes, estaciones de carga para autos y bicicletas eléctricas, sistemas de monitoreo para trazar los flujos y movimientos de personas, todas soluciones que entregan información relevante que permiten analizar comportamientos y datos para la toma de decisiones.

A nivel de las viviendas y de instalaciones comerciales e industriales, se han desarrollado e implementado soluciones de eficiencia energética que reducen el consumo de electricidad y las emisiones contaminantes a través de sistemas fotovoltaicos, para generar y almacenar energía renovable. Estas mismas soluciones se encuentran presentes en edificios inteligentes, los que además incluyen iluminación LED, bombas de calor y sistemas digitales de monitoreo y gestión de energía. Estas instalaciones verdes están en colegios, universidades, centros deportivos, edificios públicos, hospitales, puertos, aeropuertos, establecimientos comerciales, industrias y empresas.

El año 2020, la Universidad de Navarra presentó la última versión de su índice *IESE: Cities in Motion*, la cual hizo una comparación a nivel global entre 174 ciudades de 80 países. Santiago fue la única urbe chilena que figuró en el ranking ocupando el puesto 68 del mundo y el primer lugar en Latinoamérica. Le siguió Buenos Aires en Argentina, Montevideo en Uruguay, Ciudad de Panamá y San José en Costa Rica.

Descarbonizando los hogares

La electricidad es el único energético que, al no ser combustible, no genera contaminación ni al interior ni al exterior de los hogares, por lo que es muy relevante continuar

incentivando el recambio de estufas a leña por equipos de climatización, que no solo contribuyen a descontaminar las ciudades, sino que además cumplen la doble función de calefaccionar en invierno y enfriar en verano.

Desde inicios del programa, en 2017, se han favorecido a familias de 12 comunas de la Región Metropolitana, en Colina, Lampa, Til Til, Peñaflor, Talagante, Calera de Tango, El Monte, Buin, Padre Hurtado, María Pinto, Curacaví y Melipilla.

Durante el 2021, se superaron más de 10 mil recambios realizados por Enel X, los que han permitido dejar de emitir 221 toneladas de MP2.5 y 35.849 toneladas de CO2. Además, este plan tiene una lógica de economía circular, ya que las estufas retiradas son recicladas y fundidas, para fabricar barras de acero que se reutilizan en la industria de la construcción.

Reflexiones

Ante las necesidades urgentes que viven las ciudades de Chile, el concepto de ciudad inteligente o *Smart City* cobra más sentido para orientar la expansión urbana, con una propuesta integral, sostenible, social y cuidadosa del medio ambiente.

Ante el avance del cambio climático, el desafío que se nos impone es aún mayor. Las ciudades están recuperando su normalidad, por lo que este es el momento para, aprovechando lo aprendido durante la pandemia, poner al servicio de las urbes las tecnologías de la información y comunicación que optimizan el uso de la energía eléctrica, apoyándose en base al uso de las energías renovables. Así lograremos que en este

renacer post pandemia, las ciudades puedan ser verdaderas plataformas de desarrollo al servicio de las personas, sin retroceder, sino que avanzar hacia un nivel superior en calidad de vida, sostenibilidad y respeto por el medioambiente.

La pandemia aceleró ciertos procesos, que finalmente se transformaron en oportunidad. Ya hemos experimentado cómo las herramientas digitales ayudan a mejorar la implementación y el acceso a servicios, desde el comercio *online* y el *delivery*, pasando por la educación a distancia, la atención médica digital y los trámites *online* -que permitió realizar la Comisaría Virtual-, todos avances que aceleraron su desarrollo producto de la pandemia.

La pregunta es hasta dónde penetraron, qué ciudadanos ya son parte de este mundo digital y saben aprovecharlo en su beneficio. Qué ciudades están más avanzadas, para -desde ese diagnóstico- hacer una estrategia nos permita llegar a ser una *Smart City* inclusiva, al servicio de todos y no de unos pocos privilegiados, partiendo por dotar a las ciudades de conexión digital y educación para su uso.

Para implementar ciudades inteligentes, la empresa privada y el sector público deben trabajar en conjunto, evitar los individualismos, abrir la mente a la innovación y aprovechar el emprendimiento, fomentando a su vez la participación ciudadana. Saber qué quieren los habitantes de las ciudades, cuáles son sus dolores y desafíos, capacitarlos e invitarlos a hacer un uso óptimo de la ciudad y sus servicios.

Por cierto, este avance no puede restringirse solo a la capital. Los problemas de las urbes sobrepobladas y contaminadas están a lo largo de todo Chile. Todas las regiones se merecen desarrollar sus proyectos de *Smart Cities* por el bien de sus

habitantes, su calidad de vida, cuidado del medio ambiente y el legado que quedará para las futuras generaciones.

Iniciativa de colaboración público-privado. El Caso de Sé Santiago Ciudad Inteligente

El Programa Sé Santiago Ciudad Inteligente es una iniciativa público-privada, impulsada desde el ámbito público por la Dirección Regional Metropolitana de CORFO, agencia perteneciente al Ministerio de Economía, Fomento y Turismo en Chile, y desde el ámbito privado, por Fundación País Digital, organización de la sociedad civil que busca fomentar la cultura y economía digital en nuestro país.

Sé Santiago, tiene como objetivo posicionar a la Región Metropolitana (R.M.), y especialmente al Gran Santiago, en un referente dentro del fenómeno de *Smart Cities* en América Latina y el mundo, mediante la incorporación de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) a escala local, para fomentar territorios resilientes, adaptables, transparentes, innovadores, competitivos, sostenibles, inclusivos y con cohesión social.

En este sentido, Sé Santiago se posiciona como una plataforma, un facilitador de espacios para que los distintos actores puedan tener un punto de encuentro, en el que converjan objetivos diferentes y, de esa forma, resolver situaciones que requieren coordinación y organización público-privado de múltiples actores y sectores, ofreciendo a las personas que habitan el Gran Santiago y la R.M., un modelo de ciudad conectada, que ofrezca más oportunidades de desarrollo y una mejora en la calidad de vida.

En cuanto a su estrategia, el programa aborda 4 ejes estratégicos, que son: 1. Movilidad, 2. Medioambiente, 3. Seguridad y 4. Recursos Habilitantes. Estos ejes están definidos en base a 4 de los 5 Lineamientos Estratégicos Regionales (LER), contenidos en la Estrategia Regional de Desarrollo Región Metropolitana 2012-2021 del Gobierno Regional Metropolitano de Santiago (GORE de Santiago, 2014). El Programa contribuye a la reducción de brechas y cumplimiento de objetivos específicos en estos LER según se describe a en la Figura 6.

Figura 6. *Sé Santiago: Ejes y Brechas Estratégicas*



Fuente: Elaboración propia.

1. Eje Movilidad: Santiago – Región Integrada e Inclusiva

Este lineamiento propone promover la integración socioespacial en la región. Y uno de los ejes de acción es a través del fortalecimiento y diversificación del transporte intra e interregional. En la Estrategia Regional de Desarrollo se definen dos objetivos estratégicos específicos apuntados a resolver estas problemáticas:

Objetivo Estratégico 1.1: Coordinar una mejor conectividad intra e interregional.

Objetivo Estratégico 1.2: Diversificar los modos de transporte en las zonas rurales de la RMS.

El eje de Movilidad está orientado a mejorar la calidad del transporte y la movilidad en la ciudad, tanto para el traslado de los ciudadanos como el transporte de carga urbano. En este marco se contemplan proyectos que apuntan directamente a la diversificación de modos de transporte que se relacionan fuertemente con la habilitación de nuevas formas de transporte sustentable e inclusivo. En particular, se trabaja en iniciativas de fomento a la movilidad eléctrica, habilitación de infraestructura para ciclistas (estacionamientos y zonas de servicio) y el desarrollo de servicios de información para facilitar la movilidad multimodal.

2. Eje Seguridad: Santiago – Región Segura

Este lineamiento estratégico establece la prioridad de hacerse cargo de la seguridad de los habitantes de la región de forma holística, considerando que seguridad humana no solo involucra la prevención del delito, sino que cualquier otro aspecto que pueda producir inseguridad en el quehacer normal de las personas y en el desarrollo de sus proyectos de vida (acceso a servicios de salud, desastres naturales, localización de infraestructura peligrosa, etc.). Dentro de los objetivos estratégicos de este lineamiento, el Programa interviene en los siguientes:

Objetivo Estratégico 3.1: Reducir la tasa de victimización que se observa en la región.

Objetivo Estratégico 3.5: Promover un uso responsable del territorio, en relación con riesgos potenciales por amenazas y antrópicas de la región.

El eje de seguridad está enfocado en promover una ciudad más segura y preparada para enfrentar los riesgos asociados tanto a delincuencia como a desastres naturales, para convertir a Santiago en una ciudad más resiliente. En este aspecto, se contemplan proyectos asociados a la elaboración de una estrategia de resiliencia de Santiago y a la interoperabilidad de sistemas de vigilancia.

3. Eje Medio Ambiente: Santiago – Región Limpia y Sustentable

Este lineamiento define la prioridad en el crecimiento sustentable de la ciudad y el cuidado de los recursos hídricos y medio ambiente. Dentro de sus objetivos estratégicos están:

Objetivo Estratégico 4.1: Promover el uso sustentable y estratégico de recursos hídricos.

Objetivo Estratégico 4.4: Promover un sistema regional de reciclaje y tratamiento de residuos sólidos.

El eje de Medio Ambiente tiene foco en la gestión sustentable de los residuos y recursos de la ciudad, teniendo un fuerte énfasis en el reciclaje, ecodiseño y economía circular, con proyectos de formación de capital humano en ecodiseño y desarrollo de proveedores de la industria de recicladores. Adicionalmente, se incorporaron al programa proyectos de fomento del uso eficiente de recursos hídricos.

4. Eje Recursos Habilitantes. Santiago – Región Innovadora y Competitiva

Este eje está centrado en el fomento de la economía de la región de forma inclusiva y que, a través de esta, se promueva

la equidad y mejore la distribución de los ingresos en la región y entre regiones. Ello por medio del fomento a la innovación, a la inversión en I+D+i y al desarrollo de ecosistemas colaborativos de empresas de menor tamaño con vocación a la internacionalización. Los objetivos de este lineamiento, que conversan con el Programa Estratégico Sé Santiago Ciudad Inteligente, son:

Objetivo Estratégico 5.1: Fortalecer la competitividad y asociatividad de las empresas de menor tamaño en la región.

Objetivo Estratégico 5.2: Promover un ambiente colaborativo, estableciendo redes e incorporando actividades transversales que promuevan la competitividad.

Objetivo Estratégico 5.3: Impulsar una cultura innovadora, emprendedora y sustentable.

Objetivo Estratégico 5.4: Promover una economía regional con vocación internacional.

Objetivo Estratégico 5.5: Reforzar la institucionalidad regional para articular la innovación regional y la colaboración interregional.

En el eje de Recursos Habilitantes se ha trabajado fuertemente en la activación y fomento del ecosistema de innovación en ciudades inteligentes, trabajando fuertemente de la mano con *startups* tecnológicas, municipalidades y otros actores del entorno. Dentro de los proyectos realizados se contemplan acciones en programas de emprendimiento e innovación en torno a *Smart Cities*, formación de capital humano, fortalecimiento de ecosistema con municipalidades,

programa de proveedores de servicios de exportación en *Smart Cities* y otros.

El programa se implementa en un período de 10 años, desde 2016 hasta el 2025, subdivididos en tres trienios. El primer año fue la etapa de diseño y conformación de Hoja de Ruta, lo que dio origen al desarrollo del primer trienio (2017-2019), donde se realizó un trabajo en terreno que permitió animar el ecosistema y posicionamiento de la temática en el país. El segundo trienio (periodo actual), se plantea como la etapa de consolidación de Sé Santiago, ejecutando proyectos en los distintos ejes estratégicos. Finalmente, el tercer trienio, busca la institucionalización de Sé Santiago, con un modelo de sostenibilidad a mediano y largo plazo, que permita dar continuidad de esta iniciativa en forma posterior al cierre del último año de ejecución.

Iniciativas Sé Santiago

Por último, Sé Santiago cuenta con una gran cantidad de iniciativas, con aplicación a distintos enfoques y brechas estratégicas. Algunos de los proyectos emblemáticos que recientemente está impulsando Sé Santiago, son: FIC Movilidad, “Techos Verdes” y Nodo Dubai.

* **FIC Movilidad:** El objetivo principal es generar un análisis de movilidad según datos obtenidos con herramientas tecnológicas para apoyar la toma de decisiones de cambios en la vialidad de la comuna de Santiago. Específicamente en barrios de especial interés para la población de tercera edad: datos de flujos de movilidad a través de cámaras de video ya instaladas en la comuna y el procesamiento de los videos generados a través de Inteligencia Artificial (Video Analítica); entrega de herramientas que permitan el entendimiento de movilidad de

personas en la comuna de Santiago (*Big Data*), y herramientas que permitan las consultas ciudadanas, complementando el análisis cuantitativo de movilidad con la opinión comunal.

La comuna de Santiago tiene una población sobre 400 mil habitantes y una población flotante que quintuplica este número, generando flujos de movilidad enormes y problemas de congestión costosos para la ciudadanía. Una oportuna e informada toma de decisiones marcará la diferencia en esta problemática.

La solución propuesta permitirá obtener información de movilidad comunal actualizada y de calidad, de forma innovadora y utilizando economía circular, logrando apoyar la toma de decisiones de cambios en la vialidad de la comuna de Santiago.

Esta innovación corresponde a una solución tipo servicio que integra tecnologías en torno al objetivo de capturar data de barrios de interés para el adulto mayor y análisis macro de la movilidad de la comuna de Santiago. Contiene elementos diferenciadores, ya que optimiza recursos, mejora la confiabilidad de los datos e integra distintos mecanismos de captura de información, enfrentando múltiples dimensiones de análisis.

* **Iniciativa “Techos Verdes”**: La iniciativa “Techos Verdes” surge a causa del impacto que tiene el cambio climático, específicamente por la contaminación ambiental. Dentro de esta última, existen factores como los gases de efecto invernadero (GEI), la escasez de pulmones verdes y el material particulado fino (MP2,5).

Por un lado están los GEI y el MP2,5 (uno de los contaminantes más dañinos, dado que se aloja específicamente en los alvéolos pulmonares), que generan una serie de daños al ecosistema, como problemas de salud, deterioro en construcciones, daños en plantas y bosques, entre otros. En Chile, en 2018 hubo emisiones de 13.640 kt CO₂ eq. y en la Región Metropolitana fueron de 21.867 kt CO₂ eq., lo que también trae consigo un aumento del nivel del mar, efectos de isla de calor, desastres naturales, entre otras consecuencias más específicas (Ministerio del Medio Ambiente, 2020).

Por otro lado, hay escasez de pulmones verdes urbanos. En este sentido, cabe señalar que en la Región Metropolitana hay un promedio de 6,05 metros cuadrados de área verde por habitante (INE, 2019)¹¹, y la OMS recomienda entre 9 y 11 metros cuadrados de área verde por habitante. Por su parte, la ONU eleva la cifra a 16 metros cuadrados de área verde por habitante, por lo que la Región Metropolitana está alejada de los indicadores sugeridos.

Como solución a la problemática de la contaminación ambiental, asociada a los GEI, MP2,5 y escasez de pulmones verdes urbanos, se identifican variadas acciones a implementar, tales como aumento de la infraestructura verde urbana, por medio de la creación de parques urbanos e implementación de techos verdes, que colaboraría con la captación y compensación; así como medidas asociadas a la movilidad y calefacción, políticas que contribuirían con la disminución y reducción.

En este contexto, como opción para colaborar con la solución a la problemática mencionada, es que se formula la

11 Instituto Nacional de Estadísticas.

iniciativa de “Techos Verdes” para la Región Metropolitana, que consiste en la transformación de infraestructura gris en infraestructura verde urbana por medio de la implementación de techos verdes extensivos, que pueden estar ubicados en superficies elevadas o a ras de suelo construido (ejemplo, Parque Titanium), colaborando además con el paisaje y recreación de las personas.

Es importante destacar que la propuesta se sustenta en la relación costo-beneficio que supone un techo verde en comparación con otro tipo de infraestructura verde urbana, ya que no es necesario destinar un espacio nuevo, sino que es reconvertir. Sumado a ello, según los indicadores de Chile Green Building Council, los techos verdes extensivos captan por metro cuadrado 2,5 veces más el MP2,5 que un metro de arbolado.

La iniciativa también contempla un sistema de colaboración basado en modelos ESCO (empresas que apoyan proyectos de eficiencia de recursos incorporando modelos de beneficios económicos recíprocos), para la eficiencia energética (Enel X) y gestión hídrica (Wes).

Se propone implementar la iniciativa en edificios públicos de salud y edificios de seguridad de diferentes comunas, según prioridad para el Gobierno Regional, actualmente hay un catastro de más de 2 mil hectáreas disponibles para implementar techos verdes (tanto en altura como a ras de suelo) (Chile Green Building Council, 2021).

Para los edificios públicos, la iniciativa es una fuente de valor, ya que contribuye con la disminución de gases y materiales contaminantes, mitiga la huella de carbono, genera un aumento en los pulmones verdes, aporta a los servicios

ecosistémicos, conlleva ahorros en los costos de energía (obteniendo también más independencia energética) y eficiencia en el consumo hídrico. Cabe mencionar que para los edificios de salud existen más externalidades positivas, ya que los pacientes en recuperación de una cirugía en una pieza con luz natural y vista a un área verde, necesitan en promedio 22% menos de medicamentos contra dolores, entre otros (Jeffrey Walch, 2015).

La implementación de la iniciativa, en base a los actores involucrados y recursos apalancados, alcanzaría -en una primera fase- una magnitud de 1.000 metros cuadrados, esto por la proyección de los costos analizados, lo que significa captación de 100 kg. de MP2,5 por año, cerca de tres toneladas de Co2 al año, y neutralización de las emisiones de 300 autos por año aproximadamente.

Los actores involucrados en la iniciativa corresponden a Sé Santiago y la Corporación Regional de Santiago, como coejecutores; ENEL X, INDRA y WES, como colaboradores y asociados. El presupuesto de la iniciativa consta de 200 millones, y el financiamiento propuesto corresponde a la Corporación Regional de Santiago, quien aportaría mediante el FIC un 50% y Sé Santiago el 50% restante. Los 200 millones equivalen al precio de 1.000 m2 de techo verde, ya que la implementación de la tecnología asociada a la eficiencia energética e hídrica estaría traccionada por modelos ESCO y el sistema de monitoreo por medio de convenios de colaboración con universidades.

En síntesis, la iniciativa techos verdes para la Región Metropolitana, supone amplios beneficios para el territorio y las personas que lo habitan; aportan, además, con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), y que efectivamente, en com-

plemento con las demás soluciones identificadas, contribuiría para abordar la problemática.

Nodo Dubai

El proyecto tiene como objetivo general desarrollar capacidades y conocimientos en un grupo de empresas tecnológicas para exportar servicios y/o soluciones *Smart City* a Dubái (Emiratos Árabes Unidos), a partir de la implementación de un plan de trabajo construido en base a las brechas detectadas en el diagnóstico.

Según el último informe de la Oficina Económica y Comercial de España en Dubai, EAU (2020), la actividad comercial presenta sus propias particularidades, directamente relacionadas con la cultura árabe. Pueden destacarse tres aspectos claves centrados en las siguientes:

- **Importancia de las relaciones personales:** se trata de un mercado de contactos, mediante los cuales la empresa no solo consigue transmitir su compromiso con el mercado, sino también obtener información y posicionarse adecuadamente hacia licitaciones y planes de inversión de agentes públicos o privados. La información no fluye abiertamente, por lo que es fundamental apoyarse en actores locales bien posicionados.
- **Mercados de medio-largo plazo:** el período de maduración de la actividad comercial, o proyecto de inversión, se sitúa en el medio o largo plazo. En este sentido, las empresas locales no suelen tomar en serio a los exportadores esporádicos, sino a aquellas empresas extranjeras que muestran un fuerte compromiso en tiempo e inversión con el mercado. Los agentes locales buscan establecer una relación sólida, de cercanía y

confianza antes de iniciar cualquier actividad comercial. Es necesario estar a su disposición ante cualquier duda o sugerencia que pueda surgir, así como realizar visitas frecuentes al mercado.

- **Aportar referencias de proyectos/actuaciones comerciales realizados en el país, o en su defecto en la región CCG o MENA:** una vez que la empresa ha demostrado su adaptabilidad para trabajar con otros clientes árabes es cuando empieza a ser reconocida como un potencial socio comercial.

En adición a lo anterior y enfocado en el mercado de las ciudades inteligentes, en su *Estudio Modular SMART CITIES EAU 2020*, ProChile señala una proyección para el mercado global de *Smart Cities*, el cual crecerá a casi US\$2 mil millones a fines del 2023. Por otro lado, KPMG predice que la inversión en tecnología *Smart City* en Medio Oriente y África llegará a US \$2.700 millones al 2022, liderado por Dubái y Riyadh, que dan cuenta de US \$1.300 millones en 2018.

En el mismo informe anterior, se señala que Dubái es la ciudad más importante de Medio Oriente en términos de crecimiento económico y desarrollo. Con la finalidad de mantener su posicionamiento y ser reconocido como un destino de negocios del siglo XXI, lanzó su iniciativa de *Smart City* en el 2014, denominándola “*Smart Dubai*” (ProChile, 2020).

El proyecto “*Smart Dubai*” adopta una estrategia que exige la transformación de unos 1.000 servicios gubernamentales que se centran en seis sectores claves: transporte, infraestructura, comunicaciones, servicios financieros, planificación urbana y electricidad.

- El gran incentivo que tiene Dubái para desarrollar el proyecto de “*Smart Dubai*”, es posicionarse como la ciudad más inteligente del mundo y ser un *hub* de negocios en la categoría de *Smart City*.
- En consecuencia, “*Smart Dubai*” está proporcionando un impulso para el surgimiento y uso de tecnologías inteligentes que permitan construir una ciudad del futuro. Lo que es importante de destacar en esta iniciativa es el uso de la variable de la “felicidad” como la fuerza motriz que integra el bienestar de las partes interesadas con los objetivos estratégicos del Emirato.
- Dentro del contexto de *Smart Cities*, los principales esfuerzos están centrados en los siguientes tres objetivos: *Digital Government* y servicios públicos de calidad; tecnología *Smart* aplicada a transporte y medioambiente, y desarrollo de sectores económicos claves como retail, salud y tecnología.
- Dubái, entre otros proyectos, posee el portal del gobierno (www.dubai.ae), donde se puede acceder a 24 departamentos del gobierno local en línea, listos para recibir servicios para el ciudadano.
- Como parte de la iniciativa, “*Smart Dubai*” está apoyando a las *startups* con tres herramientas: *Global Blockchain Challenge*, *Dubai Future Accelerators* y *Dubai Smartcity Accelerator*, con la idea de fomentar Blockchain, AI, TIC y Retail.

Se apoyará a un conjunto de PYMES con el objetivo que incorporen las capacidades y conocimientos necesarios para crecer, buscar y acceder, directa o indirectamente, a mercados internacionales (Dubái) a través de asesoría experta y asistencia técnica focalizada en la agregación de nuevos conocimientos, técnicas y prácticas comerciales en un programa de diez meses de duración, que pone a los empresarios

como protagonistas del trabajo con actividades de talleres presenciales, jornadas en terreno con clientes, trabajo entre pares y asistencia técnica grupal e individual. En caso de que alguna empresa identifique potencial de negocios en un destino diferente durante el proceso, se le brindará apoyo complementario para desarrollar la oportunidad.

Palabras finales

Sé Santiago, consciente de los enormes retos que presentan las ciudades en el siglo XXI, desde hace años viene fomentando e implementando el modelo *Smart City* en el país.

Por una parte, la tecnología se presenta como un habilitador base para el fomento de la temática, no obstante la articulación público-privada, el desarrollo de capital humano avanzado, y la generación de una cohesión social entre todos los actores de la ciudad y territorio, son condiciones de posibilidad para lograr un plan en forma exitosa.

Resulta necesario relevar la participación de todos los actores, ya sea a nivel público (a escala nacional como ministerios; regional como GORE o CORFO RM, y local, como municipios), pero también privados, con empresas proveedoras de soluciones *Smart City*, sin perder de vista al ecosistema emprendedor y, en este sentido, a las empresas de menor tamaño. Por otra parte, la academia y centros de Investigación, Desarrollo e Innovación, son actores fundamentales en la transformación digital y reconversión laboral. Por último, la sociedad civil y las personas ocupan un rol fundamental en el desarrollo de un ecosistema equilibrado de actores, que apunten al cierre de brechas, retos y desafíos de las ciudades del siglo XXI.

CONCLUSIONES Y REFLEXIONES

A nivel global, las ciudades en el siglo XXI se enfrentan a un escenario común de desafíos, retos, pero también de oportunidades y posibilidades que se deben afrontar. Por una parte, la presencia de retos a escala macro, como el cambio climático, la pandemia del COVID-19 o la inestabilidad económica, son elementos para considerar en planes, políticas e iniciativas. Por otra, a escala micro los desafíos urbanos y territoriales, observados en el caso principalmente de la ciudad de Santiago en este capítulo, confirman la necesidad de comprender la profundidad de elementos que circunscriben como condicionantes claves para la mejora en la calidad de vida de estas.

Existen habilitantes y oportunidades que configuran un escenario favorable para afrontar los desafíos y retos antes descritos. La cuarta revolución industrial que se experimenta en la actualidad, permite repensar las formas de afrontar viejas problemáticas. Una de estas es la transformación digital mediante el uso de las TIC, que se implementan a nivel de infraestructura y de personas, abriendo un abanico de posibilidades para el desarrollo humano. En términos concretos, por ejemplo, hoy la reconversión laboral de competencias y habilidades para la recuperación económica resulta un factor relevante a desarrollar.

Asimismo, la comprensión de ciudades y territorios inteligentes, desde una perspectiva holística que involucre un enfoque tecnológico, humanista y colaborativo, resulta deseable para una integración sistémica entre ciencia (de la mano de Investigación y Desarrollo), tecnologías (de la Información y la Comunicación), conocimiento e innovación. Este conjunto de elementos debe estar acompañado por una

visión *multi-stakeholders*, en la que se articule a la academia (y centros de investigación), sector público, sector privado, sociedad civil y personas.

Para todo lo anterior, se requieren consensos planetarios, vale decir, a escala de diplomacias internacionales, para fomentar una cooperación coordinada de actores, tanto técnica como financiera, que reúna a los distintos expertos del mundo para el desarrollo nacional y, sobre todo, subnacional de gobiernos, especialmente en Chile.

BIBLIOGRAFÍA

- Agostini, C et al. (2016). Segregación residencial de ingresos en el Gran Santiago, 1992- 2002: una estimación robusta. *EURE* Vol. 42 n°127, pp. 159-184.
- Aguilar, A. (2002). Las mega-ciudades y las periferias expandidas. Ampliando el concepto en Ciudad de México. *Revista EURE* (Vol. XXVIII, N° 85), pp. 121-149, Santiago de Chile.
- Antino, M. et al. (2017). Las desigualdades digitales. Los límites de la sociedad red. *Panorama Social* N°25. Madrid.
- Avellaneda, P. y Lazo, A. (2011). Aproximación a la movilidad cotidiana en la periferia pobre de dos ciudades latinoamericanas. Los casos de Lima y Santiago de Chile. *Revista Transporte y Territorio* No 4, pp. 47- 58. Universidad de Buenos Aires. www.rtt.filo.uba.ar/RTT00404047.pdf.
- Albino, V. et al. (2015). Smart Cities: Definitions, Dimensions, Performance, and Initiatives. *Journal of Urban Technology*, 22:1, 3-21. DOI: 10.1080/10630732.2014.942092.
- Banco Interamericano de Desarrollo - BID (2016). La ruta hacia las Smart Cities: migrando de una gestión tradicional a la ciudad inteligente.
- Bowerman, B. (2000). The Vision of A Smart City. 2nd International Life Extension Technology Workshop. Paris, France.

- Cáceres, C. y Ahumada, G. (2018). Evaluación de brechas de equipamiento urbano entre barrios de Viña del Mar, Chile: una metodología para la identificación de desiertos urbanos. *Investigaciones Geográficas*, Instituto de Geografía UNAM N°97. DOI: [dx.doi.org/10.14350/rig.59615](https://doi.org/10.14350/rig.59615).
- Castillo, J. (2014). Competencias de los pobladores: Potencial de innovación para la política habitacional chilena. *Revista INVI* N°81. Volume N°29: 79-112.
- Caravaca, I. y García, A. (2009). El debate sobre los territorios inteligentes: el caso del área metropolitana de Sevilla. *EURE*, Vol. XXXV. n°105, pp. 23-45.
- CEPAL-OIT. (2020). Coyuntura Laboral en América Latina y el Caribe. La dinámica laboral en una crisis de características inéditas: desafíos de política. Naciones Unidas, n°23. Santiago, Chile.
- Cornejo, M. y Salas, N. (2011). Rigor y calidad metodológicos: un reto a la investigación social cualitativa. *Psicoperspectivas Individuo y Sociedad*, Vol. 10, n°2, pp.12-34.
- Cuervo, L. (2003). Pensar el territorio: los conceptos de ciudad-global y región en sus orígenes y evolución. Instituto Latinoamericano y del Caribe de Planificación Económica y Social (ILPES). CEPAL. Santiago, Chile.
- Echebarria, C. (2020). The Smart City journey: a systematic review and future research agenda. *Innovation: The European Journal of Social Science Research*, DOI: [10.1080/13511610.2020.1785277](https://doi.org/10.1080/13511610.2020.1785277).
- Fernández, M. (2016). La Smart City como imaginario socio-tecnológico. *Cuadernos de investigación Urbanística*. Año IX, Núm. 109, pp. 72. DOI: [10.20868/ciur.2016.109](https://doi.org/10.20868/ciur.2016.109).
- Fundación País Digital (2020). Brecha en el uso de internet: desigualdad digital en el 2020.
- Fundación Telefónica (2021). *Sociedad digital en España. El año en que todo cambió. 2020-2021*. Taurus: Barcelona, España.

- García-Valdecasas, J. (2011). Una definición estructural de capital social. *REDES - Revista hispana para el análisis de redes sociales* Vol.20 n°6. <http://revista-redes.rediris.es>
- Gehrig, R. y Palacios, J. (2014). *Guía de criterios básicos de calidad en la investigación cualitativa*. UCAM. España.
- Parker, G.; Van, M. & Choudary, S. (2016). *Platform Revolution: How Networked Markets Are Transforming The Economy – and How to Make Them Work for You*.
- Giddens, A. (2014). *Sociología*. Alianza Editorial: Sexta edición. Madrid.
- GORE de Santiago (2014). *Estrategia Regional de Desarrollo Región Metropolitana 2012-2021*.
- Gonzales, G. (2005). El crédito hipotecario y el acceso a la vivienda para los hogares de menores ingresos en América Latina. *Revista de la CEPAL* 85.
- Guillermo, A. (2002). Las mega-ciudades y las periferias expandidas. Ampliando el concepto en Ciudad de México. *EURE* Vol XXVIII n°85, pp. 121- 149. Santiago, Chile.
- Harrison, C. y Abbott, I. (2011). *A theory of smart cities*. IBM Corporation.
- IESE (2020). *Índice IESE Cities in Motion*. Business School. University of Navarra. DOI: <https://dx.doi.org/10.15581/018.ST-542>
- INE.(2021). *Encuesta Nacional Urbana de Seguridad Ciudadana*.
- IPCC. (2021). *Climate Change 2021 The Physical Science Basis. Working Group I contribution to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*.
- Jirón, P. y Mansilla, P. (2014). Las consecuencias del urbanismo fragmentador en la vida cotidiana de habitantes de la ciudad de Santiago de Chile. *EURE* Vol 4, n° 121, pp. 5-28.
- Mascareño, A. y Büscher, C. (2011). Sociología del territorio. *Revista Líder* Vol. 18 n°13, pp. 25-52.
- Ministerio de Medioambiente (2020). *Informe del estado del medioambiente*. Santiago de Chile.

- Mora, P. et al. (2014). Disyuntivas en la política habitacional chilena. Lincoln Institute of Land Policy.
- Montecinos, E. (2020). Descentralización, pandemia y el desafío de las relaciones intergubernamentales pos 2021 en Chile. *Revista Estado, Gobierno y Gestión Pública*. N°35 pp. 111-138.
- Montt, G. et al. (2020). Protección ante la desocupación en Chile. Desafíos y oportunidades luego de una crisis sistémica. OIT Cono Sur.
- Muriel, D. (2011). Hacer sociología a través de la teoría del actor-red: de la cartografía impresionista a la sociedad de las mediaciones. *Athenea Digital* - 11(1): 111-128.
- Naciones Unidas (2018). Plan de Acción Regional para la Implementación de la Nueva Agenda Urbana en América Latina y el Caribe. 2016-2036.
- Naciones Unidas Chile (2021). Escasez hídrica en Chile: desafíos pendientes. el Grupo Medioambiental del Sistema de las Naciones Unidas (SNU). Chile.
- Naciones Unidas, Konrad-Adenauer-Stiftung e.V y BID. (2021). Recuperación económica tras la pandemia Covid-19. Empoderar a América Latina y el Caribe para un mejor aprovechamiento del comercio electrónico y digital. Programa regional Alianzas para la Democracia y el Desarrollo con América Latina, Panamá.
- Nam, T. y Pardo, T. (2014). Conceptualizing Smart City with Dimensions of Technology, People, and Institutions. 12th Annual International Conference on Digital Government Research.
- OCDE y BID (2016). Políticas de banda ancha para América Latina y el Caribe. Un manual para la economía digital. Capítulo 12: Gobierno digital.
- OECD (2019). 1st OECD Roundtable on Smart Cities and Inclusive Growth. Issues Note.
- OECD (2019). Enhancing the contribution of digitalization to the smart cities of the future.

- OECD (2020). Measuring Smart Cities Performance. Do smart cities benefit everyone? 2nd OECD Roundtable on Smart Cities and Inclusive Growth.
- Oficina Económica y Comercial de España en Dubai, EAU. (2020). Informe económico y comercial. Emiratos Árabes Unidos.
- ONU-HABITAT III (2017). Nueva Agenda Urbana. Conferencia de las Naciones Unidas sobre la Vivienda y el Desarrollo Urbano Sostenible. Nueva York.
- ONU-HABITAT III (2015). Ciudades Inteligentes. Conferencia de las Naciones Unidas sobre la Vivienda y el Desarrollo Urbano Sostenible. Nueva York.
- Orellana, A. et al. (2017). Planificación urbana y calidad de vida: aproximación al estado de la planificación local en Chile. *Cuadernos de Vivienda y Urbanismo*, 10(19), 86-113. <https://dx.doi.org/10.11144/Javeriana.cvu10-19.pucv>
- Pacheco, F.; Sánchez, R. & Villena, M.G. (2021). Estimating local government efficiency using a panel data parametric approach: the case of Chilean municipalities. *Applied Economics*, 53(3), 292-314. <https://doi.org/10.1080/00036846.2020.1808171>
- Pizarro, A. (2013). Políticas integradas y sostenibles de movilidad: revisión y propuesta de un marco conceptual. *Boletín FAL. CEPAL transporte*. Edición N°323, n°7.
- Quintero, G. y Gómez, M. (2021). De las Smart Cities a los territorios inteligentes: semejanzas, diferencias y trascendencias. *REVISTARQUIS VOL. 10, n°1*, pp. 23-33. ISSN 2215-275X. San José, Costa Rica.
- Sabatini, F. et al. (2001). Segregación residencial en las principales ciudades chilenas: Tendencias de las tres últimas décadas y posibles cursos de acción. *EURE*, vol. XXVII, núm. 82, diciembre, 2001 Pontificia Universidad Católica de Chile Santiago, Chile.
- Sabatini, F. et al. (2017). Promotores inmobiliarios, gentrificación y segregación residencial en Santiago de Chile. *Revista*

- Mexicana de Sociología* 79, n°2, pp. 229- 260. Universidad Autónoma de México - Instituto de Investigaciones Sociales. México, D.F. ISSN: 0188-2503/17/07902-01.
- Sassen, S. (1998). *Globalization and its Discontents: Essays on the Mobility of People and Money*. Nueva York: New Press.
- Schwab, K. (2016). La Cuarta Revolución Industrial. World Economic Forum.
- Sepúlveda, R. (s.f.). Los desafíos que plantea la Nueva Agenda Urbana en la política habitacional chilena. *Vivienda Popular Latinoamérica*.
- TECHO-Chile y Fundación Vivienda (2021). Catastro Nacional de Campamentos 2020-2021. Informe Ejecutivo. CES. Santiago, Chile.
- Toudert, D. (2018). Brecha digital, uso frecuente y aprovechamiento de Internet en México. *Convergencia, Revista de Ciencias Sociales*. Universidad Autónoma del Estado de México. <https://doi.org/10.29101/crcs.v0i79.10332>
- Ubilla, G. y Chia, E. (2021). Construcción del periurbano mediante instrumentos de regulación urbana: caso de ciudades intermedias en la Región Metropolitana de Santiago-Chile. *Cuadernos Geográficos* 60(2), 275-296. DOI: <https://doi.org/10.30827/cuadgeo.v60i2.8701>.
- UN HABITAT (2020). UN-Habitat COVID-19 Response Plan. For a better urban future.
- UN HABITAT (2020). World Cities Report 2020. The Value of Sustainable Urbanization. United Nations Human Settlements Programme. Nairobi, Kenya.
- UN-HABITAT (2020). Future Cities, New Economy and Shared City Prosperity. Nairobi, Kenya.
- Van Deursen, A. & Van Dijk, J. (2013). The digital divide shifts to differences in usage. *New Media & Society*, Vol. 13, n°3, pp.507-526. DOI: 10.1177/1461444813487959
- Vergara Cabrera, F. y Reyes Labbé, M. (Coord) (2021). Catastro Nacional de Campamentos 2020-2021. Techo Chile y Fundación Vivienda.

- We Are Social & Hootsuite (2021). Digital 2021. Global Overview Report.
- World Bank Group. (2020). Urban and Disaster Risk Management Responses to COVID-19. The World Bank.
- World Economic Forum.(2020). Smart at Scale: Cities to Watch 25 Case Studies COMMUNITY PAPER. Global Future Council on Cities and Urbanization.

Las mujeres y la educación en ciencias, ingeniería, tecnología y matemáticas: desafíos para alcanzar la igualdad de género y la Agenda 2030

*Diana Rodríguez Wong**
*Carolina Muñoz Rojas***

INTRODUCCIÓN

La igualdad de género ha formado parte de la agenda de desarrollo a nivel global y regional durante las últimas décadas, perfilándose como uno de los temas ineludibles de la discusión internacional, en especial en el actual contexto de crisis. Dentro de la agenda global¹ ha sido creciente la vin-

* Oficial Asociada de Asuntos Económicos de la División de Asuntos de Género de la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), Naciones Unidas.

** Consultora de la División de Asuntos de Género de la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), Naciones Unidas.

1 Entre algunos hitos a nivel global que reflejan este proceso se encuentran: Grupo de trabajo sobre género (GWG) de la Comisión de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo de las Naciones Unidas (UNCSTD) (1995), IV Conferencia Mundial sobre la mujer, Plataforma de acción de Beijing (1995), Conferencia Mundial de la ciencia para el siglo XXI: Declaración de Budapest (1999), Reunión técnica de expertos en género, ciencia y tecnología OEA-CIM - GAB UNCSTD (2004), Informe para aplicar perspectiva de género a la ciencia, la tecnología y la innovación - UNCTAD (2011), Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible (2015), Recomendación 36, Comité CEDAW (2017).

Durante las últimas décadas, tanto los organismos internacionales, como los gobiernos de América Latina y el Caribe, instituciones académicas y organizaciones de la sociedad civil se han posicionado en torno a la promoción de una mayor igualdad de género en CTIM, en el marco de la discusión sobre el desarrollo en la región.

culación de la igualdad de género con la ciencia, tecnología, ingeniería y matemática (CTIM) -reconocidas habitualmente en torno al acrónimo de estas palabras en inglés: *STEM Science, Technology, Engineering and Mathematics*. Dado que se considera un ámbito propicio para enfrentar el contexto de revolución digital y cambio tecnológico acelerado, hoy agudizado y tensionado por la pandemia por COVID-19, resulta fundamental su análisis desde los compromisos de la agenda internacional y los desafíos que esto implica para los países de la región.

El contexto de la pandemia por COVID-19 y los esfuerzos de recuperación en la región sitúan, una vez más, a los campos CTIM como ámbitos claves para enfrentar los desafíos globales de cara un futuro post-pandemia. Para América Latina y el Caribe esta discusión requiere estar enmarcada en un urgente cambio en el estilo de desarrollo, donde la igualdad y la igualdad de género estén en el centro (CEPAL, 2019) y donde sea posible balancear las tres dimensiones del desarrollo (económico, social y ambiental), transitando hacia una recuperación más justa y enfrentando la crisis climática. Si bien, esto es un desafío enorme, también presenta oportunidades para una transformación con sostenibilidad e igualdad de género.

Durante las últimas décadas, tanto los organismos internacionales, como los gobiernos de América Latina y el Caribe, instituciones académicas y también organizaciones de la sociedad civil, se han posicionado en torno a la promoción de una mayor igualdad de género en CTIM, en el marco de la discusión sobre el desarrollo en la región², históricamente caracterizado por la baja productividad y la brecha productiva interna, y también por la desigualdad como un rasgo estructural.

La Estrategia de Montevideo, impulsada por la CEPAL y aprobada por sus estados miembros en la XIII Conferencia Regional sobre la Mujer de América Latina y el Caribe en 2016, identifica cuatro nudos críticos estructurales, constitutivos de las relaciones desiguales de poder, estos son: i) la desigualdad socioeconómica y la persistencia de la pobreza; ii) los patrones culturales patriarcales discriminatorios y violentos y el predominio de la cultura del privilegio; iii) la división sexual del trabajo y la injusta organización social del cuidado, y iv) la concentración del poder y las relaciones de jerarquía en el ámbito público (CEPAL, 2017a). La complejidad de estos nudos radica en que “se refuerzan mutuamente y generan complejos sistemas socioeconómicos, culturales y de creencias, que obstaculizan y reducen el alcance de las políticas y la autonomía de las mujeres” (CEPAL, 2017a), lo que se agudiza en el contexto de pandemia, donde las mujeres de América Latina se han visto especialmente afectadas. Ello implica hacer esfuerzos en los países de la región para “evitar que las múltiples crisis que se han desencadenado en el plano económico y social profundicen los nudos estructurales de

2 A nivel regional, algunos hitos claves se encuentran en torno a la Agenda Regional de Género en el marco de los acuerdos alcanzando en la Conferencia Regional sobre la Mujer de América Latina y el Caribe, entre ellos en: Consenso de Brasilia (2010), Consenso de Santo Domingo (2013), Estrategia de Montevideo (2016), Compromiso de Santiago (2020).

la desigualdad de género en América Latina y el Caribe en el corto, mediano y largo plazo” (CEPAL, 2021c).

Cabe señalar que estos nudos se manifiestan en las experiencias, trayectorias educativas y laborales de las mujeres en la educación en ciencias, ingeniería, tecnología y matemáticas, lo que repercute tanto en la desigualdad de género como en la productividad de la región.

Una preocupación permanente, tanto en la investigación como en la formulación de políticas públicas, ha sido la sub-representación de niñas y mujeres en los campos CTIM (Stoet & Geary, 2018), ya sea por la baja proporción de mujeres en carreras relacionadas a estas áreas, así como por la disminución progresiva de mujeres en su transición educativo laboral, explicada mediante metáforas como la “tubería con goteras” o “cañerías con fugas” (*leaky pipeline*). Esta y otras metáforas (techos de cristal, suelos pegajosos, techos de policarbonato, laberintos de cristal, etc.) se utilizan en la literatura académica y de organismos internacionales para explicar la baja participación de las mujeres en las ciencias y, a menudo, “resultan evocadoras y reflejan algunos elementos del problema”. No obstante, basarse demasiado en ellas como representaciones del problema, oculta una dimensión fundamental: “las relaciones de poder y las condiciones estructurales subyacentes” (Waldman, 2019, p. 24). Por ello en este capítulo, se propone indagar en las desigualdades de género en torno a CTIM en un sentido amplio, identificando su abordaje en la agenda a nivel internacional, regional y nacional, así como las oportunidades existentes para la discusión en esta materia en los países de la región, en especial en Chile.

1. LA COYUNTURA ACTUAL EN CLAVE DE GÉNERO: CRISIS ENTRELAZADAS

Los impactos que ha producido la pandemia de COVID-19 han sido particularmente devastadores para América Latina y el Caribe. La crisis de 2020 desencadenó una caída histórica de la ocupación, un aumento sin precedentes en los niveles de desempleo, así como la profundización de la pobreza y la desigualdad (CEPAL, 2021a). Así, la pandemia irrumpe en un “contexto marcado por asimetrías en el plano global, bajo crecimiento de las economías de la región, deterioro de la calidad del empleo y crecientes desigualdades en países con sistemas de salud fragmentados, mercados laborales segmentados y políticas de igualdad de género con recursos insuficientes” (Bidegain et al., 2020).

Este escenario de crisis sanitaria y profundización de las múltiples desigualdades presentes en la región se cruza con la cada vez más urgente crisis climática que amenaza la sostenibilidad de la vida, particularmente en una región donde el modelo de desarrollo dominante se ha basado en el extractivismo y el deterioro ambiental. Ambos caminos nos enfrentan a una encrucijada que presenta una oportunidad histórica de cambiar el estilo de desarrollo dominante e implementar cambios que de forma sinérgica pueden promover el desarrollo económico, la igualdad y la sostenibilidad ambiental, es decir, incorporar las tres dimensiones del desarrollo sostenible.

Cabe señalar que la Agenda 2030 ofrece una visión ambiciosa del desarrollo sostenible, integrando sus dimensiones económica, social y ambiental, y sobre este marco la CEPAL ha enfatizado en fortalecer el análisis y el diálogo de políticas en torno a los ejes claves, la implementación de la Agenda

y sus 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) (CEPAL, 2018).

El avance hacia el desarrollo sostenible en la región se dificulta por la permanencia de sus fallas estructurales, entre las cuales se encuentra la persistente desigualdad en clave de género que está en la base de la insostenibilidad del estilo de desarrollo dominante en la región (CEPAL, 2021b). La CEPAL, por medio de la Agenda Regional de Género y en específico, en la Estrategia de Montevideo, plantea cuatro nudos estructurales de la desigualdad que es preciso erosionar: i) la desigualdad socioeconómica y la pobreza; ii) los patrones culturales patriarcales, discriminatorios y violentos y la cultura del privilegio; iii) la división sexual del trabajo y la injusta organización social del cuidado, y iv) la concentración del poder y las relaciones de jerarquía en el ámbito público (CEPAL, 2017a).

La crisis provocada por la pandemia de COVID-19 ha puesto en evidencia, e incluso ha profundizado, estos nudos estructurales, así como también la fragilidad de los avances que se han logrado en la región en materia de igualdad de género. En lo que se refiere al empleo, por ejemplo, de acuerdo con los datos analizados por la CEPAL, si bien el impacto en el mercado laboral ha sido grave tanto para hombres como para mujeres, la tasa de participación laboral femenina ha caído 6 puntos porcentuales, de 51.4% en el 2019 a 46,9% en el 2020 (comparado con 74.7% en 2019 a 69,6% en 2020 para los hombres), lo que equivale a un retroceso de más de 18 años en materia de participación laboral, además de aumentos en la informalidad y el desempleo para las mujeres (Guezmes, 2021).

Asimismo, como consecuencia de la marcada segregación laboral en la región, el 56,9% del empleo de mujeres en América Latina y el 54,3% en el Caribe se encuentra concentrado en aquellos sectores que enfrentaron mayor riesgo de pérdida del empleo y caída de los ingresos ante la pandemia: el comercio, el turismo, la manufactura y el trabajo doméstico remunerado (CEPAL, 2021c).

Esta contundente salida de mujeres de la fuerza laboral está estrechamente ligada a las crecientes demandas de cuidados y a la injusta organización social de los cuidados en la región. En América Latina y el Caribe, las mujeres dedican diariamente al trabajo doméstico y de cuidados no remunerados el triple del tiempo que dedican los hombres a las mismas tareas (CEPAL, 2020). Los datos de los países que han medido los impactos de la crisis en el uso y distribución del tiempo muestran que la pandemia ha generado una sobrecarga de trabajo no remunerado al interior de los hogares³. La crisis de los cuidados se agudiza en estos contextos y sus consecuencias se manifiestan también en el trabajo doméstico remunerado, sector en el que trabaja un 11,4% de las mujeres ocupadas en la región (CEPAL, 2020).

Las respuestas a estas crisis entrelazadas requieren de nuevas estrategias hacia el cambio estructural progresivo propuesto por la CEPAL, donde es necesario analizar el “desacople” entre las industrias del futuro y los sistemas educativos presentes en la región. Dada la necesidad que la estructura productiva sea redefinida hacia sectores más

3 En Chile los hombres destinaron 8,2 horas semanales a estas actividades mientras que las mujeres dedicaron 17,8 horas semanales; en el Uruguay las horas de trabajo no remunerado de las mujeres subieron de 6,9 a 8,1 horas diarias mientras que para los hombres subió de 3,9 a 4,6 horas diarias; en México en abril 2020 las mujeres destinaron 31,9 horas semanales al trabajo no remunerado y los hombres 11,6 horas semanales en promedio.

intensivos en conocimientos, con tasas de crecimiento de la demanda y del empleo más altas, pero preservando también los recursos naturales y el medio ambiente, los procesos de recuperación necesarios para enfrentar la actual crisis se han perfilado en torno a ocho sectores dinamizadores, que pueden constituirse en el centro de los esfuerzos en favor de un gran impulso para la sostenibilidad: i) transición energética: energías renovables y reducción de uso de combustibles fósiles; ii) movilidad sostenible y espacio urbano; iii) la revolución digital: universalizar el acceso; iv) industria manufacturera de la salud; v) bio-economía: sostenibilidad basada en recursos biológicos y ecosistemas naturales; vi) valorizar y expandir la economía del cuidado; vii) desarrollo de la economía circular, y viii) recuperación sostenible del sector turismo (CEPAL, 2021d).

Todos estos se vinculan con los ámbitos CTIM y requieren tanto de habilidades como de formación de profesionales en campos CTIM, los cuales deben ser impulsados teniendo como objetivo la igualdad sustantiva en los resultados de las acciones para la igualdad de género, así como la autonomía de las mujeres. Cabe señalar que tanto la educación de calidad como la igualdad de género, se entrecruzan con este cambio estructural progresivo y los sectores dinamizadores.

La educación de calidad conlleva el aumento de la capacidad de las personas para contribuir al proceso productivo pues, al facilitar el desarrollo cognitivo, la capacidad de aprendizaje y la posibilidad de aprender y adquirir nuevas habilidades, tiene un efecto positivo en la productividad (CEPAL, 2021d). Y entre las propuestas para garantizar el derecho a la educación en un contexto de recuperación transformadora, se encuentra el cierre de las brechas de género,

fomentando una mayor participación de las mujeres en las disciplinas científicas y, en particular, las físico-matemáticas.

2. LA PANDEMIA POR COVID-19 Y SUS EFECTOS EN LA PROFUNDIZACIÓN DE LA DESIGUALDAD DE GÉNERO EN CTIM

En el contexto de pandemia, progresivamente se han hecho más evidentes las manifestaciones de la desigualdad de género. En torno a CTIM se constata, por ejemplo, que está afectando desproporcionadamente a las mujeres investigadoras, incluso si han estado a la vanguardia de responder a la crisis (Schneegans et al., 2021). Las mujeres que se desempeñan laboralmente en los campos CTIM, aun cuando sea un grupo pequeño y privilegiado, son afectadas por los obstáculos y barreras de género transversales que enfrentan las trabajadoras asalariadas en todos los ámbitos y que podrán repercutir en su permanencia: sobrecarga de labores domésticas y de cuidado que dificultan tanto el trabajo presencial como remoto, inseguridad e inestabilidad laboral, desempleo, disminución de ingresos de manera temporal o permanente, entre otros, así como la sobrecarga de labores remuneradas de mujeres que se emplean en sectores especialmente exigidos por la pandemia y el confinamiento: la atención sanitaria en un contexto de uso intensivo de los servicios de salud; la adaptación de los sistemas educativos a modalidades remotas, mediadas por la tecnología; disminución de la producción científica y tecnológica de las mujeres, y las labores domésticas y de cuidados dentro de los hogares.

Por otra parte, existe una paradoja: sectores clave para enfrentar la crisis presentan una alta participación de mujeres, esto es atención de salud intensiva, sector donde las mujeres alcanzan el 73,2% del total de las personas empleadas, adaptación de los sistemas de enseñanza donde el 70,4% de los

El 56,9% del empleo de mujeres en América Latina y el 54,3% en el Caribe se encuentra concentrado en aquellos sectores que enfrentaron mayor riesgo de pérdida del empleo y caída de los ingresos ante la pandemia: el comercio, el turismo, la manufactura y el trabajo doméstico remunerado

puestos de trabajo en el sector de la educación son ocupados por mujeres y, por otra parte, se acelera la digitalización, en prácticamente todas las actividades de la vida (CEPAL, 2021c), donde las mujeres se encuentran más excluidas.

Para Wacjman, Young y Fitzmaurice (2020), el auge y la difusión de las tecnologías digitales configura la desigualdad de género en la esfera educativa en una multiplicidad de formas y no solo se relaciona con el acceso a la tecnología, sino con el “déficit” en el aprendizaje y habilidades, y señalan que hoy las mujeres, particularmente en países de ingresos bajos y medios, carecen de capacidades tecno-sociales para competir en un entorno global en línea.

Los vínculos se hacen evidentes, al constatar que tanto los conocimientos como las habilidades que se desarrollan y adquieren en ciencia, matemáticas, ingeniería y tecnología no solo son relevantes para quienes trabajan en campos relacionados con CTIM, sino también “en la comprensión de nuestra vida diaria, que van desde nuestra salud y nuestra comunicación con los demás, hasta nuestro conocimiento del cambio climático y la vida sostenible” (IBE-UNESCO, 2017). Hoy, en el contexto de pandemia, tanto en relación con sus consecuencias como las oportunidades que se abren, se constata la necesidad urgente de “salvar las diferencias de desarrollo, de forma que las mujeres y las niñas de todo el mundo puedan aprovechar los avances tecnológicos” (Nacio-

nes Unidas, 2019), lo que es extensible también a los otros campos CTIM que estarán en el centro de la recuperación post-pandemia.

Entre los efectos que el contexto de pandemia por COVID-19 está teniendo en los vínculos entre género y CTIM, se pueden identificar, por una parte, que durante la pandemia los países han recurrido a la ciencia, se ha demostrado el valor de las tecnologías digitales en una situación de emergencia y se han dinamizado los sistemas de producción de conocimientos. Pero, por otra, se enfrenta el riesgo de mayores desigualdades sociales (Schneegans et al., 2021).

Las condiciones laborales que enfrentan las mujeres en la región son particularmente complejas: se prevé que los efectos económicos y sociales de la pandemia repercutirán de forma significativa en su autonomía, estimando una reducción de sus niveles de ocupación que representa un retroceso para toda la región (CEPAL, 2021c). En cuanto a la participación laboral y condiciones del empleo de las mujeres en campos CTIM, donde hasta ahora han sido minoría, existe el riesgo de profundizar las desigualdades de género. Por otra parte, cabe preguntarnos si la ciencia y la tecnología está incluyendo una perspectiva de género en el contexto de crisis, que incluya a las mujeres en sus soluciones para enfrentar la pandemia y sus consecuencias desde las propuestas científicas y tecnológicas, o bien si las soluciones propuestas son útiles o beneficiosas para ellas.

3. LAS MUJERES EN CAMPOS CTIM: ¿HA SIDO LA EDUCACIÓN LA LLAVE MAESTRA PARA LA IGUALDAD?

Uno de los principales problemas identificados en torno a la desigualdad de género en CTIM vinculados a la educación

ha sido la subrepresentación de las mujeres, considerándose un ámbito de persistentes barreras. Pese la alta participación de las mujeres en los distintos niveles educativos -en especial en la educación terciaria o superior-, siguen teniendo una baja participación en las carreras CTIM (Bello, 2020; OEI, 2020; Schneegans et al., 2021).

En torno a esta baja participación, hay varios aspectos llamativos y también paradójicos. A nivel general, las mujeres ya no enfrentan barreras de acceso a la educación y participan ampliamente, destacando por ejemplo que la región goza de paridad de género en la matrícula hasta el primer ciclo de la educación secundaria, e inclusive “los varones están en desventaja en la matrícula del segundo ciclo de secundaria y la educación terciaria” (UNESCO, 2020). Las barreras de acceso a la educación ya no serían un problema, sino más bien los ámbitos a los cuales acceden y donde desarrollan sus trayectorias educativas. En este sentido, que accedan a la educación no significa que accedan a todos los campos y carreras por igual, ni que sus condiciones dentro del sistema educativo sean igualitarias.

De acuerdo con las estadísticas recopiladas por la UNESCO a nivel mundial, en la educación superior las mujeres representan solo el 35% del estudiantado matriculado en las áreas relacionadas con CTIM y el menor número de mujeres inscritas se encuentra en áreas relacionadas con la información, las comunicaciones y la tecnología, la ingeniería, la manufactura, la construcción, las ciencias naturales, las matemáticas y la estadística, agregando además que las mujeres abandonan estas disciplinas “en números desproporcionados durante sus estudios superiores, en su transición al mundo laboral e incluso durante su formación superior” (UNESCO, 2019a). Cabe preguntarnos si el “abandono” es por motivos

individuales o es el sistema educativo y tecnológico el que no facilita las trayectorias de mujeres y niñas.

La menor participación de las mujeres es un aspecto común en estos campos, pero se tienden a analizar como campos homogéneos. Sin embargo, las áreas específicas que componen CTIM presentan también diferencias en torno a la participación de las mujeres. Por una parte se observa la concentración de las mujeres que ingresan a estos ámbitos educativos en las ciencias naturales o de la salud, en contraste con la sub-representación en áreas consideradas tradicionalmente masculinas como las ingenierías, la tecnología y las matemáticas, siendo el área tecnológica donde persiste una menor presencia de las mujeres. Según el Estado de la Ciencia 2020 de RICYT, en países como Brasil y Chile las mujeres representan menos del 13% respecto de la matrícula total en estas áreas (OEI, 2020). Por su parte, las estadísticas publicadas por la UNESCO muestran que al 2018 algunos países de la región mostraban bajos porcentajes de mujeres graduadas a nivel universitario en el campo de tecnología de la información y comunicación, siendo aquellos con menores porcentajes: Chile 12,7%, Brasil 14,6% y Uruguay 17,7%, y entre los países con mayores porcentajes solo uno se acerca al 50%: Perú 49,6%, seguido por Panamá 43,9% y República Dominicana 38,4% (Bello, 2020).

Los factores que explican esta baja representación, han sido abordados por la literatura, identificándose más de una causa atribuible a la baja participación de las mujeres en el ámbito CTIM. Entre los factores que contribuyen a explicar la baja participación se encuentran desde aspectos ligados a la socialización de género durante las etapas más tempranas (infancia y adolescencia); la falta de identidad con estas áreas, sesgos y estereotipos de género; ausencia de soportes

y modelos a seguir (Sevilla & Farías, 2020); los estereotipos de género sobre el tipo de persona que trabaja en el ámbito CTIM (Sáinz, 2020); la influencia del entorno familiar y educativo; así como las propias barreras del empleo remunerado para las mujeres egresadas de estos campos. Por ejemplo, se ha identificado entre las principales barreras que enfrentan las mujeres para el ingreso, desarrollo y permanencia en la carrera científica: el trabajo de cuidados, el predominio masculino en la estructura de poder de la ciencia, construcción androcéntrica que no valora de igual modo la producción de conocimiento generado por las mujeres, y la permanencia de estereotipos de género arraigados en la comunidad académica y científica (Bello, 2020).

A nivel educativo, en el Informe de Género 2020, vinculado al Informe de Seguimiento de la Educación en el Mundo 2020 de UNESCO, se destaca que “en todos los niveles educativos, las niñas muestran valores más bajos de autoeficacia, es decir, percibidos como opuestos a las habilidades reales, en las materias de matemáticas y ciencias, además de las ciencias de la vida” (UNESCO, 2020). Pese a ser este uno de los factores más recurrentes, cabe señalar que desde las perspectivas feministas se cuestiona una aproximación al problema centrado solo en las propias mujeres, tanto en las ciencias como en la tecnología. Por ejemplo, para Wajcman (2006), la tradición feminista más liberal “sitúa el problema en las propias mujeres (su socialización, sus aspiraciones y valores) y no se plantean cuestiones más amplias referentes a si la tecnociencia y sus instituciones podrían redefinirse para dar cabida a las mujeres y de qué manera lo harían”.

Otro aspecto llamativo es la denominada paradoja de la igualdad de género en CTIM (Stoet & Geary, 2018) y la paradoja de la igualdad de género en las TIC (UNESCO,

2019b). En primer término, Stoet y Geary (2018) realizaron un análisis comparativo de la participación de género en los programas educativos en CTIM y encontraron que los países con altos niveles en el índice de igualdad de género del Foro Económico Mundial también tienen algunas de las mayores brechas de género en CTIM en la educación secundaria y terciaria. De manera similar, la UNESCO (2019b) evidencia la ausencia de una relación directa entre niveles de igualdad de género de los países (también en base a índice de género del Foro Económico Mundial) y la proporción de mujeres que cursan estudios de nivel avanzado en habilidades digitales o TIC's, señalando que los países con niveles más altos de igualdad de género -como los de Europa- tienen las proporciones más bajas de mujeres que cursan estudios superiores en informática y materias afines, y por el contrario, países con bajos niveles de igualdad de género -como los de la región árabe- tienen las proporciones más altas de mujeres que obtienen títulos de tecnología avanzada. En esta correlación, países de la región como Chile y Costa Rica, se encuentra en el primer grupo (con un desempeño peor de lo esperado) y le siguen de cerca Argentina, Brasil, Cuba y México. Si bien ningún país se encuentra en el segundo grupo (con un desempeño mejor de lo esperado), con resultados más cercanos a ese grupo se encuentran Perú.

Un aspecto más de fondo se relaciona con los sesgos androcéntricos en la creación y construcción del conocimiento científico y tecnológico que no solo excluye, sino que justifica la exclusión de las mujeres y reproduce la desigualdad. Para Waldman (2019), la ciencia está “integrada en las estructuras políticas y económicas del capitalismo tardío”. Se basa en las jerarquías masculinas y las reproduce, situación que se podría extrapolar a todos los campos CTIM. Esto implica analizar cómo, quiénes y para quiénes se crea el conocimiento,

y también cómo se traducen los sesgos en el empleo CTIM. Castaño y Webster (2014) señalan que analizar la participación de las mujeres en la ciencia “no solo implica cuantificar la presencia de mujeres, sino también analizar los sesgos de género en los mecanismos de acceso, selección y promoción en el ámbito de la ciencia y la tecnología”. Schiebinger (2012), por su parte, distingue tres niveles analíticos: la presencia de las mujeres en ciencia y tecnología, el sesgo de género de la cultura de la ciencia y la tecnología -pese a los ideales científicos de objetividad y neutralidad- y la integración de la dimensión de género en los propios contenidos científicos y tecnológicos.

Esta discusión es clave, ya que se ha enfatizado el rol que tienen tanto los campos, las carreras y las habilidades CTIM en un contexto de cambio tecnológico o revolución digital, que impacta al mundo del empleo o trabajo remunerado comúnmente analizado en torno a la idea del “futuro del trabajo”. Se ha señalado que los avances tecnológicos tales como la inteligencia artificial, la automatización y la robótica, conducirán a un cambio masivo en todas las áreas de la vida y que este cambio tecnológico no es -ni será- neutro en cuanto al género (Naciones Unidas, 2019). Así, esta revolución tecnológica implicará diversos cambios en el empleo, lo que puede significar una nueva barrera u oportunidad para propiciar una mayor autonomía económica de las mujeres ante escenarios económicos cambiantes (CEPAL, 2019).

El acceso a tecnologías clave es una condición necesaria (aunque no suficiente) para garantizar la plena participación en economías cambiantes. Sin embargo, las brechas de acceso a las mismas denotan las múltiples disparidades presentes en la región: la brecha digital denota las disparidades entre individuos, hogares, empresas y áreas geográficas con respecto

tanto a sus oportunidades de acceder a las tecnologías de información y comunicaciones, como a su uso para una amplia variedad de actividades (Davaki, 2018). Esas disparidades además reflejan, generalmente, diferencias socioeconómicas.

Un requisito esencial para lograr una participación efectiva en la era digital es contar con acceso a banda ancha de alta velocidad. Los costos asociados a la conexión de los hogares y a los dispositivos necesarios, sumados a las dificultades para financiar la infraestructura digital (por ejemplo, cables de fibra óptica) son obstáculos que se interponen en la inclusión digital, en particular para las mujeres quienes siguen encontrando múltiples barreras para generar ingresos propios. Por ese motivo, es crucial asegurar la asequibilidad del acceso y de los dispositivos, y tener en cuenta consideraciones como la propiedad y control de la tecnología, costo de acceso, necesidades de uso, lugar de acceso, complejidad de uso y sostenibilidad de los recursos tecnológicos.

4. ESCENARIOS MULTI ESCALARES: LA AGENDA REGIONAL DE GÉNERO Y SUS SINERGIAS CON LOS ODS

La vinculación entre la igualdad de género y CTIM debe situarse en la agenda de desarrollo sostenible, desafiada hoy por los procesos de recuperación ante las crisis. Ello requiere potenciar las sinergias entre la agenda global y regional en materias de igualdad de género, educación, ciencia y tecnología, con el propósito de potenciar cambios y transformaciones que avancen más sustantivamente y que mejoren las condiciones de vida de las mujeres y niñas.

A nivel global se reconocen diversos hitos e instancias intergubernamentales donde se han abordado los temas de igualdad de género en CTIM, entre ellos: el grupo de trabajo

sobre género (GWG, por su sigla en inglés) de la Comisión de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo de las Naciones Unidas (UNCSTD) (1995); la IV Conferencia Mundial sobre la Mujer: Plataforma de Acción de Beijing (1995); la Conferencia Mundial de la Ciencia para el Siglo XXI: Declaración de Budapest (1999); la Reunión técnica de expertos en género, ciencia y tecnología OEA-CIM - GAB UNCSTD (2004); el Informe para aplicar perspectiva de género a la ciencia, la tecnología y la innovación - UNCTAD (2011), entre otros.

A ellos se suman dos hitos clave de la última década: la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible (2015) y la Recomendación 36 del Comité CEDAW (2017). Por una parte, la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible en el marco del ODS 4 sobre educación de calidad, se propone garantizar una educación inclusiva, equitativa y de calidad y promover oportunidades de aprendizaje durante toda la vida para todos. Este objetivo incluye como meta asegurar el acceso igualitario de todos los hombres y las mujeres a una formación técnica, profesional y superior de calidad, incluida la enseñanza universitaria; aumentar considerablemente el número de jóvenes y adultos que tienen las competencias necesarias, en particular técnicas y profesionales, para acceder al empleo, el trabajo decente y el emprendimiento, y eliminar las disparidades de género en la educación y asegurar el acceso igualitario a todos los niveles de la enseñanza y la formación profesional para las personas vulnerables, incluidas las personas con discapacidad, los pueblos indígenas y los niños en situaciones de vulnerabilidad (CEPAL, 2018).

En particular se reconoce que las habilidades de alfabetización digital son un objetivo específico vinculado a los indicadores: 4.4.1 proporción de personas jóvenes y adultas con competencias en tecnología de la información y las

comunicaciones (TIC), desglosada por tipo de competencia técnica, y 4.4.2 el porcentaje de jóvenes y adultos que han logrado al menos un nivel mínimo en competencias digitales (UNESCO, 2019b). En tanto en el ODS 5, la meta 5.b propone “mejorar el uso de la tecnología instrumental, en particular la tecnología de la información y las comunicaciones, para promover el empoderamiento de las mujeres (CEPAL, 2018).

Por otra parte, en 2017 el Comité CEDAW entregó la recomendación general número 36 sobre el derecho de las niñas y las mujeres a la educación, y dentro de las recomendaciones específicas vinculadas a CTIM, se encuentra: aumentar la participación de las mujeres y las niñas en los programas de ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas, en todos los niveles de la enseñanza; adaptar las opciones y los contenidos en la educación de las niñas y las mujeres, en particular en los niveles superiores de la enseñanza, a fin de aumentar su representación en las disciplinas científicas, técnicas y de gestión y, con ello, su calificación, para que puedan acceder a puestos directivos y decisorios, en particular en las profesiones y empleos dominados por los hombres, entre otros aspectos (Naciones Unidas, 2017).

A nivel de América Latina, algunos hitos clave se identifican en torno a la Agenda Regional de Género (CEPAL, 2017b), en el marco de los acuerdos alcanzando en la Conferencia Regional sobre la Mujer de América Latina y el Caribe, entre ellos en: Consenso de Brasilia (2010), Consenso de Santo Domingo (2013), Estrategia de Montevideo (2016) y Compromiso de Santiago (2020). En estos compromisos, se abordan progresivamente desde la promoción del acceso de las mujeres en CTIM como una orientación de las políticas, avanzando hacia la promoción de medidas afirmativas para reducir las barreras de acceso, eliminar el sexismo y los este-

reotipos de género en el sistema educativo y en la percepción de docentes sobre el desempeño de niñas y niños en CTIM, promover participación paritaria y asegurar la permanencia y culminación de las niñas y mujeres en CTIM.

En particular, la Estrategia de Montevideo, aprobada en 2016, incluye en el Eje 7 sobre tecnología, la medida 7.d: “diseñar y llevar a la práctica programas específicos para cerrar las brechas de género en el acceso, el uso y las habilidades en materia de ciencia, tecnología e innovación, y fomentar la participación paritaria de las mujeres en este ámbito” (CEPAL, 2017a). En 2020, el Compromiso de Santiago incluyó entre sus acuerdos “promover políticas públicas que consideren medidas de acción afirmativa para propiciar que las niñas, las adolescentes y las mujeres, participen, permanezcan y culminen su educación en las áreas de la ciencia, la ingeniería, las matemáticas y la tecnología, incluidas las tecnologías de la información y las comunicaciones, además de las tecnologías emergentes y sostenibles” (acuerdo 18), así como “fomentar la participación laboral de las mujeres en áreas de ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas, eliminando la segregación laboral y garantizando el trabajo decente y la igualdad salarial, en particular en sectores emergentes -entre ellos el de la economía digital- que son clave para el cambio estructural con igualdad y la descarbonización de las economías (acuerdo 19) (CEPAL, 2020a).

Cabe señalar que la agenda regional aborda los vínculos entre igualdad de género y CTIM desde la década de 2010 en adelante, con posterioridad a la agenda global cuyos antecedentes surgen a mediados de la década del ‘90. No obstante, el desarrollo de los acuerdos y consenso en América Latina abordan de manera progresiva y con mayor especificidad las recomendaciones de políticas públicas en torno a género y

CTIM, visibilizando, por ejemplo, la diversidad de mujeres y niñas de la región (indígenas, afrodescendientes, rurales, LGBTTI y mujeres con discapacidad) y abordando problemáticas y recomendaciones de política desde el acceso, centrado en incentivar a mujeres y niñas, y promover las vocaciones CTIM, avanzado hacia acciones afirmativas para reducir las barreras de acceso, y transversalizar la perspectiva de género en los sectores de ciencia, tecnología y educación, observándose menos recomendaciones o acuerdos en torno al empleo CTIM.

A nivel nacional, en Chile se pueden identificar tres ámbitos de políticas públicas que abordan los vínculos entre la igualdad de género y CTIM, estos son: el Cuarto Plan Nacional de Igualdad entre Mujeres y Hombres 2018-2030 del Ministerio de la Mujer y la Equidad de Género; la Política Institucional de Género 2017- 2025 de CONICYT, y la Política Nacional de Igualdad de Género para la Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación, y su plan de acción “50/50 para el 2030” del Ministerio de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación.

En primer lugar, el Cuarto Plan Nacional de Igualdad entre Mujeres y Hombres 2018-2030 identifica dentro de sus antecedentes y avances, el desarrollo de “políticas y programas de educación que tienen relación directa con el acceso de mujeres a la tecnología, la ciencia y la innovación que mejoran su empleabilidad”, en torno a los cuales se reconocen “esfuerzos sistemáticos por debilitar la segregación de género en la distribución de mujeres y hombres en distintas disciplinas, en la selección de carreras, en el acceso a la ciencia y uso de la tecnología, y en las trayectorias profesionales”. En este contexto se identifican medidas de acción positiva para el ingreso de las mujeres a carreras científicas altamente

masculinizadas y normas que consideran las “exigencias de la vida reproductiva y de la salud, en los procesos de formación y en las trayectorias profesionales” (MMEG, 2019).

En segundo lugar, la Política Institucional de Género 2017-2025 de CONICYT establece 3 ejes de trabajo: i) promover y potenciar la igualdad de género en el desarrollo de la actividad científica y tecnológica; ii) visibilizar el desarrollo de la Ciencia y Tecnología del país desde una perspectiva de igualdad de género; iii) instalar una cultura de equidad de género y diversidad en la gestión de recursos humanos y financieros de CONICYT. Esta política forma parte del Sistema General de Equidad de Género de CONICYT, que está compuesto por un diagnóstico de las principales barreras, brechas e inequidades de género en el mundo de la ciencia y la tecnología, la política antes señalada, el plan de acción anual, un sistema de monitoreo y seguimiento, un marco organizacional (equipo técnico) y una estrategia de difusión y sensibilización.

En tercer lugar, recientemente ha sido aprobada la Política Nacional de Igualdad de Género para la Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación “50/50 para el 2030”, que además cuenta con un Plan de Acción 2020-2022, liderado por el Ministerio de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación con la participación activa del Ministerio de la Mujer y la Equidad de Género, la Subsecretaría de Educación Superior y la Subsecretaría de Telecomunicaciones.

La política aprobada se propone “avanzar decididamente en la remoción de las barreras que impiden la participación y el desarrollo pleno de las mujeres en la ciencia, tecnología, conocimiento e innovación, con el fin de brindar mayor diversidad y creatividad al ejercicio de la investigación y desarrollo; incrementar los talentos disponibles, y constituir un

sistema científico, académico y tecnológico justo y robusto, que integre la igualdad de oportunidades, derechos y trato de la mujer en todas sus dimensiones” (Ministerio de CTCI de Chile, 2021).

Estos ejemplos de políticas dan cuenta de claros avances, pero también nos enfrentan a importantes desafíos en el contexto de pandemia y recuperación. Como se ha señalado a lo largo de este documento, los campos CTIM son clave para enfrentar el contexto de revolución digital y cambio tecnológico acelerado, actualmente agudizado y tensionado por la pandemia por COVID-19. Este escenario, sin lugar a dudas, puede ser una oportunidad para el cambio tecnológico y el modelo de desarrollo de la región, pero requieren ser abordados desde una perspectiva de género que permita transformar los patrones de desigualdad históricamente presentes en la región y que se proyectan en la ciencia y la tecnología, fortaleciendo tanto las capacidades institucionales como los instrumentos de políticas públicas.

El problema de la subrepresentación de las mujeres en las carreras y los campos CTIM es solo la punta del iceberg, de una suma de problemas y desigualdades de carácter estructural que requieren ser analizados en perspectiva y abordados por políticas que respondan a esa complejidad.

Se ha señalado que para avanzar hacia el logro de la autonomía y los derechos de las mujeres en el contexto actual, es necesario un abordaje integral y transformador de la política pública (CEPAL, 2019). Una mayor igualdad de género y autonomía económica para las mujeres de América Latina pasa por transformar los campos educativos, no solo para que accedan, sino para que la sociedad sea transformada y constituya un espacio que haga posible una mayor igualdad

y un mayor respeto de los derechos y dignidad de todas las personas.

BIBLIOGRAFÍA

- Bello, A. (2020). Las mujeres en las ciencias, tecnología, ingeniería y matemáticas en América Latina. ONU Mujeres.
- Bidegain, N.; Scuro, L. & Vaca-Trigo, I. (2020). La autonomía económica de las mujeres en tiempos de COVID-19. *Revista de la CEPAL*, 132, 14.
- Castañón, C. & Webster, J. (2014). *Género, ciencia y tecnologías de la información*. Editorial UOC.
- CEPAL (2021a). Estudio Económico de América Latina y el Caribe 2021. 279.
- CEPAL (2021b). Hacia la sociedad del cuidado: Los aportes de la Agenda Regional de Género en el marco del desarrollo sostenible.
- CEPAL (2021c). La autonomía económica de las mujeres en la recuperación sostenible y con igualdad.
- CEPAL (2021d). Construir un nuevo futuro: Una recuperación transformadora con igualdad y sostenibilidad. United Nations. <https://doi.org/10.18356/9789210047456>
- CEPAL (2020a). Compromiso de Santiago. https://conferencia-mujer.cepal.org/14/sites/crm14/files/20-00089_crm.14_compromiso_de_santiago.pdf
- CEPAL (2020b). La pandemia del COVID-19 profundiza la crisis de los cuidados en América Latina y el Caribe. United Nations. <https://doi.org/10.18356/9789210054164>
- CEPAL (2019). La autonomía de las mujeres en escenarios económicos cambiantes.
- CEPAL (2018). Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible: Una oportunidad para América Latina y el Caribe.
- CEPAL (2017a). Estrategia de Montevideo para la Implementación de la Agenda Regional de Género en el Marco del

- Desarrollo Sostenible hacia 2030. Comisión Económica para América Latina y el Caribe.
- CEPAL (2017b). 40 años de Agenda Regional de Género. Comisión Económica para América Latina y el Caribe.
- Davaki, K. (2018). The underlying causes of the digital gender gap and possible solutions for enhanced digital inclusion of women and girls.
- Guezmes, A. (2021). Hacia una sociedad del cuidado para una recuperación con igualdad de género y sostenibilidad. [Presentación PowerPoint], División de Asuntos de Género, CEPAL. [https://www.cepal.org/sites/default/files/presentations/presentacion_ana_guezmes_garcia.pdf]
- IBE-UNESCO (2017). A Resource pack for gender-responsive STEM education; Training tools for curriculum development. 266.
- Ministerio de CTCI de Chile (2021). Política Nacional de Igualdad de Género para la Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación “50/50 para el 2030”.
- Ministerio de la Mujer y Equidad de Género de Chile (2019). Cuarto Plan Nacional de Igualdad entre Mujeres y Hombres 2018-2030.
- Naciones Unidas. (2019). Examen y evaluación de la aplicación de la Declaración y Plataforma de Acción de Beijing y de los resultados del vigésimo tercer período extraordinario de sesiones de la Asamblea General, Informe del Secretario General.
- Naciones Unidas (2017). Recomendación general núm. 36 sobre el derecho de las niñas y las mujeres a la educación, Comité para la Eliminación de la Discriminación contra la Mujer.
- Organización de Estados Iberoamericanos (2020). El estado de la ciencia: Principales Indicadores de Ciencia y Tecnología Iberoamericanos / Interamericanos 2020.
- Sáinz, M. (2020). Brechas y sesgos de género en la elección de estudios STEM ¿Por qué ocurren y cómo actuar para eliminarlas?.

- Schiebinger, L. (2012). Getting More Women into Science: Knowledge Issues, Gender and Science: Studies across Cultures. En N. Kumar, Gender and Science: Studies across Cultures (pp. 3-19). Foundation Books.
- Schneegans, S.; Lewis, J. & Straza, T. (2021). Informe de la UNESCO sobre la Ciencia: La Carrera contra el Reloj para un Desarrollo más inteligente – Resumen Ejecutivo.
- Sevilla, M.P. & Farías, M. (2020). Brechas de género en trayectorias STEM y Educación Media Técnico Profesional. 13.
- Stoet, G. & Geary, D. (2018). The Gender-Equality Paradox in Science, Technology, Engineering, and Mathematics Education. *Psychological Science*, 29(4), 581-593.
- Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (2020). Global Education Monitoring Report – Gender Report: A new generation: 25 years of efforts for gender equality in education.
- Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (2020). Informe de Seguimiento de la Educación en el Mundo 2020 – América Latina y el Caribe – Inclusión y educación: Todos y todas sin excepción.
- Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (2019a). Descifrar el código: La educación de las niñas y las mujeres en ciencias, tecnología, ingeniería y matemáticas (STEM). <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000366649>
- Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (2019b). I'd blush if I could: Closing gender divides in digital skills through education.
- Wajcman, J., Young, E. & Fitzmaurice, A. (2020). The Digital Revolution: Implications for Gender Equality and Women's Rights 25 Years after Beijing. United Nations. <https://doi.org/10.18356/e2a68ccf-en>

- Wajcman, J. (2006). *El Tecno feminismo*. Ediciones Cátedra
Universitat de Valencia Instituto de la Mujer.)
- Waldman, L. (2019). *Caminos al éxito: Aportes del enfoque
de género al liderazgo científico en los desafíos globales*.
GenderInSITE.

Los Laboratorios Naturales de Chile

*José Miguel Aguilera R.**
*Felipe Larraín B.***

INTRODUCCIÓN

El conocimiento científico es un bien público global, fundamental para el desarrollo y compartido colectivamente (Stiglitz, 1999). Crece a una velocidad impresionante, impulsado principalmente por la investigación que se realiza en centros y universidades del Primer Mundo y se difunde a través de artículos publicados en revistas y libros. Por ejemplo, más del 50% de los casi 2.600.000 artículos indexados en revistas científicas en 2018 se originaron en cinco países: China, EE.UU., India, Alemania y Japón. Mientras tanto, las cinco naciones latinoamericanas que más contribuyeron,

* Profesor Emérito Honorario, Facultad de Ingeniería, PUC y CLAPES UC.

** Profesor Titular, Instituto de Economía, PUC y CLAPES UC.

solo aportaron un magro 4% del total de publicaciones¹. Únicamente en EE.UU. existen, al menos, diecinueve universidades cuyo presupuesto para I+D superó los 1.000 millones de dólares en 2019, cifra comparable a todo lo que invierte Chile anualmente en este rublo (aproximadamente un 0,4% del PIB²).

Dada esta realidad, es difícil pensar que los países emergentes como el nuestro puedan aportar de manera relevante en todas las disciplinas del conocimiento, aunque les sea imprescindible desarrollar una base amplia en variadas áreas del saber. Entonces, la pregunta clave es: ¿será posible que, además de hacer ciencia en modo disciplinar -que nos acerca a una sociedad del conocimiento y a entender el mundo en que vivimos- encontremos unos “atajos” o “nichos” que nos hagan partícipes, con impacto global y local, en algunas áreas de la ciencia?

Se argumenta que las limitaciones de la investigación científica en los países emergentes parten por el bajo financiamiento dedicado a esta actividad y el escaso valor social o económico agregado que aporta a la vida de las personas (Goldemberg, 1998). La educación en ciencias en naciones emergentes o menos desarrolladas, tampoco ha logrado alcanzar los niveles de confianza en las personas que son fundamentales para que las políticas públicas basadas en la ciencia sean implementadas exitosamente (Rabesandratana, 2019). Esto adquiere especial relevancia cuando se requiere con urgencia que las personas alteren su comportamiento

1 https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_countries_by_number_of_scientific_and_technical_journal_articles Recuperado el 13 de septiembre de 2021.

2 Consultar artículo de la revista Forbes del 8 de febrero de 2021, The 19 U.S. universities spending \$1 billion or more on R and D. <https://www.forbes.com/sites/michaelnietzel/2021/02/08/the-19-us-universities-spending-one-billion-or-more-on-r-and-d/?sh=13b54f11183a>. Recuperado el 11 de marzo de 2021.

para reducir los impactos del cambio climático, las pandemias (p. ej., el Covid-19) y la degradación de los ecosistemas naturales.

Este capítulo da una mirada poco habitual a la investigación científica en Chile. Nuestras singularidades geográficas y geofísicas ofrecen ventajas comparativas para la generación de conocimiento relevante a dimensión planetaria y así enfrentar algunos de los mayores desafíos globales y también locales. El texto muestra cómo investigaciones que se realizan en estos territorios nacionales aportan a descubrir los misterios del universo; monitorear los efectos globales del cambio climático; enfrentar la pérdida de biodiversidad en espacios terrestres y marinos; mitigar los efectos de los desastres naturales, y contribuir a una alimentación más sostenible, variada y saludable.

PREÁMBULO

El Capital Natural

Durante las últimas décadas se ha consolidado el concepto de capital natural como base del crecimiento económico y un desarrollo futuro sostenible (England, 2000). El capital natural puede definirse como las reservas de activos naturales que, directa o indirectamente, aportan valor o beneficios a los habitantes de una nación. El capital natural va más allá de los bienes económicos cuantificables en el PIB nacional e incluyen el valor de los ecosistemas, la biodiversidad de especies, el suelo, aire y agua fresca, entre otras³. Por tanto, la riqueza de una nación incluye no solo el capital en los

3 <https://naturalcapitalforum.com/about/>

Los territorios en países emergentes que, por su aporte al conocimiento, son únicos a nivel planetario han sido pocas veces valorados a excepción de los sitios arqueológicos o paleo-arqueológicos de África y Asia y algunos lugares emblemáticos de conservación de la biodiversidad, como la cuenca del río Amazonas y las islas Galápagos.

bienes físicos producidos y el capital humano, sino también el conocimiento y el capital natural (Dasgupta, 2010).

Un desafío importante es estimar el valor de los activos que componen el capital natural y de los servicios prestados por los ecosistemas (Hein et al., 2020). Al no existir precios de mercado o valores de cambio, ni tampoco datos de buena calidad que permitan una contabilidad razonable, el capital natural rara vez se considera en la toma de decisiones públicas (Badura et al., 2017). Otro concepto interesante son las contribuciones de la naturaleza a las personas (NCP, por sus siglas en inglés), donde se releva el papel de los conocimientos locales y el aporte de la naturaleza en forma de alimentos tradicionales, agua limpia y aire puro, recreación, etc. (Díaz et al., 2018).

En el caso chileno, un ejemplo paradigmático fue valorar un cerro en medio del desierto más árido del mundo (i.e., nuestro Desierto de Atacama). Desde el punto de vista agrícola o de desarrollo inmobiliario, el valor es muy bajo (“no vale nada”, atestiguaron varios corredores de propiedades de la región respecto del cerro Paranal en los años 90, cuando se iba a instalar un observatorio astronómico). La discusión llegó incluso al Senado de la República, donde uno de sus miembros preguntó ¿cuánto puede valer un terreno desértico, en donde no crece nada, en donde no hay nada, ni siquiera

depósitos minerales?⁴ Sin embargo, académicos de la Universidad Católica determinaron que para ESO (European Southern Observatory), operar el telescopio óptico más grande del mundo (el Very Large Telescope, VLT) en la cumbre del cerro Paranal, accediendo a los cielos con el mayor número de noches despejadas del mundo y baja humedad, además de insuperable *seeing*⁵, tenía un valor de 114 millones de dólares (Del Sol, 1995). El proceso se repitió posteriormente a principios de los años 2000, con ocasión de la instalación del telescopio Extremadamente Grande de ESO (E-ELT, por sus siglas en inglés), cuya inversión bordeó los 2.500 millones de dólares, con un costo de operación por noche de 500.000 dólares. El valor de instalar en la cumbre del cerro Armazones (cercano a Paranal) un observatorio astronómico con acceso a 324 noches estrelladas al año fue estimado entre 45% y 66% mayor que cualquier otra alternativa a nivel mundial (Ohlbaum, 2011). Como referencia, en 2015 el gobierno de Brasil estuvo dispuesto a aportar a ESO un total de 270 millones de euros durante 10 años por una membresía para que los astrónomos brasileños pudieran competir por el tiempo de observación en pie de igualdad con europeos en ALMA y el VLT⁶.

Otro caso interesante de valoración de recursos naturales a nivel latinoamericano es el turismo en las Islas Galápagos, cuya rica biodiversidad y contribución a las teorías de la evolución constituye un activo natural importante para Ecuador. Los servicios derivados de los ecosistemas mari-

4 Ver intervención del senador A. Alessandri en Sesión Ordinaria N° 4, celebrada el 06 de junio de 1995. <https://www.bcn.cl/laborparlamentaria/wsgi/consulta/verParticipacion.py?idParticipacion=1711728>

5 En astronomía, se denomina seeing al efecto distorsionador de la atmósfera sobre las imágenes de objetos astronómicos.

6 <https://revistapesquisa.fapesp.br/en/reduced-access-to-eso-telescopes/>

nos y terrestres de esta actividad reportan beneficios a miles de ecuatorianos que se estiman en 140 millones de dólares anuales (Schep et al., 2014)⁷.

LAS VENTAJAS COMPARATIVAS

El concepto de ventajas comparativas formulado inicialmente por David Ricardo en 1817, establece que las naciones han de especializarse y exportar aquello que producen a un costo relativo menor que el resto del mundo (Ricardo, 1817). En general, los países menos desarrollados y emergentes presentan ventajas comparativas en términos de recursos naturales y en costo de la mano de obra. Este pareciera ser el caso de Chile, cuyas exportaciones se basan principalmente en las ventajas comparativas brindadas por la explotación preferente de recursos naturales (Lauterbach, 2015). Sin embargo, existen pocos estudios que se refieran a las ventajas comparativas que los países menos desarrollados -y Chile en particular- pudieran tener en la generación de conocimiento basada en las características únicas de sus territorios.

Los territorios en países emergentes que, por su aporte al conocimiento, son únicos a nivel planetario han sido pocas veces valorados, a excepción de los sitios arqueológicos o palento-arqueológicos de África y Asia, y algunos lugares emblemáticos de conservación de la biodiversidad, como la cuenca del río Amazonas y las islas Galápagos⁸. Pocos de ellos han sido valorados como motores de un desarrollo económico y social, y de acción colectiva en investigación y educación

7 Para una versión condensada del informe se puede consultar el sitio: http://d2ouvy59p0dg6k.cloudfront.net/downloads/_eng_sustainabletourism_wolfs_wwfecuador.pdf.

8 <https://www.galapagos.org/wp-content/uploads/2012/04/socio6-tourism-and-galapagos-economy.pdf>.

científica de las comunidades, superando las expectativas del turismo convencional (Orbasli, 2013).

¿QUÉ SON LOS LABORATORIOS NATURALES?

Los Laboratorios Naturales (LL.NN.) son singularidades a nivel planetario, generalmente derivadas de características geográficas o geofísicas, que atraen la atención científica internacional y que otorgan ventajas comparativas para crear conocimiento científico con impacto en la sociedad y en la calidad de vida de las personas, a nivel local y global.

Los laboratorios naturales son coincidencias de ubicaciones geográficas, condiciones únicas ambientales y de clima, ecosistemas, desarrollo humano pasado, biodiversidad y desastres naturales, etc., las que junto a escenarios favorables para la cooperación internacional y recursos humanos locales en ciencia y tecnología, crean oportunidades para el avance del conocimiento. En el contexto de la definición anterior, no se consideran como laboratorios naturales los lugares para la observación pasiva de la evolución natural (p. ej., Islas Galápagos); territorios donde solo se evalúa su conservación y presencia de actividad humana pasada (colonialismo) y presente (intervención); los *test beds* o *living labs*, que son espacios reducidos a la experimentación controlada de innovaciones y tecnologías, y los *clusters* o ecosistemas de innovación y desarrollo productivo que explotan ventajas competitivas (Aguilera y Larraín, 2021a).

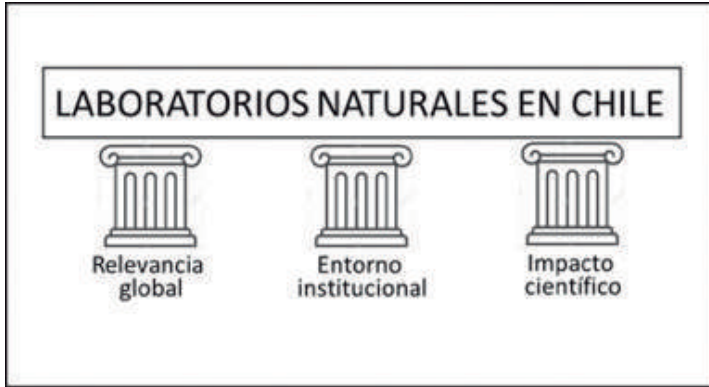
Desde el punto de vista de esta definición, los LL.NN. son fundamentalmente lugares únicos en el planeta donde el conocimiento científico puede responder preguntas relevantes sobre los ecosistemas terrestres y marítimos, anticipando problemas globales importantes, sin que las respuestas sean

definitivas o se planteen soluciones específicas. En estos territorios y maritorios, los protagonistas son los científicos que crean el conocimiento y las comunidades humanas y bióticas que los habitan. En ellos se generan datos que transformados en información y transmitidos como conocimiento, permiten monitorear los cambios medioambientales, vislumbrar oportunidades futuras de desarrollo, y mejorar las políticas públicas y las regulaciones que conducen a un desarrollo productivo sostenible.

Los LL.NN. tienen una particularidad muy importante en el mundo en desarrollo: la gran mayoría están situados en regiones o territorios alejados de las grandes metrópolis. Por tanto, son una alternativa “natural” para el desarrollo de las ciencias en regiones apartadas. Además, convocan a muchas iniciativas que operan embrionariamente como centros de investigación en áreas específicas y la mayoría han establecido acciones de cooperación internacionales. Es notable que esta descentralización ocurra en forma natural y no fruto de una decisión de la autoridad central.

Se ha destacado que tener LL.NN. donde se hace ciencia de clase mundial exige colaborar (¡y no competir!) con otros centros internacionales de investigación. La idea de cooperación entre países generadores de conocimiento y las regiones hasta ahora excluidas de la CyT para impulsar su desarrollo socioeconómico, es un anhelo de larga data. Sin embargo, ha sido difícil encontrar fórmulas *win-win* que beneficien a ambas partes, superen el temor al colonialismo científico y tengan un impacto real.

Figura 1. Los pilares de nuestro concepto de Laboratorios Naturales en Chile



En este texto hemos escogido los siguientes LL.NN. de Chile: i) dos lugares del Desierto de Atacama, sedes de la astronomía y del desarrollo de energías renovables; ii) el Territorio Antártico Chileno por su relevancia en el cambio climático y los sistemas oceánicos; iii) la zona Sub-antártica y del Cabo de Hornos, *hotspot* para el estudio de la biodiversidad y conservación medioambiental en el hemisferio sur; iv) el territorio marítimo y su proyección al Pacífico sudoriental, dada su preeminencia en la vida marina, el cambio climático y la explotación de recursos del mar; v) la plataforma continental que forma parte del Círculo de Fuego del Pacífico, por su impacto en la mitigación de desastres naturales; vi) y por último, el Valle Central, debido a su importancia en la alimentación saludable, agricultura de exportación y gastronomía.

Ellos han sido seleccionados en base a tres criterios empíricos: su singularidad geográfica o geofísica en la generación de conocimiento a nivel local y mundial; los entornos de

infraestructura física, institucional y de recursos humanos, y el impacto global de la productividad científica (Figura 1).

UNA INSPIRACIÓN ESTELAR

La idea de los laboratorios naturales para la ciencia chilena nació el año 2011 en la Comisión Nacional de Investigación Científica y Tecnológica de Chile (CONICYT). En esa época ya estaba activo en el Desierto de Atacama el impresionante Very Large Telescope (VLT) de ESO y finalizaba la construcción de ALMA (Atacama Large Millimeter/submillimeter Array), el mayor radiotelescopio del mundo, de un consorcio norteamericano-europeo-japonés. La presencia y reputación internacional de la astronomía que venía desde Chile se hacía notoria en la escena científica mundial. Compartir los observatorios astronómicos terrestres más avanzados del mundo significaba un cambio radical en la calidad e impacto de la investigación científica nacional. Saul Perlmutter, al recibir el Premio Nobel de Física en 2011, lo dejó en claro: *“tener acceso a los mejores telescopios del mundo en Chile me permitió comprobar mi hipótesis”*.

Actualmente, los astrónomos chilenos tienen acceso al 10% del tiempo de observación en la mayoría de los telescopios más avanzados del mundo, como el VLT, ALMA, y en pocos años más al GMT y el E-ELT.

El caso de la astronomía fue inspirador. Aquí confluían lo que luego constituirían los tres pilares del concepto de laboratorio natural: i) la mencionada singularidad de nuestra loca geografía para la astronomía y la astrofísica, y un interés mundial por conocer más del universo desde nuestro país; ii) la validación de nuestro país como socio serio para la investigación científica, con una activa comunidad académica; iii)

el compromiso a nivel de nacional y regional de aportar en términos de concesiones territoriales, tributarias y diplomáticas e infraestructura básica. Esta era una respuesta clave a la pregunta si podíamos ser actores en la ciencia mundial, y, además, un ejemplo potencialmente replicable en otros ámbitos del conocimiento y en otros territorios nacionales.

En los dos años siguientes se visitó la mayoría de los centros de investigación en regiones, como los principales observatorios astronómicos del norte, estaciones de biología marina, las bases científicas de Chile y otros países en la Antártica, los centros de investigación y parques de conservación de la biodiversidad en la Región de Magallanes, y algunas iniciativas de energía solar en el Desierto de Atacama. Lentamente se ponía en marcha un nuevo concepto para aportar a la actividad científica nacional: los Laboratorios Naturales (Aguilera, 2013; Aguilera, 2016).

LA RUTA DE LOS LL.NN. DEL 2011 AL 2020

Así como no basta con tener los cielos más claros del mundo para alojar a los mejores observatorios, no es suficiente elaborar un concepto de política científica si no es socializado y validado en las instancias que corresponde. A partir de la proposición de CONICYT en 2011, el concepto de los laboratorios naturales fue escogido como el tema científico nacional para el año 2013, alcanzando una amplia difusión y cobertura. El Metro de Santiago exhibió carteles alusivos a los LL.NN. en algunos de sus vagones y estaciones (Figura 2), y el canal de televisión estatal (TVN) elaboró una serie de ocho capítulos temáticos titulada “Chile: Laboratorio Natural” que fueron exhibidos en la televisión abierta⁹.

⁹ <https://www.conicyt.cl/explora/chile-laboratorio-natural-vuelve-a-las-pantallas-de-tvn/>

Figura 2. Metro de Santiago con alusiones a los Laboratorios Naturales



En el debate público, los LL.NN. fueron descritos como “una gran oportunidad de crear valor en el sentido social del término, generación de nuevo conocimiento, de oportunidades tecnológicas, de innovación, como también de actividad económica, (despersonalizando) la actividad científica”. En 2017, el Centro Latinoamericano de Políticas Económicas y Sociales de la Pontificia Universidad Católica de Chile (CLAPES UC) organizó el seminario “Laboratorios Naturales para la Ciencia Chilena”.

Otros hitos importantes en esta travesía han sido la adopción por parte del Consejo Nacional de Innovación para el Desarrollo (CNID), máxima instancia asesora en CyT+I de la Presidencia de la República, de la propuesta de los LL.NN. en sus orientaciones estratégicas para la ciencia en los años 2014 y 2018, y la mención en el Programa Presidencial de 2017. En 2018, nuestro libro “Laboratorios Naturales para Chile: Ciencia e Innovación con Ventaja” fue presentado en el Solón de Honor de la Universidad Católica, contando con la presencia del Presidente de la República, el Rector de esta casa de estudios, ministros y parlamentarios. El Congreso del Futuro, evento que ha alcanzado estatura internacional, divulgó los alcances del concepto de laboratorio natural en 2019.

Actualmente, el término “laboratorio natural” en la acepción aquí expuesta, es de uso frecuente en los medios de prensa y en documentos de organismos de gobierno como la ANID, el CNID, el Ministerio de Relaciones Exteriores, la Academia Diplomática y la Fundación Imagen de Chile, entre otros. En el mundo académico, el concepto de laboratorio natural ha sido usado en varias publicaciones científicas de corriente principal y artículos de divulgación. Recientemente, la Agencia Nacional para la Innovación y el Desarrollo (ANID), ha llamado a concurso de proyectos para fomentar el desarrollo de los laboratorios naturales del país, fortaleciendo la actividad científica y el desarrollo económico y social de los territorios. Con ocasión de la celebración de los 150 años del Ministerio de Relaciones Exteriores, en 2021, se ha publicado el libro de gran formato y excelente calidad gráfica, “Laboratorios Naturales en Chile/Natural Laboratories in Chile” (versión bilingüe español-inglés, Ediciones UC) para divulgar el tema en el exterior y estar a disposición en nuestras embajadas. Con posterioridad a que el libro entrara a imprenta, nuestro artículo “Natural Laboratories in Emerging Countries and Comparative Advantages in Science: Evidence from Chile”, ha sido publicado en la *Review of Policy Research* (Aguilera y Larraín, 2021b).

El texto siguiente se refiere a siete laboratorios naturales que atrajeron nuestra atención (Figura 3). Proporciona información sobre la singularidad de los territorios, algunos aspectos históricos relevantes, y de la actividad científica y generación de conocimiento que se lleva a cabo en cada uno de ellos. Presenta ejemplos de los logros alcanzados, la relevancia internacional actual y futura, y discute aquellos aspectos que requieren atención.

LOS CIELOS MÁS CLAROS DEL PLANETA

El caso de la astronomía y astrofísica en Chile es paradigmático para un país pequeño que hace 40 años solo ofrecía los cielos más limpios del mundo, una comunidad astronómica naciente y reglas claras de inversión para establecer los observatorios astronómicos internacionales más avanzados. Desde entonces, Chile atrajo el interés de la mayoría de las principales organizaciones astronómicas del hemisferio norte y más de 6 mil millones de dólares en infraestructura de observatorios, casi diez veces el presupuesto anual para el fomento de la investigación científica en nuestro país. A cambio, los astrónomos chilenos tienen acceso al 10% del tiempo de observación con la instrumentación más avanzada en su campo y colaboran con científicos de estatura de los Premio Nobel en la disciplina. En cuanto al capital humano, Chile pasó de tener una pequeña comunidad de astrónomos a contar con programas de astronomía en 20 universidades con más de un centenar de profesores de tiempo completo y varios cientos de posdoctorados y estudiantes de pre y posgrado. Las posibles externalidades positivas y negativas de estos LL.NN. se discuten en Guridi, Pertuzé y Pfothenauer, 2020.

EL BLANCO Y FRÍO VIGÍA DEL SUR

La Antártica es el quinto continente más grande en términos de área total y el único que no tiene una población nativa ni alberga a países. El Protocolo sobre Protección Ambiental del Tratado Antártico (Madrid, 1991) designó a la Antártica como “una reserva natural dedicada a la paz y la ciencia”. La placa de hielo de unos cuatro kilómetros de espesor promedio que cubre el continente antártico representa alrededor del 80 a 90% de las reservas de agua dulce del planeta. Su territorio ha sido reconocido como laboratorio natural para evaluar

Chile ha atraído el interés de la mayoría de las principales organizaciones astronómicas del hemisferio norte y más de 6 mil millones de dólares en infraestructura de observatorios, casi diez veces el presupuesto anual para el fomento de la investigación científica en el país.

el impacto del cambio climático en organismos marinos y monitorear los niveles de contaminación planetaria, como también para estudiar la adaptación humana a ambientes extremos y la aplicación del derecho internacional sobre el medioambiente (Kennicutt II et al., 2019).

Chile, junto a otros países, reclama parte del territorio antártico. Hay 40 estaciones anuales y 36 estaciones estacionales que operan en la Antártica y sustentan la investigación científica de 30 países. Solo la Península Antártica, que sobresale de la Antártida hacia el extremo sur de Chile continental, alberga 43 bases científicas de 23 países. La presencia de Chile en la Antártica está dada en lo logístico por nuestras Fuerzas Armadas y en lo científico por INACH, dependiente de Ministerio de Relaciones Exteriores. INACH administra 6 bases científicas y coordina la mayoría de los proyectos antárticos en áreas como la resiliencia y adaptación de los ecosistemas, el cambio climático y la biotecnología. En 2019-2020, más de 200 científicos chilenos participaron en 108 proyectos, 44% de ellos en colaboración internacional con 24 países.

Por su ubicación geográfica, Punta Arenas está llamada a ser la capital mundial de la ciencia antártica y sub-antártica. Un gran campus científico-tecnológico podría albergar a los grupos de investigación regionales y atraer a las principales instituciones extranjeras de investigación antártica, del mis-

mo modo que las alturas del norte chileno cautivaron a los centros astronómicos internacionales. Chile podría aportar la infraestructura básica (espacios para laboratorios, acomodaciones para investigadores, conectividad global y recurso humano especializado), como también la infraestructura logística que facilite la investigación antártica (mantención de buques de investigación, rápido acceso a Punta Arenas). En la actualidad se tiene proyectada la construcción del Centro Antártico Internacional y la instalación de un cable submarino de fibra óptica que uniría Puerto Montt con Puerto Williams.

EL ENCANTO DE LO REMOTO

La Patagonia chilena se extiende a lo largo de la vertiente suroccidental de Sudamérica, desde el Golfo de Penas (41°S) hasta Las Islas Diego Ramírez, lo que la hace única en el mundo y carece de ecosistemas similares en el hemisferio sur (Armesto et al., 2021). En particular, la Región Sub-Antártica de Magallanes alberga 300 especies de hepáticas y más de 450 especies de musgos y 300 de líquenes. Para observar este maravilloso bosque en miniatura en el Parque Omora -ubicado en la Isla Navarino- debemos cambiar los telescopios por lupas (Rozzi, 2016). Y eso no es todo, Puerto Williams tiene las corrientes naturales con el agua más limpia del planeta. En ese lugar se está construyendo el Centro Sub-Antártico Cabo de Hornos, que tiene como objetivo potenciar este territorio a través de la educación, investigación, conservación e integración de la comunidad a un desarrollo sustentable, incorporando a otros centros nacionales e instituciones internacionales. Otras buenas noticias para la región son la reciente creación de la Red de Parques Nacionales de la Patagonia, con una superficie total de 4,5 millones de hectáreas, y del Parque Marino Cabo de Hornos, con sus 14,7 millones

de hectáreas, que pasa a ser el más austral del planeta (sin considerar el territorio antártico).

SOL Y VIENTO PARA ENERGÍAS VERDES

Las mismas condiciones de cielos limpios en el norte que han permitido posicionarnos como centro mundial de la astronomía, también nos favorecen con un gran potencial para utilizar la energía solar como fuente principal de energía para el país. Los valores de insolación en el norte de Chile (energía solar que incide en cierta área en un período de tiempo) oscilan entre los 7 y 8 kWh/m²/día. En el territorio alemán, donde los valores promedio de insolación oscilan entre 2,5 y 3,3 kWh/m²/día, existe una capacidad instalada de energía solar de 53 GW (2020) que aumentó en un 10% en el último año. Como comparación, la capacidad total instalada para la producción de energía eléctrica en Chile es actualmente de 25 GW.

El potencial eólico de Chile se encuentra distribuido principalmente en zonas costeras del norte y en la estepa de la Isla Grande de Tierra del Fuego, que concentra cerca del 41% de la capacidad eólica regional.

El hidrógeno verde es el combustible del futuro. Se produce industrialmente por un proceso llamado electrólisis, en el que las moléculas de oxígeno e hidrógeno del agua se separan mediante la aplicación de electricidad que proviene de fuentes renovables (p. ej., energía solar y eólica). La Estrategia Nacional de Hidrógeno Verde se basa en que el inmenso potencial excedente de electricidad renovable (70 veces la potencia eléctrica instalada actual) se podrá exportar como Hidrógeno Verde y sus derivados energéticos. Para el 2030, el Hidrógeno Verde producido en las zonas norte y sur

alcanzaría un costo inferior a 1,5 dólares por kilogramo, el más barato del planeta, y en 2040 Chile podría estar entre los principales exportadores mundiales.

MARITORIO IMPONENTE

Más de un 70% del territorio nacional es océano y, por tanto, un inmenso laboratorio natural. La proyección de la costa chilena hacia el Pacífico suroriental es enorme y constituye la región marina menos explorada del planeta. Sus características especiales (claridad de las aguas y ausencia de fitoplancton) lo convierten en un desierto oceánico abierto a la investigación (Ulloa, 2016). Debiéramos sumarnos a instancias como la Ocean Observatory Initiative de la National Science Foundation, que es la intervención más importante de EE.UU. en los océanos de los últimos 50 años. Es un programa integrado de infraestructura compuesto por plataformas y sistemas de sensores que miden las propiedades y procesos físicos, químicos, geológicos y biológicos desde el fondo marino hasta la interfaz aire-mar. Es como poner telescopios en el océano.

El mar chileno es una oportunidad para desarrollar “tecnologías azules” que aporten a la sustentabilidad de sistemas de pesquería y maricultura, la innovación en técnicas de desalinización del agua del mar, energías renovables del viento (en zonas *off-shore*) y las mareas, el desarrollo de vehículos submarinos, etc. Desde el año 2013, el país cuenta con un moderno buque científico, el Cabo de Hornos, dotado de instrumentación para estudiar fenómenos climáticos, de oceanografía geológica (fondo marino) y oceanografía geofísica (deriva de placas tectónicas), evaluación de la biomasa para muestreo de especies, entre otros. Además se encuentra en construcción el rompehielos Almirante Óscar Viel Toro de la Armada de

Chile, que permitirá acceder a lugares de climas extremos en la Antártica.

TERRITORIO VULNERABLE

Por sus características geográficas, geológicas y climáticas, Chile es un país “naturalmente” expuesto a desastres como terremotos, tsunamis, inundaciones, sequías y recientemente, incendios. Nuestro país encabeza la lista de pérdidas económicas producidas por desastres naturales entre países de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE), las que alcanzaron un 1,2% del PIB entre 1980 y 2011 (De la Llera et al., 2018). De acuerdo a la Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC), en Chile se dan siete de las nueve condiciones de vulnerabilidad a los desastres naturales, entre ellas: sus zonas costeras bajas, presencia de zonas áridas, extensión forestal, propensión a las sequías y la alta contaminación atmosférica urbana.

Chile es reconocido a nivel mundial como un país sísmico. El 22 de mayo de 1960, cerca de Valdivia y con efectos a lo largo de mil kilómetros, tuvo lugar el terremoto más intenso del mundo registrado instrumentalmente. El terremoto del 27 de febrero de 2010 (27-F), en el sur de Chile (magnitud 8,8 Mw), liberó aproximadamente 178 veces más energía que el de Haití del mismo año. Se contabilizaron 521 víctimas mortales, 124 de ellas debido al tsunami posterior. En el país caribeño perdieron la vida más de 200.000 personas, fundamentalmente debido a la precariedad de las construcciones, 65% de las cuales resultaron destruidas o severamente dañadas.

Las capacidades científicas y técnicas en la ingeniería de construcción han incrementado en la última década. El Centro Sismológico Nacional da seguimiento, en tiempo real, a más de 100 estaciones a lo largo del país, recolectando datos con modernos sismómetros de banda ancha, acelerómetros e instrumentos GPS. Además, el Observatorio Nacional de Vulcanología monitorea permanentemente la actividad de sobre 40 volcanes. Se dispone de un sistema de alerta de emergencia que permite enviar un mensaje a los teléfonos celulares de una zona georeferenciada en caso de riesgos de tsunami, sismos de mayor intensidad, erupciones volcánicas e incendios forestales con amenaza a viviendas. Recientemente se ha puesto en marcha un Instituto Nacional de Resiliencia ante Desastres (Itrend) para diseñar e implementar una política pública para la gestión de desastres. Cabe destacar que en Latinoamérica Chile sobresale en la cooperación de ayuda humanitaria ante catástrofes naturales, como también en la divulgación de la gestión y reducción de riesgos de desastres y su prevención y mitigación.

ALIMENTOS Y GASTRONOMÍA DEL FIN DEL MUNDO

Nuestro extenso Valle Central es una de las cinco zonas en el mundo con características agro-ecológicas ideales para la producción de los alimentos de la Dieta Mediterránea, probablemente la más saludable que conocemos. La corriente fría de Humboldt es uno de los entornos más ricos en nutrientes y diversidad de fauna marina. A estas ventajas comparativas se une nuestra posición geográfica, que otorga una contraestacionalidad con el hemisferio norte.

Actualmente, el sector agroalimentario y pesquero exporta a cerca de 150 países, por un valor superior a 18.570 millones de dólares (2019), convirtiendo a Chile en el mayor

exportador frutícola del hemisferio sur y en líder mundial en envíos de uva de mesa, ciruelas, cerezas y arándanos. Este liderazgo, que implica exportar agua fresca, se ve actualmente amenazado por la persistente sequía y refuerza la importancia de este L.N. para la investigación empírica que conduzca a alternativas para superar la crisis hídrica.

Es creciente el aporte de jóvenes cocineros/as que escudriñan nuestros territorios en busca de materias primas autóctonas y experimentan en sus cocinas. Esto ya se hace notar en los rankings gastronómicos internacionales. Una gastronomía reconocida por ser saludable, sustentable y sabrosa da un fuerte impulso al turismo, crea cadenas de suministro con pequeños productores locales y mejora la alimentación local. En Perú, el negocio gastronómico aporta casi el 6% del PIB y cerca de 70.000 turistas declaran que la gastronomía es un atractivo para visitar este país (Valderrama, 2017).

No podemos concluir esta sección sin referirnos al concepto de la “gastro-diplomacia”, entendido como la divulgación de la cultura gastronómica endógena en el exterior y en círculos de la diplomacia (White, Barreda y Hein, 2019; Spence, 2016). Su origen moderno se atribuye al diplomático francés Talleyrand, que sugería a Napoleón I la necesidad de complementar los ejércitos y cañones con más cacerolas¹⁰.

Muchas de las conversaciones informales en política exterior se llevan a cabo en eventos sociales donde demostrar conocimientos sobre la culinaria internacional y nacional promueve los comportamientos positivos que no afloran en las reuniones formales. Practicar una gastro-diplomacia eficaz y culta requiere entender de gastronomía, contar con

10 <https://www.lavanguardia.com/comer/al-dia/20210226/6260139/guillaume-gomez-cocinero-macron-embajador-savoir-faire-frances.html>.

un relato coherente de la culinaria local y divulgarla en forma práctica en ocasiones específicas. Por ejemplo, el Presidente francés Emmanuel Macron ha nombrado a Guillaume Gomez, su cocinero personal en el Eliseo, embajador culinario “para que nuestras artes culinarias irradien en el mundo”.

La Figura 3 resume la ubicación territorial de los laboratorios naturales a los que se ha hecho referencia y algunos de los mayores desafíos globales

Figura 3. Laboratorios Naturales en Chile y la generación de conocimiento científico



OTRAS OPORTUNIDADES

El análisis anterior considera solo aquellos territorios y áreas del conocimiento que, a nuestro parecer, satisfacen los criterios básicos de un laboratorio natural (Aguilera y Larraín, 2021a, b). Sin embargo, existen otras temáticas que atraen

atención mundial y donde la generación de conocimiento también ocurre, aunque en territorios más acotados.

- **Culturas originarias:** Chile posee en ambos extremos de su territorio ejemplos notables de asentamientos humanos tempranos en medioambientes hostiles. Los pescadores y cazadores-recolectores de la cultura Chinchorro, que habitaron la costa del desierto de Atacama a partir del siglo VII a.C., desarrollaron una sociedad que ha sido reconocida a nivel mundial por sus ritos funerarios, siendo los primeros humanos en momificar artificialmente a sus muertos, dos mil años antes que los egipcios. La sobrevivencia de esta cultura se basó en los reducidos ecosistemas ofrecidos por riachuelos que brindaban agua fresca a través del desierto, permitiendo el crecimiento de plantas y la vida silvestre, y la rica biomasa marina que proporcionaba alimentos como algas, pescados y mamíferos marinos (Arriaza et al., 2008). En el extremo sur de la Patagonia chilena, uno de los lugares más inhóspitos para la vida humana, convivieron pueblos cazadores-recolectores y canoeros como los Tehuelche, Selk'nam, Yaghan y Kaweskar.

- **Organismos extremófilos:** Nuestra loca geografía y topografía marítima y terrestre favorecen la presencia de organismos extremófilos. Estos entes microscópicos viven en ambientes extremos de altas o bajas temperaturas (p. ej., géiseres en el norte y lagos subterráneos en la Antártica, respectivamente), excesiva salinidad o presencia de compuestos azufrados, mínima humedad y/o extrema radiación solar (en el desierto de Atacama) o bajo altas presiones en el fondo de las fosas marinas. Su genómica puede contener secretos importantes para entender la vida en nuestro planeta

y en el universo (astrobiología), como también para derivar aplicaciones en biominería y en la producción de fuentes sustentables de energía, entre otras (Orellana et al., 2018).

- **Santiago y la dinámica de megaciudades del mundo emergente:** Las megaciudades en países emergentes y subdesarrollados son un fenómeno espontáneo reciente y un caso de alta vulnerabilidad debido a la elevada concentración de población, múltiples inequidades en el uso de recursos, y las particulares dinámicas socio-económicas (Bugliarello, 1999). En cierto sentido, las mega-ciudades son “laboratorios” donde los problemas y oportunidades deben ser estudiados de manera integrada y multidisciplinaria. Un estudio escogió a Santiago como “ciudad ancla” en Latinoamérica, por representar un amplio espectro de los problemas de mega-ciudades de la región, pero principalmente por la calidad de los colaboradores locales y sus instituciones, y el acceso a datos e información relevante fidedigna y actualizada (Heinrichs et al., 2012). Nuestra capital es un laboratorio natural único para analizar científicamente y de forma multidisciplinaria los problemas de la segregación territorial, urbanización acelerada, vivienda, gestión de residuos, transporte, contaminación atmosférica, etc. (Greene y Ortúzar, 2016).

- **Ecoturismo:** Los años precedentes a la pandemia mostraron un incremento significativo del turismo receptivo e interno. En Chile, los ingresos directos por esta actividad se estiman en un 3,4% del PIB y si se suman los efectos indirectos, la cifra se empina por sobre el 10%. En términos simples, el ecoturismo (o turismo verde) es un viaje a territorios o lugares poco

perturbados por la acción humana, para disfrutar del medio natural y de la cultura local. La investigación ecoturística que ocurre en laboratorios naturales, considera temas como su impacto en las comunidades locales, la conservación ambiental y biodiversidad, la divulgación del conocimiento científico en los entornos, el desarrollo y manejo sustentables de las áreas visitadas, etc. (Wondirad, 2019). El ecoturismo complementa las experiencias recreacionales relativas al paisaje natural y sus atractivos científico-culturales con los sabores y tradiciones de comidas locales (Gheorghe et al., 2014). El llamado turismo gastronómico o turismo culinario es más que la comida como parte de los servicios de hospitalidad para turistas, e incluye una variedad de formatos y productos: senderos culinarios, visitas a granjas (agroturismo), clases de cocina, libros de recetas, así como también el conocimiento y divulgación de productos e ingredientes locales (Long, 2014).

- **Intervenciones dirigidas:** Dentro del concepto de laboratorios naturales se puede incluir también el desarrollo de conocimiento científico necesario para implementar políticas públicas de mediano y largo plazo, que resuelvan problemas específicos. Ejemplos en Latinoamérica son la producción de bioetanol a partir de la caña de azúcar en Brasil, mandatada por el Estado en 1970, y el desarrollo de la biotecnología médica en Cuba, iniciada en 1986 (Aguilera y Larraín, 2018). Un caso particular es cuando las características singulares de un grupo de la población hacen que este sea el objeto de estudio del “laboratorio”. Un ejemplo cercano es el combate a la desnutrición infantil en Chile, que en un plazo de veinte años logró disminuir de un 60% al 7% el porcentaje de niños desnutridos

menores de seis años (Monckeberg, 1993). Un caso más reciente es el convenio con la empresa china Sinovac para implementar el ensayo de la vacuna CoronaVac en niños y adolescentes sanos de 3 a 17 años (Han et al., 2021). En esta misma línea y dada la experiencia ganada en los casos anteriores, se podría implementar una intervención educativa temprana (i.e., en niños menores de 4 años) respecto de la pandemia silenciosa de la obesidad y el sobrepeso infantil y escolar (Vio, 2020).

HACIA UNA DIPLOMACIA DESDE LA CIENCIA

Uno de los postulados del concepto de los Laboratorios Naturales es que desarrollar estos espacios territoriales únicos en países emergentes requiere de la cooperación internacional. El término “diplomacia científica” establece que al ser la generación de conocimiento inherentemente apolítica y desideologizada, conduce al libre intercambio de ideas sobre la naturaleza de fenómenos que afectan nuestras vidas. La diplomacia de la ciencia ha sido infrautilizada por países emergentes para participar en problemas globales, compartir soluciones locales y establecer acciones “neutras” de colaboración entre países. Esto se debe, en parte, a que los países del mundo emergente no han desarrollado un relato que aúne las singularidades para la investigación científica, los escenarios para una cooperación internacional *win-win*, y las contrapartes humanas y físicas que están dispuestos a compartir (ver sección Astronomía). El papel de la diplomacia en el caso del establecimiento de los observatorios internacionales en Chile se comenta en Rodríguez (2017).

CONCLUSIONES

Es sorprendente e inspirador mirar a Chile a través de sus singularidades geográficas, la actividad científica y el conocimiento que se genera en ellas. Esta mirada nos alerta sobre un aspecto casi desconocido de nuestro territorio: tenemos laboratorios naturales únicos en el mundo. Estos espacios -terrestres y marinos, cálidos y gélidos, profundos y celestiales- son centinelas globales del cambio climático y la intervención antropogénica, testigos del pasado, y vigías del océano y del universo. Desde estos lugares, dedicados científicos nacionales y extranjeros aportan conocimiento e información que mejora la calidad de vida y generan oportunidades para un desarrollo más pleno y sostenible. Estos laboratorios naturales explotan nuestras ventajas comparativas para generar conocimiento científico de clase mundial, y son instancias abiertas a la colaboración internacional.

Los ejemplos de laboratorios naturales que se han presentado develan la evidencia empírica de su diversidad temática, sus orígenes y estado de avance, como también sobre las complejidades de su implementación y gobernanza futura.

Los territorios que hemos descrito son bienes escasos para la investigación científica a nivel global y, por tanto, activos que no hemos valorado adecuadamente como parte de nuestro capital natural. Los laboratorios naturales de Chile están alineados con varios de los 17 objetivos de la Agenda 2030 de las Naciones Unidas para el Desarrollo Sostenible, que aspiran a enfrentar los grandes desafíos de la humanidad.

Para finalizar, la evidencia empírica recopilada en Chile a través de los laboratorios naturales enriquece el marco conceptual de las políticas públicas en investigación cientí-

fica y tecnológica, particularmente en el caso de los países emergentes. Compartir la experiencia chilena en el exterior significa mostrar una cara poco conocida de nuestro país, enriquecer el debate en foros internacionales y promover la cooperación internacional.

En un mundo que enfrenta desafíos globales, el aporte del conocimiento proveniente de territorios singulares a través de la ciencia local y con apoyo internacional, es una oportunidad irrenunciable para un país como el nuestro, que aspira alcanzar un desarrollo incluyente y sostenible.

BIBLIOGRAFÍA

- Aguilera, J.M. y Larraín, F. (2021a). *Laboratorios Naturales en Chile. Natural Laboratories in Chile*. Ediciones UC, Santiago.
- Aguilera, J.M. y Larraín, F. (2021b). Natural laboratories in Emerging Countries and comparative advantages in science: Evidence from Chile. *Review of Policy Research*. Doi:10.1111/ropr.12450
- Aguilera, J.M. y Larraín, F. (2018). *Laboratorios Naturales para Chile: Ciencia e Innovación con Ventaja*. Ediciones UC, Santiago.
- Aguilera, J.M. (2016). País abierto a la investigación. *Revista Universitaria* 139, 21-24.
- Aguilera, J.M. (2013). Laboratorios naturales para una ciencia de clase mundial. Surfeando hacia el Futuro, pp. 164-169. Consejo Nacional de Innovación para la Competitividad (CNIC), Chile.
- Armesto, J.J.; Martínez-Harm, M.J.; Castilla, J.C., y Fuentes-Castillo, T. (2021). Una visión integrada de conservación para la Patagonia Chilena. En J.C. Castilla, J.J. Armesto, M.J. Martínez-Harm (Eds.), *Conservación en la Patagonia Chilena*, pp. 31-62. Ediciones UC, Santiago.

- Arriaza B.T.; Standen V.G.; Cassman V., y Santoro C.M. (2008). Chinchorro culture: Pioneers of the coast of the Atacama Desert. En: H. Silverman, W.H. Isbell (Eds.), *The Handbook of South American Archaeology*, pp. 45-58. Nueva York: Springer.
- Badura T.; Ferrini S.; Agarwala M., y Turner K. (2017). Valuation for Natural Capital and Ecosystem Accounting. Synthesis report for the European Commission. Centre for Social and Economic Research on the Global Environment. University of East Anglia, Norwich.
- Bugliarello, G. (1999). Megacities in the developing world. *The Bridge* 29, 19-26.
- Dasgupta, P. (2010). Nature's role in sustaining economic development. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 365(1537), 5-11. Doi:10.1098/rstb.2009.0231.
- De la Llera, J.C.; Rivera, F.; Gil, M., y Schwarzhaupt, U. (2018). Un gran laboratorio de resiliencia frente a desastres. En: J.M. Aguilera, F. Larraín, *Laboratorios Naturales para Chile: Ciencia e innovación con ventaja*, pp. 85-107. Ediciones UC, Santiago.
- Del Sol, P. (2004). *Ganar sin Competir*. El Mercurio-Aguilar, Santiago.
- Díaz, S.; Pascual, U.; Stenseke, M.; Martín-López, B.; Watson, R.T., et al. (2018). Assessing nature's contributions to people. *Science*, 359(6373), 270-272. Doi:10.1126/science.aap8826
- England, R.W. (2000). Natural capital and the theory of economic growth. *Ecological Economics* 34(3), 425-431. Doi:10.1016/s0921-8009(00)00187-7.
- Gheorghe, G.; Tudorache, P., y Nistoreanu, P. (2014). Gastronomic tourism, a new trend for contemporary tourism. *Cactus Tourism Journal* 9, 12-21.
- Goldemberg, J. (1998). What is the role of science in developing countries? *Science* 279 (5354), 1140-1141.

- Greene, M. y Ortúzar, J.D. (2016). Santiago despierta a la modernidad. *Revista Universitaria* 139, 58-64.
- Guridi, J.A.; Pertuzé, J.A., y Pfothenauer, S.M. (2020). Natural laboratories as policy instruments for technological learning and institutional capacity building: The case of Chile's astronomy cluster. *Research Policy* 49(2), 103899.
- Han, B.; Song, Y.; Li, C.; Yang, W.; Ma, Q.; Jiang, Z., et al. (2021). Safety, tolerability, and immunogenicity of an inactivated SARS-CoV-2 vaccine (CoronaVac) in healthy children and adolescents: a double-blind, randomised, controlled, phase 1/2 clinical trial. *The Lancet Infectious Diseases*. Doi:10.1016/s1473-3099(21)00319-4
- Hein, L.; Bagstad, K.J.; Obst, C.; Edens, B.; Schenau, S., et al. (2020). Progress in natural capital accounting for ecosystems. *Science* 367(6477), 514-515. Doi:10.1126/science.aaz8901.
- Heinrichs, D.; Krellenberg, K.; Hansjürgens, B., y Martínez, F. (2012). *Risk Habitat Megacity*. Berlin: Springer-Verlag.
- Kennicutt II, M.C.; Bromwich, D.; Liggett, D.; Njastad, B.; Peck, L., et al. (2019). Sustained Antarctic research: A 21st Century imperative. *One Earth* 1(1), 95-113.
- Lauterbach, R. (2015). Chile y la Complejidad de sus Exportaciones. Consejo Nacional de Innovación para el Desarrollo (CNID), Santiago, Chile.
- Long, L.M. (2014). Culinary tourism. En: P. Thompson, D. Kaplan (Eds.), *Encyclopedia of Food and Agricultural Ethics*, pp. 452-458. Dordrecht: Springer.
- Monckeberg, F. (1993). *Jaque al Subdesarrollo Ahora*. Santiago: Ediciones Dolmen.
- Ohlbaum, P. (2011). Chile tiene el precio del cielo más bajo del mundo. *Economía y Negocios Online*. <http://www.economaiynegocios.cl/noticias/noticias.asp?id=80849>. Recuperado el 26 de agosto de 2021.
- Orbasli, A. (2013). Archaeological site management and local development. *Conservation and Management of Archaeological Sites* 15(3-4), 237-253.

- Orellana, R.; Macaya, C.; Bravo, G.; Dorochesi, F., et al. (2018). Living at the frontiers of life: Extremophiles in Chile and their potential for bioremediation. *Frontiers in Microbiology* 9, 2309. Doi: 10.3389/fmicb.2018.02309.
- Rabesandratana, T. (2019). These are the countries that trust scientists the most-and the least. 19 June. <https://www.sciencemag.org/news/2019/06/globalsurvey-finds-strong-support-scientists>. Recuperado el 15 de Agosto de 2021.
- Ricardo, D. (1817). *On the Principles of Political Economy and Taxation*. Londres: John Murray.
- Rozzi, R. (2016). Bioética global y ética biocultural. *Cuadernos de Bioética* XXVII 2016/3, 339-355.
- Rodriguez, G. (2017). Chile: Global astronomical platform and opportunity for diplomacy. *Science & Diplomacy* 6(2), June 2017.
- Schep, S.W.; Reusen, M.; Luján Gallegos, V.; van Beukering, P., y Botzen W. (2014). Does tourism growth on the Galapagos Islands contribute to sustainable economic development? <http://www.wolfscompany.com/wp-content/uploads/2016/02/Galapagos-tourism-valuation-and-CBA-Final-report-26-11-2014.pdf>.
- Spence, C. (2016). Gastrodiplomacy: Assessing the role of food in decision-making. *Flavour* 5, 4. Doi: 10.1186/s13411-016-0050-8.
- Stiglitz, J. (1999). Knowledge as a public good. En: I. Kaul, I. Grunberg, M. Stern (Eds.), *Global Public Goods: International Cooperation in the 21st Century*, pp. 308-325. Nueva York: Oxford University Press.
- Ulloa O. (2016). Un mar de conocimiento. *Revista Universitaria* 139, 32-37.
- Valderrama, M. (2017). ¿Cuál es el Futuro de la Gastronomía Peruana? APEGA - Sociedad Peruana de Gastronomía, Lima, Perú.
- Vio, F. (2020). *De la Obesidad al Coronavirus. Una Visión desde la Salud Pública*. Talca: Editorial de la Universidad de Talca.

- Wondirad, A. (2019). Does ecotourism contribute to sustainable destination development, or is it just a marketing hoax? Analyzing twenty-five years contested journey of ecotourism through a meta-analysis of tourism journal publications. *Asia Pacific Journal of Tourism Research* 24(11), 1047-1065. Doi: 10.1080/10941665.2019.1665557.
- White, W.; Barreda, A., y Hein, S. (2019). Gastrodiplomacy: Captivating a global audience through cultural cuisine-a systematic review of the literature. *Journal of Tourismology* 5(2), 127-144.

Chile: plataforma astronómica para la humanidad

*Mario Hamuy**

INTRODUCCIÓN

Chile es un país que se caracteriza por hermosos y diversos paisajes, los cuales también ofrecen laboratorios naturales privilegiados. Es el caso de los cielos nortinos del desierto de Atacama, los cuales destacan por su claridad, baja turbulencia atmosférica y muy escasa nubosidad, así como por ofrecer literalmente una gran ventana al Universo.

Si a ello se suman extensos períodos de estabilidad política, económica y social, además de buena infraestructura y desarrollo tecnológico, así como una política estatal en pro de incentivar el desarrollo astronómico desde los años sesenta, Chile ha llegado a ser un polo planetario de investigación astronómica.

* Vicepresidente y Director del Observatorio AURA en Chile. Presidente de la Fundación Chilena de Astronomía (Fuchas). Premio Nacional de Ciencias Exactas, 2015.

La primera organización astronómica extranjera en instalarse, como resultado de esta visionaria política de Estado, fue la Asociación de Universidades para la Investigación en Astronomía (AURA, por sus siglas en inglés) de los Estados Unidos. Desde 1959, los científicos/as e ingenieros/as de AURA iniciaron una estrecha colaboración con sus pares de la Universidad de Chile para buscar el sitio para la instalación del futuro Observatorio Inter-Americano de Cerro Tololo. Y tras esto vinieron otras entidades internacionales que fueron realizando importantes inversiones, que permitieron instalar tecnología de punta en su respectivo momento. Esto ha permitido que en Chile se realice investigación de frontera, incluso hay dos ejemplos que condujeron a descubrimientos que luego fueron reconocidos con el premio Nobel en Física.

La instalación de estos centros de investigación en el país permitió también el acceso a la observación de profesionales nacionales y la motivación a una mayor capacitación en esta materia del capital humano local. De acuerdo con la Sociedad Chilena de Astronomía (Sochias), en la actualidad hay 24 instituciones nacionales realizando investigación en astronomía, casi dos veces más de las que había en 2009 y 276 astrónomos/as trabajando en el país, casi tres veces más que entonces.

Sin embargo, no tenemos exclusividad en materia de excelentes condiciones astronómicas, ya que también tienen ventajosas condiciones los cielos de las Islas de Hawaii de Estados Unidos y las de las Islas Canarias de España, así como también la zona del Tíbet en China. Australia y Sudáfrica también cuentan con desarrollos astronómicos muy relevantes en el hemisferio austral.

El dar esta mirada global nos permite tomar conciencia de que, como país, tenemos condiciones privilegiadas para el desarrollo de la astronomía, pero que debemos cuidarlas si queremos proyectarlas en el largo plazo. Actualmente la contaminación lumínica es el mayor riesgo para el futuro de esta actividad en Chile, además de ser una gran amenaza para la biodiversidad y la salud humana. Para proyectar en el tiempo este laboratorio natural, resulta urgente cuidarlo de la contaminación lumínica y preservar la oscuridad de sus cielos. De lo contrario, se corre el serio riesgo de que las inversiones astronómicas extranjeras en Chile comiencen a buscar otros destinos.

CHILE Y SUS CONDICIONES NATURALES EXCEPCIONALES PARA LA ASTRONOMÍA

Chile tiene condiciones naturales privilegiadas para la astronomía en el desierto de Atacama. En este territorio confluyen características geográficas muy especiales: por el Este las altas cumbres de la Cordillera de Los Andes, las cuales dificultan el paso de las nubes del océano Atlántico hacia nuestro país, y por el Oeste la corriente de Humboldt, cuyas frías aguas producen un centro de altas presiones sobre el océano Pacífico que desvía las nubes hacia el sur y el norte. En conjunto, la cordillera y el anticiclón del Pacífico son dos barreras naturales para el ingreso de nubes hacia el norte de Chile, que dan origen al desierto más árido del mundo y a una gran cantidad de noches despejadas al año, tal como se puede apreciar en la Figura 1 (imagen obtenida desde el espacio).

La topografía también juega un rol muy importante. Los vientos que fluyen desde el océano Pacífico se internan hacia el continente de manera “laminar”. Es decir, con un flujo pa-

ralelo al suelo, gracias a lo cual las turbulencias atmosféricas son escasas y las imágenes del cielo de una nitidez superlativa.

Figura 1. Imagen del desierto de Atacama, obtenida desde el espacio por un astronauta de la Estación Espacial Internacional.



Crédito: ISS

Además de estas extraordinarias condiciones, Chile posee otras características que le permiten atraer proyectos e investigadores, tales como su estabilidad política y económica, excelente infraestructura, desarrollo tecnológico (telecomunicaciones). Y, no menos importante, una política de Estado que data del año 1963, que ha incentivado la inversión astronómica internacional en nuestro país.

Considerando todos estos aspectos, Chile destaca dentro de Latinoamérica como un país estable en el cual invertir a largo plazo. Existen múltiples estudios que respaldan los atributos del país como receptor de proyectos extranjeros. Uno de ellos es el Índice Global de Oportunidades (IGO), elaborado anualmente por el *think tank* estadounidense Milken Institute. Este ranking evalúa el potencial de los países para

atraer la inversión extranjera, con foco en una región distinta del mundo cada año, y la versión 2021 se centró en América Latina e incluyó 145 países. Este estudio comparó el potencial de atracción de inversión con otros mercados emergentes y economías en desarrollo (EMDE, por sus siglas en inglés).

Como resultado de la evaluación, Chile resultó ser el país con mayor potencial para atraer la inversión extranjera dentro de América Latina. La medición de IGO contempla un análisis en cinco categorías principales: percepción empresarial, fundamentos económicos, servicios financieros, marco institucional y normas y política internacional. Estas categorías miden la facilidad de iniciar negocios, el nivel de corrupción existente, el desempeño económico, la calidad de la fuerza de trabajo, cuán profundo y generalizado es el sistema financiero, la solidez de las instituciones, la innovación, la apertura económica y las materias impositivas.

Otro estudio en esta línea es el elaborado por el International Institute for Management Development: el ranking de Competitividad Mundial IMD. En su edición 2021, Chile alcanzó el lugar 44, de 64 países evaluados. Este resultado refleja que bajó 6 puestos. No obstante, se mantiene como el mejor posicionado en América Latina.

Este informe anual del IMD es un punto de referencia mundial sobre la competitividad de los países. Entre otros aspectos, analiza y clasifica a las naciones en función de cómo gestionan sus competencias para lograr la creación de valor a largo plazo.

Para la elaboración de este ranking, el IMD considera 334 criterios de competitividad que se agrupan en cuatro temáticas: desempeño económico, eficiencia de la gobernanza,

eficiencia de los negocios e infraestructura. En esta última edición, Chile obtuvo su mejor evaluación en la eficiencia de la gobernanza, en la cual se posicionó en el lugar 22. En esta categoría destaca el criterio de finanzas públicas y legislación de los negocios en los que Chile se ubica en el lugar 15.

Si se consideran estas relevantes variables, tanto las naturales como las condicionadas por la sociedad chilena, y se les suma una particular política estatal en pro de incentivar el desarrollo astronómico desde los años sesenta, se comienzan a escribir trascendentales capítulos de esta historia.

La primera organización astronómica extranjera en instalarse en Chile como resultado de esta visionaria política de Estado fue la Asociación de Universidades para la Investigación en Astronomía (AURA, por sus siglas en inglés) de los Estados Unidos. Desde 1959, los científicos/as e ingenieros/as de AURA iniciaron una estrecha colaboración con sus pares de la Universidad de Chile, para iniciar la búsqueda del sitio para la instalación del futuro Observatorio Inter-Americano de Cerro Tololo, en la actual Región de Coquimbo, unos 80 kilómetros al interior de la ciudad de La Serena (ver Figura 2). Luego de desarrollar la infraestructura necesaria para construir el observatorio con el financiamiento aportado por la National Science Foundation (NSF) de los Estados Unidos, en 1963 se daba inicio a las primeras observaciones científicas desde la cumbre de Tololo a 2.200 metros sobre el nivel del mar.

La Academia de Ciencias de la Unión Soviética también se asoció con la Universidad de Chile para construir el Observatorio de Cerro El Roble, a unos 70 kilómetros al norte de Santiago, en donde instaló, en 1967, el astrógrafo

Maksutov, con el cual iniciaría su proyecto astrofísico desde el hemisferio austral.

La comunidad europea haría lo suyo con la creación del Observatorio Europeo Austral (ESO) y el desarrollo de su primer observatorio astronómico en el Cerro La Silla, ubicado 100 kilómetros al norte de La Serena, el cual entró en operaciones en 1969.

Figura 2.



Hacia 1960, la idea que un observatorio austral complementara al Observatorio Nacional de Kitt Peak en los Estados Unidos había tomado fuerza, y con el empuje de la NSF, AURA tomó lo que se denominó en ese entonces, el Proyecto Chileno, en colaboración con la Universidad de Chile. Para ese tiempo, Jurgen Stock y sus colegas chilenos habían enfocado sus esfuerzos por encontrar un sitio en las montañas, en el borde sur del desierto de Atacama, cerca de Vicuña y hasta Copiapó.

Por su parte, la Carnegie Institution of Washington de los Estados Unidos instalaría un año después sus telescopios en el Cerro Las Campanas, pocos kilómetros al norte de La Silla, justo en la frontera entre las regiones de Coquimbo y Atacama.

A mediados de la década de los setenta, Chile ya albergaba a dos de los telescopios más grandes del planeta, con espejos

de cuatro metros de diámetro -uno en Cerro Tololo y el otro en La Silla-. Gracias a estos el hemisferio sur comenzaba a desafiar la historia y a posicionarse a la vanguardia de la astronomía mundial.

Tres décadas más tarde, Chile comenzó a recibir telescopios ópticos de nueva generación -con espejos de ocho metros- en las regiones de Antofagasta, Atacama y Coquimbo, en los cerros Paranal, Las Campanas y Pachón. La radioastronomía también pasaría a aprovechar las extraordinarias condiciones que proporcionan las altas cumbres y la bajísima humedad ambiental en el Llano de Chajnantor, a 5.000 metros sobre el nivel del mar (cerca de San Pedro de Atacama). Allí opera desde 2011 el observatorio ALMA (un consorcio europeo, norteamericano y del este asiático) con el fin de investigar el cielo austral en longitudes de ondas más largas y escudriñar los secretos en cuerpos celestes imposibles de estudiar con los telescopios ópticos tradicionales.

En la actualidad, la inversión extranjera en el ámbito de la astronomía alcanza cifras verdaderamente astronómicas -cercanas a varios miles de millones de dólares estadounidenses- con lo cual nuestro país se ha consolidado como uno de los principales polos astronómicos del mundo, con cerca de 40% de la capacidad de observación desde la superficie del planeta.

El futuro es muy promisorio. Hacia 2024 comenzará a operar desde Cerro Pachón el telescopio Vera C. Rubin, administrado por el observatorio AURA, un proyecto con un costo cercano a los US\$700 millones, financiados por el Gobierno de los Estados Unidos por medio de la Fundación Nacional de Ciencias (NSF) y el Departamento de Energía (DOE) de ese país. Su revolucionario diseño óptico otorgará

un gigantesco campo de visión gracias al cual obtendrá una imagen completa del hemisferio austral en solo tres noches de observación. El monitoreo continuo del cielo durante diez años permitirá obtener un inédito video del universo profundo y todo lo que cambie en tiempo real. Tendremos el privilegio de ver fenómenos que la humanidad nunca ha visto: una nueva ventana al universo.

Paralelamente, un consorcio de instituciones internacionales está construyendo en Las Campanas el Observatorio Gigante Magallanes (GMTO), un gigantesco telescopio con una apertura de 24 metros y un costo de US\$2.000 millones; mientras que la Comunidad Europea hace lo suyo en Cerro Armazones en donde se erigirá el Telescopio Europeo Extremadamente Grande (E-ELT), con una apertura de 39 metros de diámetro y un costo de EU\$1.500 millones. Entre otras materias, estos dos gigantes indagarán en las atmósferas de los exoplanetas -externos al sistema solar- signos de actividad biológica. Se espera que ambos telescopios comiencen a operar a fines de esta década, con lo cual Chile pasará a ser el indiscutido líder de la observación astronómica mundial.

Estas multimillonarias inversiones, que han sido tecnología de punta en su respectivo momento, han permitido hacer investigación de frontera. Incluso hay dos ejemplos que condujeron a descubrimientos que luego fueron reconocidos con el Premio Nobel en Física.

Una de ellas es la investigación de los proyectos Calán-Tololo (del cual fui investigador principal), High-Z Supernova Search (liderado por Brian Schmidt), y Supernova Cosmology Project (encabezado por Saul Perlmutter) de los años noventa, los cuales condujeron al descubrimiento, en 1998, de la expansión acelerada del Universo y de la existencia de

una nueva componente de energía oscura que constituye el 70% de toda la energía del Universo. Este descubrimiento, realizado principalmente desde Cerro Tololo, fue clave para la entrega del Premio Nobel de Física 2011 a los astrónomos Saul Perlmutter, Brian P. Schmidt y Adam G. Riess.

El otro, fue el Premio Nobel de Física 2020, compartido por tres investigadores por sus descubrimientos sobre agujeros negros. Roger Penrose, por demostrar su existencia según la teoría de la relatividad general, y Reinhard Genzel y Andrea Ghez, por demostrar que los agujeros negros son capaces de interferir en las órbitas de estrellas cercanas. Estos últimos dos astrónomos fueron reconocidos por su trabajo sobre el agujero negro supermasivo, Sagitario A*, situado en el centro de nuestra galaxia. Genzel realizó observaciones durante casi 30 años, utilizando una flota de instrumentos instalados en telescopios del Observatorio Europeo Austral (ESO) en Chile.

Estos dos reconocimientos dan cuenta del alto nivel de tecnología en el ámbito de la astronomía que se realiza desde Chile, los que atraen a investigadores de todo el mundo, logrando investigaciones con resultados de punta.

COMPETENCIA INTERNACIONAL POR ALBERGAR LOS OBSERVATORIOS

Chile cuenta con cielos óptimos para el desarrollo de la astronomía. Sin embargo, existen también otros polos desarrollados en esta materia que compiten permanentemente con nuestro país.

Gracias a sus altas cumbres, las islas de Hawaii, en medio del Océano Pacífico, constituyen uno de los mejores sitios para la observación astronómica del mundo desde el hemisferio norte. En Maunakea, volcán inactivo con una cumbre

que se empina sobre los 4.200 metros sobre el nivel del mar y de carácter sagrado para los hawaianos, se han erigido bajo una atmósfera muy estable, libre de turbulencias y cielos muy oscuros, importantes telescopios desde 1970. En la actualidad, Maunakea cuenta con 13 observatorios operativos financiados por 11 países diferentes, que operan en el rango óptico, infrarrojo y submilimétrico. Entre estos destacan los gigantescos telescopios gemelos Keck, con sendos espejos de 10 metros de diámetro cada uno, de propiedad de universidades californianas; el telescopio Subaru, de 8,2 metros de apertura, del Observatorio Nacional de Japón; el telescopio Gemini Norte, de 8,1 metros, operado por AURA y gemelo del que se encuentra en Cerro Pachón en Chile, entre otros.

Las islas Canarias, comunidad autónoma de España ubicada en el océano Atlántico, frente a las costas de Marruecos y del Sahara occidental, constituye un archipiélago de origen volcánico y sede de importantes observatorios astronómicos. En la isla de La Palma, a 2.400 metros sobre el nivel del mar, se ubica el Observatorio del Roque de los Muchachos, que alberga un enorme *hub* de telescopios. Desde el año 2008 cuenta con el mayor telescopio óptico e infrarrojo del mundo, el Gran Telescopio Canarias, con un espejo de 10,4 metros de diámetro, junto al cual operan una veintena de telescopios de variados tamaños de propiedad de instituciones inglesas, italianas, países nórdicos, y de otras latitudes.

En los últimos años, China se ha ido posicionando como uno de los líderes mundiales en la investigación astronómica, tanto en astronomía óptica como en ondas de radio. Uno de sus más recientes éxitos es FAST (Five-Hundred-Meter Aperture Spherical Radio Telescope), el radiotelescopio más grande del mundo, con un plato de 500 metros de diámetro, que se encuentra completamente operativo desde 2020. A

4.400 metros sobre el nivel del mar, la delgada atmósfera de la meseta del Tíbet ofrece condiciones muy competitivas -como aquellas que existen en el desierto de Atacama- para el desarrollo de nuevos observatorios astronómicos. Allí el Observatorio Nacional de China planea instalar un telescopio óptico de 12 metros de diámetro.

Australia y Sudáfrica han sido centros astronómicos ópticos de gran relevancia desde hace numerosas décadas. Dichos países están actualmente colaborando en un proyecto para construir el gigantesco radiotelescopio SKA (Square Kilometer Array), el que tendrá una apertura equivalente a un kilómetro cuadrado y será el más poderoso en su tipo.

Haciendo honor a su objetivo como continente para la ciencia y la paz, la Antártica también alberga telescopios. Solo a modo de ejemplo, una colaboración chino-estadounidense comenzó a operar, en 2012, el proyecto Antarctica Schmidt Telescopes, abocado al estudio de supernovas -el explosivo final de una estrella- y exoplanetas.

Además de los observatorios ubicados sobre la superficie de nuestro planeta, el espacio exterior ha ido cobrando cada vez una mayor relevancia para el estudio del cosmos. Un gran hito en este ámbito ocurrió en 1990 con el lanzamiento e inicio de operaciones del telescopio espacial Hubble, operado por la NASA y administrado por AURA. Al estar situado fuera de la atmósfera terrestre, a 593 kilómetros de altura sobre el nivel del mar, su espejo de 2,5 metros de diámetro ha logrado obtener imágenes de insuperable nitidez, las cuales no solo han sido el deleite e inspiración de millones de aficionados de todo el mundo, sino que han escudriñado en lo más profundo del universo, para enseñarnos sobre el nacimiento de las primeras galaxias luego del *Big Bang*, el

trascendental hito que dio inicio a la expansión del Universo hace 13.800 millones de años.

En estas últimas tres décadas, las agencias espaciales NASA de los Estados Unidos, ESA de la Unión Europea, JAXA de Japón, CNSA de China, entre otras, han aprovechado las ventajas que ofrece el espacio exterior para operar telescopios de las más diversas tecnologías y escudriñar los secretos del Universo en un amplísimo rango de longitudes de onda, desde rayos gama, rayos X, ultravioleta, óptico, infrarrojo hasta microondas. En esta última ventana del espectro electromagnético, cabe destacar las observaciones realizadas por el satélite COBE de la NASA, entre 1989 y 1993, las que permitieron obtener un mapa completo del cielo del fondo de radiación cósmica y confirmar la teoría del *Big Bang*, avance que fue reconocido con el Premio Nobel de Física 2006.

Otro icónico telescopio espacial de la NASA ha sido Kepler, el que comenzó a operar en 2009, y tras nueve años logró el hallazgo de más de 2.600 exoplanetas. A fines de 2021, la NASA lanzará al espacio el sucesor del Hubble, el telescopio James Webb, que contará con un espejo formado por 18 segmentos, equivalente a uno de 6,5 metros de diámetro, el más grande puesto en el espacio y que orbitará a 1,4 millones de kilómetros de la Tierra. Sus poderosos instrumentos se abocarán, entre otras cosas, a examinar las atmósferas de los exoplanetas y buscar huellas de actividad biológica, tales como el oxígeno molecular.

Esta mirada general a los observatorios en el mundo nos evidencia que la astronomía no tiene fronteras y literalmente sus instalaciones tampoco. Por lo tanto, debemos ser conscientes que tenemos un entorno privilegiado en Chile para

Chile cuenta con cielos óptimos para el desarrollo de la astronomía. Sin embargo, existen también otros polos desarrollados en esta materia que compiten permanentemente con nuestro país.

investigar el Universo, pero no somos los únicos. Ello implica que debemos cuidar y promover todas aquellas condiciones que hacen propicio que a futuro se siga instalando nueva tecnología para el desarrollo de la astronomía en el país.

EL DESAFÍO DE DESARROLLAR CAPITAL HUMANO LOCAL

En Chile, hace al menos un par de décadas que somos conscientes que para impulsar el desarrollo país necesitamos dotar de valor agregado a la materia prima que producimos. Ese es uno de los grandes desafíos que tenemos como sociedad para poder seguir avanzando y mejorar la calidad de vida de la ciudadanía.

Haciendo una analogía con esta conocida tarea pendiente, podríamos reflexionar sobre el valor agregado que Chile debería dar a su bóveda celeste: capital humano local capacitado para aportar al desarrollo astronómico.

Hace aproximadamente 60 años que universidades extranjeras se decidieron a invertir en nuestras tierras para aprovechar el potencial de nuestro cielo, lo que permitió que Chile tomara el liderazgo en la región en materia de investigación astronómica. Ello fue posible gracias a beneficios estatales, los cuales también permitieron el acceso a investigadores/as nacionales a hacer uso de estas modernas instalaciones.

Con el pasar de los años y ya siendo conocido el gran potencial del cielo del norte chileno, se fueron instalando más observatorios en nuestro territorio. Poco a poco fueron reaccionando las universidades locales, principalmente las tradicionales, las cuales comenzaron a ofrecer la carrera de astronomía, así como otras ligadas al potencial de este recurso natural.

De acuerdo con la Sociedad Chilena de Astronomía (Sochias), en 2021 hay 24 instituciones nacionales realizando investigación en astronomía, casi dos veces más de las que había en 2009, y 276 astrónomos(as) trabajando en el país, casi tres veces más que entonces. Estas cifras muestran la formación local de generaciones de profesionales chilenos y chilenas que se han integrado -y lo seguirán haciendo a futuro- a los observatorios internacionales que se encuentran en el país, respaldando nuestra posición privilegiada a nivel internacional en esta materia.

Una de las políticas estatales para apoyar el desarrollo local de ciencia, así como de capacitación de capital humano es la Iniciativa Científica Milenio, cuyo origen se remonta a fines de la década de los noventa. Este es un programa de la Agencia Nacional de Investigación y Desarrollo (ANID), perteneciente al Ministerio de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación de Chile, cuyo objetivo, en el largo plazo, es mejorar la calidad e impacto de la investigación chilena.

Milenio se sustenta en cuatro pilares: i) investigación competitiva a nivel internacional; ii) formación de nuevos/as científicos/as; iii) formación y mantención de redes internacionales de colaboración, y iv) promoción del conocimiento hacia la sociedad.

De este programa, particularmente quisiera destacar el trabajo del Instituto Milenio de Astrofísica Chile (MAS), del cual fui su primer director. Esta iniciativa busca dar respuestas a los desafíos que impondrán los telescopios que se están construyendo en Chile como el Vera C. Rubin de AURA. Ello pues requieren del desarrollo de nuevos algoritmos y software inteligentes para analizar la información y, con ello, la colaboración interdisciplinaria entre astrónomos/as, matemáticos/as e ingenieros/as estadísticos/as. De esta manera, MAS comenzó a preparar a la nueva generación de investigadores/as para esta llamada “era del *Big Data*”, reuniendo a un equipo multidisciplinario de investigadores/as y estudiantes de prestigiosas universidades chilenas y una amplia red de colaboración internacional.

Sus principales objetivos son conducir sondeos masivos a gran escala del cielo; desarrollar técnicas eficientes de análisis de datos, necesarias para extraer información astrofísica relevante desde grandes volúmenes de datos; participar en programas de construcción de instrumentos y de inserción del país en el mundo de las tecnologías de punta asociadas a la astronomía y desarrollar investigación de frontera en el área de la astrofísica, explotando una nueva dimensión en la exploración humana del universo: el dominio temporal, es decir todos aquellos fenómenos celestes que muestran variabilidad.

Otra iniciativa relevante en esta línea es el Centro de Excelencia en Astrofísica y Tecnologías Afines (CATA), un proyecto de investigación asociativa nacional dedicado a la investigación y desarrollo de tecnologías vinculadas a la astronomía en Chile. Está integrado por la Universidad de Chile, como institución albergante, la Pontificia Universidad

Católica de Chile y la Universidad de Concepción, como instituciones asociadas.

CATA comenzó a operar en abril de 2008 y es sustentada por el Programa de Financiamiento Basal para Centros Científicos y Tecnológicos de Excelencia, una iniciativa de la Comisión Nacional de Investigación Científica y Tecnológica (CONICYT), que hoy es la Agencia Nacional de Investigación y Desarrollo (ANID).

CATA reúne a más de 35 investigadores e investigadoras asociados/as, sobre 50 investigadores/as postdoctorales y estudiantes de postgrado entre los niveles de magíster y doctorado, de las tres instituciones que lo componen. Esta entidad desarrolla seis líneas de investigación científica, dos de tecnología y una enfocada en divulgación y educación.

Adicionalmente a estos centros, la instalación de los observatorios internacionales en el país ha generado oportunidades de desarrollo de ingeniería local asociada a la astronomía. De esta manera, Chile se ha involucrado en la creación de instrumentación (hardware) para la astronomía a través de instituciones de educación superior, tales como la Universidad de Chile, Pontificia Universidad Católica de Chile y Universidad de Concepción. Hay otros esfuerzos más recientes en la Universidad Católica de la Santísima Concepción, Universidad de Antofagasta, Universidad de Valparaíso y Universidad de la Frontera. Las iniciativas llevadas adelante por estas son muy relevantes, pero es importante considerar que los esfuerzos independientes como estos requieren de una integración para lograr la masa crítica y competir a nivel mundial como oferentes de tecnología. Ello permitiría que Chile saliera al resto del mundo con su tecnología, am-

pliando su oferta exportadora y diversificándose de la venta de materias primas.

El otro desafío por asumir ahora es el desarrollo de un Centro de Manejo de Datos nacional de software, respondiendo a la gran cantidad de información que está generando el creciente desarrollo de investigación. A partir de las bases sentadas por el Centro de Modelamiento Matemático (CMM) y tras una apuesta de más de una década, la Universidad de Chile acaba de crear el “Instituto de Facultad en Datos e Inteligencia Artificial” en la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, iniciativa que brinda la oportunidad de abrir espacios para la investigación interdisciplinaria para jóvenes talentos.

La Universidad Técnica Federico Santa María ha desarrollado un observatorio virtual (ChiVO). En seis años de trabajo, ChiVO se ha convertido en el nodo oficial chileno de la red mundial de observatorios virtuales IVOA (International Virtual Observatory Alliance), que reúne a 21 proyectos alrededor del mundo, que conforman una suerte de gran observatorio virtual mundial. ChiVO ofrece los datos del observatorio ALMA a la comunidad científica, posicionando al país en el área de la astroinformática.

Otras casas de estudios, como la Universidad de Concepción, la Universidad de Valparaíso, la Universidad de Santiago de Chile, la Pontificia Universidad Católica, la Universidad de Antofagasta y la Universidad de La Serena, están también implementando iniciativas de informática.

El desarrollo de la Industria 4.0 está generando una enorme cantidad de datos, los cuales son uno de los principales activos de las empresas y organizaciones, por lo que requieren

de un buen análisis para una óptima toma de decisiones para así mantener u obtener ventajas competitivas.

En este sentido, la ciencia de los datos (*data science*) es un componente fundamental de esta transformación, ya que entrega técnicas y metodologías para poner en valor los datos estructurados y no estructurados de las organizaciones.

ASTRONOMÍA: DISCIPLINA SIN FRONTERAS

Literalmente el cielo no tiene fronteras y en un mundo globalizado como el actual, las fronteras se esfuman. En astronomía no hay límites de nacionalidades y la colaboración es muy relevante para el logro de investigaciones exitosas. En los observatorios astronómicos no solo encontrarán equipos formados por astrónomos/as, sino por ingenieros/as, físicos/as, informáticos/as, químicos/as y técnicos/as de diversas áreas.

Un ejemplo de esta colaboración es el proyecto Vera C. Rubin que el Observatorio AURA está construyendo en la Región de Coquimbo. Este contará con tecnología de punta que considera un telescopio de 8,4 metros de diámetro con un diseño único de 3 espejos, que crea un campo visual excepcionalmente amplio. Este operará en una cadencia automatizada, explorando todo el cielo austral en alrededor de tres noches. Además, contará con la cámara digital más grande jamás construida para la astronomía: tiene casi el mismo tamaño que un auto pequeño y pesa casi 2.800 kilogramos. Como fue indicado previamente, esta será una de las instalaciones astronómicas de vanguardia que generarán millones de *megabytes* de datos cada noche.

Por ello, contará con infraestructura computacional especializada que procesará en tiempo real los datos del telescopio, enviando alertas públicas a nivel mundial, dentro de 60 segundos, de los cambios detectados en el cielo. Rubin generará aproximadamente 15 millones de *megabytes* de datos por noche y su exploración de diez años producirá una base de datos de 15 mil millones de *megabytes*.

La complejidad de este centro astronómico en construcción ha requerido de la colaboración interdisciplinaria proveniente de diversos países. Por ejemplo, la compañía italiana EIE ha sido responsable de la fabricación de la cúpula, mientras que la empresa española UTE, de la montura del telescopio. UTE, a su vez, cuenta con la participación de varios subcontratistas españoles y europeos. En tanto, la cámara de aluminizado del espejo del telescopio fue construida en Alemania por la firma Von Ardenne, mientras que los espejos fueron fabricados en Estados Unidos. Por su parte, la empresa chilena Besalco estuvo a cargo de la construcción del edificio que albergará este telescopio.

Este proyecto es un claro ejemplo de la colaboración tanto entre especialidades como entre países, los cuales han sido posibles gracias a una política estatal que apoya estas iniciativas. Esto es muy relevante para motivar la inversión y colaboración internacional en investigación, lo cual también aporta al desarrollo tecnológico del país.

Chile ha hecho, además, un gran trabajo en materia de relaciones internacionales, manteniendo tratados de libre comercio con 65 economías, transformándose así en el país que posee la red de este tipo de acuerdos con el mayor acceso al PIB mundial, según la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE).

Hace aproximadamente 60 años que universidades extranjeras se decidieron a invertir en nuestras tierras para aprovechar el potencial de nuestro cielo, lo que permitió que Chile tomara el liderazgo en la región en materia de investigación astronómica.

CUIDADO DE LOS CIELOS OSCUROS

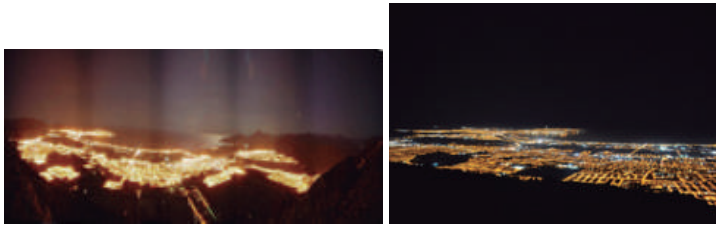
Tal como lo he mencionado anteriormente, la astronomía en Chile ha tenido un gigantesco desarrollo en las últimas seis décadas debido a las extraordinarias condiciones naturales con que cuenta el desierto de Atacama, así como su estabilidad política y económica, excelente infraestructura, desarrollo tecnológico y una política de Estado que ha incentivado la inversión astronómica internacional en nuestro país.

Quando se estableció el Observatorio Inter-Americano Cerro Tololo, en la década del '60, la contaminación lumínica no era una preocupación importante. Sin embargo, la población metropolitana de las ciudades de La Serena y Coquimbo creció de aproximadamente 100.000 habitantes a casi 500.000 en la actualidad. A principios de la década del '90, Chile entró en un período sostenido de rápido crecimiento económico, acompañado de un aumento general del nivel de vida. Esto condujo a un incremento significativo de la contaminación lumínica. Hoy en día, este es el mayor riesgo para la productividad científica de los observatorios astronómicos en el país.

Los esfuerzos para mitigar la contaminación lumínica en se iniciaron desde el Observatorio AURA, en la década del '90, junto a autoridades municipales de la Región de Coquimbo y de la naciente Comisión Nacional del Medio Ambiente -la cual pasaría unos años después a transformarse

en el Ministerio del Medio Ambiente- para el reemplazo de los artefactos de iluminación exterior de vapor de mercurio por lámparas de vapor de sodio de alta presión. En 1999 el Gobierno de Chile estableció un marco legal para la protección de la calidad del cielo, a través de la Norma Ambiental D.S. N° 686/1998 y formalizó la obligación del uso de iluminación de sodio de alta presión y mayor eficiencia, con un máximo de 1,8% de luz irradiada por encima de la horizontal. Tras la aparición de la nueva tecnología LED como una alternativa energéticamente eficiente a las lámparas de vapor de sodio, el Ministerio de Medio Ambiente de Chile elaboró una nueva norma de contaminación lumínica (D.S. N° 043/2012) para controlar el impacto de esta tecnología en el brillo del cielo.

Figura 3



Vista panorámica de la conurbación Coquimbo-La Serena en 2011 (izquierda) y 2016 (derecha). La luz naranja corresponde a ampollitas de sodio de alta presión, mientras que la luz blanca corresponde a los nuevos dispositivos LED.

Lamentablemente, la implementación de la nueva norma se retrasó y la iluminación LED fuera de norma está apareciendo a un ritmo alarmante debido a las brechas regulatorias, especialmente en las instalaciones deportivas y comerciales. La iluminación LED generalmente tiene una temperatura de color más alta y, por lo tanto, un mayor componente de luz azul que se dispersa en el cielo por sobre la horizontal, lo que contribuye a una creciente contaminación lumínica.

Desde los observatorios internacionales, los esfuerzos para combatir la contaminación lumínica en Chile están siendo coordinados por la Oficina para la Protección de la Calidad del Cielo del Norte de Chile (OPCC), entidad que se formó en el año 2000 como una colaboración entre la Association of Universities for Research in Astronomy (AURA), el European Southern Observatory (ESO), el Observatorio Las Campanas (LCO) y la Comisión Nacional de Medio Ambiente (CONAMA). Desde sus inicios, la misión de la OPCC ha sido la protección del cielo nocturno a través del apoyo técnico de la implementación de las normas de contaminación lumínica, junto con educación y capacitación.

En respuesta al rápido aumento de contaminación lumínica, la principal prioridad de la OPCC ha sido brindar apoyo técnico al Ministerio de Medio Ambiente para modificar la norma de iluminación exterior (D.S. N° 043/2012) por una más restrictiva. Este esfuerzo está bien encaminado, por lo que se espera que la actualización de esta normativa se apruebe a fines de 2021 o inicios de 2022.

A pesar de los avances regulatorios, la realidad es que la Superintendencia del Medio Ambiente (el ente fiscalizador) hoy carece de la suficiente capacidad para hacer cumplir la norma lumínica. Si bien la OPCC se ha sumado a los esfuerzos de la superintendencia para identificar a los infractores y formación de monitores municipales, hoy día nos enfrentamos a una situación en la que la iluminación nocturna está creciendo rápidamente (ver Figura 3).

Hoy día la contaminación lumínica es el mayor riesgo para el futuro de la actividad astronómica en Chile, además de ser una gran amenaza para la biodiversidad y la salud humana. Para proyectar en el tiempo este laboratorio natural, resulta

urgente cuidarlo de la contaminación lumínica y preservar la oscuridad de sus cielos. De lo contrario, se corre el serio riesgo de que las inversiones extranjeras en Chile comiencen a buscar otros destinos.

DIPLOMACIA DESDE Y PARA LA CIENCIA

Como hemos visto, Chile cuenta con condiciones naturales privilegiadas que han permitido el desarrollo de un polo astronómico que hoy concentra cerca de 40% de los telescopios ubicados en la superficie del planeta. Estos instrumentos producen enormes caudales de datos, los que a su vez se transforman en conocimiento para toda la humanidad.

Además de la enorme actividad científica que conlleva la inversión realizada en el país de parte de diferentes consorcios internacionales, los cielos del norte de Chile también otorgan una gran oportunidad de desarrollo económico. Me refiero a emprendimientos locales vinculados al turismo, astroturismo, astrofotografía y todos los negocios que se desarrollan en torno a estas, como gastronomía, hotelería, artesanía, entre otros.

Esta ventajosa situación de la astronomía chilena tuvo sus inicios con la llegada de los observatorios internacionales, a comienzos de la década del '60, gracias a un señero trabajo mancomunado entre el mundo diplomático y científico.

Así como la diplomacia para la ciencia fue clave en los inicios de este exitoso derrotero, hoy la ciencia le devuelve la mano a la diplomacia. Por ser la astronomía una actividad internacionalizada y globalizada, la diplomacia desde la ciencia ha sido muy relevante para mantener vigente la colaboración internacional. El hecho de ser anfitrión de nu-

merosos observatorios internacionales sitúa a Chile y a sus científicos e ingenieros como embajadores de nuestro país en diversos comités y congresos internacionales del más alto nivel. Gracias a este sólido contingente y tras varias décadas de trabajo, los cielos de Chile se han ido instalando, paso a paso, como sello de nuestra marca-país a nivel internacional, lo que a su vez lo transforma en una poderosa herramienta para la diplomacia internacional desde y para la ciencia, aportando a fortalecer nuestra presencia en el mundo.

No obstante la favorable situación alcanzada por la astronomía chilena, resulta imperioso redoblar esfuerzos para proteger la oscuridad de los cielos del norte del país de la contaminación lumínica y evitar así que los observatorios astronómicos emigren a otra región del planeta. Este desafío requerirá un esfuerzo conjunto entre el Estado, observatorios internacionales, municipios, universidades y las propias comunidades. Por de pronto, resulta prioritaria la actualización de la norma lumínica vigente y una eficiente fiscalización. A la anterior amenaza se suma el reciente problema del crecimiento exponencial del número de satélites de baja órbita con fines comerciales, cuya presencia está pasando a ser el mayor riesgo para la observación astronómica desde la superficie del planeta.

Acá es donde la diplomacia internacional puede y debe tener un rol clave para alcanzar un justo equilibrio en el uso del espacio exterior para la investigación científica y fines comerciales. Como país debemos reflexionar en cómo aunar nuevamente esfuerzos conjuntos entre ciencia y diplomacia para enfrentar un nuevo desafío que nos plantea el siglo XXI: la protección de los cielos del uso comercial del espacio exterior.

Observatorio Europeo Austral (ESO): astronomía a través de la cooperación internacional

*Xavier Barcons**
*Claudio de Figueiredo Melo***

Desde hace casi 60 años la ESO (Organización Europea para la Investigación Astronómica en el Hemisferio Austral) viene diseñando, construyendo y operando algunos de los telescopios astronómicos más potentes en tierra y fomentando la colaboración en astronomía. Hasta la fecha todos los telescopios de la ESO se encuentran en suelo chileno, contribuyendo de forma decisiva al aprovechamiento científico del laboratorio natural para la astronomía que constituye el desierto de Atacama. En este artículo repasamos los ambiciosos proyectos de la ESO fruto de la cooperación internacional, que no solo han promovido una sólida base para el progreso en astronomía en los 16 estados miembros de la ESO, sino que han ayudado a posicionar a Chile como

* Director General de European Organisation for Astronomical Research in the Southern Hemisphere (ESO, por sus siglas en inglés).

** European Organisation for Astronomical Research in the Southern Hemisphere (ESO, por sus siglas en inglés).

En Chile, los observatorios astronómicos se consideran parte de la red de Laboratorios Naturales que permiten y fomentan el estudio y la investigación científica en múltiples disciplinas.

referente mundial en astronomía desde tierra. Enfatizamos también los múltiples frutos de esa cooperación en todos los ámbitos de la sociedad (científico-técnico, de innovación, económico, educativo y de apreciación social de la ciencia), con particular atención a Chile.

LA ASTRONOMÍA: UNA CIENCIA BÁSICA CON MÚLTIPLES ÁNGULOS

Comprender el Universo y entender el lugar que ocupamos en él ha sido uno de los objetivos más ambiciosos a lo largo de la historia de la humanidad. Se dice a menudo que la astronomía es la ciencia más antigua aunque, mezclada con la astrología, no siempre tuvo carácter científico. Hoy día la astronomía es una ciencia muy viva y actual. Es habitual la presencia de hitos científicos del mundo astronómico en los medios de comunicación generalistas. La demanda social de conocimiento acerca de planetas, posibilidades de vida fuera de la tierra, agujeros negros o materia oscura es muy elevada. El hambre de conocimiento en materia de astronomía encuentra, afortunadamente, una ciencia que es muy divulgable, resultando en un reforzado interés.

A diferencia de otras ciencias básicas, como la física, la química, la biología o la geología, la astronomía no es una ciencia experimental: no se puede experimentar con el cosmos. A diferencia de esas disciplinas, la astronomía es una ciencia observacional. El conocimiento que poseemos acerca de los objetos celestes se basa en información que recibimos

de los mismos tal y como son, a través principalmente de las distintas formas de luz que emiten, absorben o reflejan.

Las principales herramientas del astrónomo no son por tanto aceleradores de partículas, sincrotrones, o campanas de reacción química, sino sofisticados dispositivos que recogen la luz (ya sea esta visible, infrarroja, ultravioleta, radio, rayos X o rayos gamma) u otros mensajeros (rayos cósmicos, neutrinos, ondas gravitatorias), que nos llega de los cuerpos celestes. Estos dispositivos, llamados telescopios, utilizan también sofisticados aparatos (genéricamente llamados instrumentos) para analizar lo recibido y entregarnos imágenes, espectros, tomografías o películas de lo que se ha detectado durante la observación. El astrónomo analiza e interpreta esos datos, para lo que es preciso desarrollar teorías y modelos, a menudo con la asistencia de potentes herramientas de cálculo. Algunos de esos telescopios y sus instrumentos se encuentran en la superficie terrestre, en lugares llamados observatorios. Otros se encuentran en el espacio, particularmente aquéllos que observan luz inaccesible a la superficie de la tierra, por ejemplo, la luz en el infrarrojo lejano, el ultravioleta o los rayos X.

Así pues, el diseño, la construcción y operación de telescopios y sus instrumentos en tierra, que es de lo que principalmente versa este artículo, es un elemento esencial en astronomía. Estas grandes infraestructuras de apoyo a la investigación científica tienen un papel central, y forman parte, junto a sincrotrones o aceleradores de partículas entre otras, de un entramado de instalaciones que son y continuarán siendo el soporte principal a la gran ciencia, aquella que solo se puede conseguir con costosos equipamientos y a menudo nutridos grupos de personas. A pesar de ello, no hay que olvidar que la ciencia la hacen los científicos que

pueden estar trabajando en universidades, centros de investigación o los propios observatorios. Son ellas y ellos los que, en última instancia, aportan los avances científicos usando los telescopios.

A diferencia de otras grandes infraestructuras científicas, los observatorios astronómicos no pueden construirse en cualquier lugar, dada la criticidad que tienen las condiciones de observación. Los radiotelescopios deben construirse en zonas donde haya poca contaminación radioeléctrica y los telescopios ópticos en lugares oscuros con cielos limpios, baja precipitación y sin vientos fuertes. Entre los lugares donde más telescopios ópticos potentes se han instalado se incluyen el Observatorio del Roque de los Muchachos en la isla de La Palma (Canarias, España), Mauna Kea (Hawaii, EE.UU.) y en distintos cerros del desierto de Atacama, en el norte de Chile. Estas zonas, y otras más, merecen sin duda la calificación de Laboratorios Naturales para la astronomía. En Chile, los observatorios astronómicos se consideran parte de la red de Laboratorios Naturales que permiten y fomentan el estudio y la investigación científica en múltiples disciplinas.

ESO: UN POCO DE HISTORIA

La ESO, Organización Europea para la Investigación Astronómica en el Hemisferio Austral, es un organismo intergubernamental que resulta de la ambición científica de prominentes astrónomos de distintos países europeos a mediados del siglo XX, junto a un fuerte apoyo a la cooperación internacional en el ámbito científico. La ESO está basada en una Convención que se firmó el 5 de octubre de 1962 y que hasta la fecha han ratificado un total de 16 estados: Alemania, Austria, Bélgica, Dinamarca, España, Finlandia, Francia, Italia, Irlanda, Países Bajos, Polonia, Portugal, Reino Unido,

República Checa, Suecia y Suiza. Como argumentaremos más adelante, el hecho de que el compromiso con la ESO y sus objetivos sea a nivel de estados, cuyos parlamentos nacionales deben ratificar la Convención y sus protocolos anexos, ha sido fundamental para que la ESO se haya posicionado como la más importante organización del mundo en cuanto a observatorios astronómicos en tierra.

Lógicamente esto no comenzó así. La situación a mediados del siglo XX era bien distinta (Madsen 2012): la astronomía desde tierra estaba dominada por Estados Unidos de América (EUA), al disponer de potentes telescopios que permitían observar objetos astronómicos muy débiles y lejanos. Existía toda una rama de la astronomía, particularmente en el estudio de galaxias y la cosmología, en la que Europa se había quedado atrás. Blaauw (1991) explica el largo camino recorrido hasta el establecimiento de la ESO en 1962. En 1954 una docena de astrónomos de Alemania, Bélgica, Francia, Países Bajos, Suecia y Reino Unido firman una declaración conjunta en la que manifiestan que la competitividad de la astronomía europea precisa disponer acceso a telescopios de gran tamaño (1,20m y 3m de diámetro) en el hemisferio sur, con el fin de poder observar, en particular, la parte central de nuestra galaxia, la Vía Láctea. Especifican, además, que la única forma de conseguir los recursos y la capacidad para abordar tan ambiciosos proyectos es la cooperación entre los distintos países.

Afortunadamente existía ya desde 1957 un Organismo Intergubernamental de ámbito científico en Europa: el CERN¹ (Organización Europea para la Investigación Nuclear), que sirvió de modelo para la creación de la ESO.

1 <http://cern.ch>

Lo que en la actualidad se conoce como Diplomacia Científica, vivió momentos de oro en aquella época. Ciertamente la ESO es hija de los esfuerzos conjuntos de científicos, diplomáticos, agencias y gobiernos de una Europa que estaba intentando mirar hacia el futuro después de una II Guerra Mundial que había enfrentado a sus estados y gentes. La diplomacia se nutrió de la ambición y el entendimiento entre científicos en esos episodios.

Finalmente, el 5 de octubre de 1962, Alemania, Bélgica, Francia, Países Bajos y Suecia firman la Convención, junto a los anexos financieros, estableciendo la ESO. La misión del recién creado organismo queda plasmada en dicha Convención: 1) construir y operar un telescopio óptico de aproximadamente 3 metros de diámetro en el hemisferio sur, y 2) facilitar el intercambio de información científica y técnica en astronomía. Con el paso del tiempo esta misión se ha actualizado y generalizado, manteniendo el espíritu inicial:

- Construir y operar telescopios de primera clase en tierra.
- Fomentar cooperación en temas de astronomía.

La primera sede de la ESO se estableció justamente en Ginebra, dentro de las propias dependencias del CERN. Con motivo del 50 aniversario de su fundación, Madsen (2012) explica en detalle el devenir de la ESO durante su primer medio siglo de vida. La sede se trasladó más tarde a Hamburgo hasta recalar en Garching, cerca de Múnich, donde continúa en la actualidad. Los criterios para elegir esta sede obedecen en gran parte a razones técnicas, ya que en el Campus donde se ubica la ESO existen distintas instituciones (la Technische Universität München, la Ludwig Maximilian Universität, el

Max Planck Institut für Extraterrestriche Physik, o el Max Plank für Astrophysik) con potentes grupos de investigación en astronomía, con quienes una prolongada relación de cooperación continúa hoy día, mostrando importantes frutos.

A lo largo de sus casi 60 años de historia, un total de 16 estados han ratificado la Convención de la ESO y forman, por tanto, parte del Organismo como miembros de pleno derecho. Estos son (junto a su año de ratificación): Alemania (1964), Austria (2009), Bélgica (1967), Dinamarca (1967), España (2007), Finlandia (2004), Francia (1964), Irlanda (2018), Italia (1982), Países Bajos (1964), Polonia (2015), Portugal (2001), Reino Unido (2002), República Checa (2007), Suecia (1964) y Suiza (1982).

En 2010 el Gobierno de Brasil y la ESO firmaron el acuerdo de adhesión, pero el proceso de ratificación no se completó. En 2018, reconociendo las dificultades que entrañaba culminar este proceso, la ESO dejó en suspenso los arreglos temporales con Brasil, manteniendo la puerta abierta a un reacercamiento futuro. También en 2018 comenzó una asociación por 10 años con Australia en uno de los observatorios de la ESO (el Observatorio La Silla Paranal, ver más adelante), con la ambición de que Australia pueda convertirse en estado miembro durante dicho período o como continuación de este.

Acerca de la ubicación de los observatorios, ya antes del establecimiento de la ESO se empezaron a realizar campañas de caracterización de distintos sitios, particularmente en Sudáfrica y en Chile. Las campañas de medida en distintos sitios de Sudáfrica comenzaron en 1955 y se prolongaron hasta 1963, sondeando varios lugares de interés. Chile empezó a cobrar protagonismo como opción para los telescopios ópticos de

la ESO una vez ya establecida la Organización, en 1962. Contactos mantenidos con AURA² fueron decisivos para que la ESO comprobara la calidad del cielo en el desierto de Atacama y su potencial para la observación astronómica. No es descartable que la decisión del Reino Unido de no participar en la ESO, en un principio (decisión que revisó en 2002), en beneficio de un observatorio de la Commonwealth en Australia, tuviera también que ver con la elección de Chile como sede de los primeros telescopios de la ESO.

El 6 de noviembre de 1963 Chile y la ESO firmaron un tratado internacional denominado Convenio entre el Gobierno de Chile y la Organización Europea para la Investigación Astronómica en el Hemisferio Austral para el establecimiento de un observatorio astronómico en Chile. Siguiendo una decisión tomada por el Consejo de la ESO en 1964 acerca del lugar idóneo para establecer dicho observatorio, el 30 de marzo de 1966 se rubricó otro acuerdo con Chile, estableciendo Cerro La Silla como el lugar para dicho observatorio. Fruto de aquellas decisiones, basadas en criterios técnicos, pero donde la cooperación internacional jugó un papel preponderante, comenzó una larga y fructífera relación entre la ESO y Chile.

Volveremos a los beneficios mutuos de esta relación más adelante, pero quizás sea importante remarcar que en 1995 Chile y la ESO firmaron el Acuerdo Interpretativo, Suplementario y Modificadorio del Convenio entre el Gobierno de Chile y la Organización Europea para la Investigación Astronómica en el Hemisferio Austral, para el establecimiento de un observatorio Astronómico en Chile que contemplaba, entre otros muchos aspectos, que los científicos afiliados a instituciones chilenas recibieran un 10% del tiempo de

2 Association of Universities for Research in Astronomy <https://www.aura-astronomy.org>

observación de los observatorios de la ESO para propuestas meritorias, una parte de ellas en colaboración con científicos de los estados miembros de la ESO. Para la ESO ha sido un orgullo haber contribuido al desarrollo de la astronomía en Chile a través de esta y otras herramientas, y haber constatado cómo la astronomía en Chile ha evolucionado hasta ser una de las disciplinas científicas prioritarias en el país, y a jugar un papel internacional de gran envergadura.

LOS GRANDES PROYECTOS DE LA ESO Y SU IMPACTO CIENTÍFICO

La Silla:

La Silla fue el primer observatorio de la ESO en Chile, y inaugurado el 25 de marzo de 1969 por el Presidente Eduardo Frei Montalva. Durante varias décadas, La Silla mantuvo un constante desarrollo con multitud de telescopios, nuevas tecnologías e instrumentación de vanguardia. Con motivo de su 50 aniversario, en marzo de 2019, tuvo lugar en La Serena un congreso titulado *The La Silla Observatory - from Inauguration to the Future*, en el que se repasaron tanto los hitos científicos del observatorio como su proyección en los años subsiguientes.

La ESO continúa hoy día operando La Silla en un modo financieramente sostenible y acorde a la producción científica que genera el lugar. Sigue operativo el telescopio de diámetro 3,6m que se contemplaba en la Convención como la gran apuesta de la ESO en el hemisferio Sur. Este telescopio se dedica casi exclusivamente a medir, con gran precisión, velocidades radiales de estrellas, lo que lo ha convertido en un importante cazador de exoplanetas (planetas orbitando alrededor de otras estrellas). El instrumento HARPS instalado en el telescopio de 3.6m, y desarrollado bajo liderazgo de

los astrónomos suizos Michel Mayor y Didier Queloz, entre otros (Mayor et al 2003), continúa siendo un referente en la detección del leve movimiento periódico que experimentan las estrellas por el efecto gravitatorio de los planetas que orbitan a su alrededor, contribuyendo a que Mayor y Queloz recibieran el Premio Nobel de Física en 2019. En un futuro próximo, otro instrumento similar (NIRPS), observando la luz infrarroja, se instalará también en el foco del mismo telescopio, reforzando su potencial científico durante los próximos años.

El New Technology Telescope (NTT) de 3,5 metros de diámetro fue el primero del mundo en el que se incorporó una nueva técnica llamada óptica activa. Consiste en corregir la forma del espejo principal del telescopio frente a las deformaciones que causa la propia gravedad al orientarlo para apuntar a distintas direcciones, mejorando sustancialmente la calidad de la imagen. El NTT se utiliza principalmente para observar fenómenos transitorios, como explosiones de Supernova, eventos de emisión de ondas gravitatorias y otros. Su instrumentación está adaptada a dichos objetivos científicos.

Finalmente, la ESO alberga también una serie de proyectos de menor envergadura, aportados por grupos de investigación, y con objetivos muy concretos y precisos. La ESO proporciona el apoyo operativo necesario para la operación (generalmente remota) en la que funcionan estos proyectos.

Paranal:

Se puede decir que con La Silla, la ESO se posicionó en el mapa de la astronomía mundial. El objetivo del siguiente gran proyecto era situar a la ESO en posición de liderazgo mundial en astronomía óptica, como relata Woltjer (2006) y recopila

más tarde Madsen (2012). La idea original de construir un telescopio muy grande (el Very Large Telescope – VLT) consideraba varias opciones, y al final se optó por 4 telescopios de 8,2 metros de diámetro cada uno, frente a uno solo de 16 metros de diámetro. En las referencias anteriores se explica en detalle el complejo pero muy gratificante camino que llevó a la construcción del observatorio óptico más potente del mundo en Cerro Paranal.

El VLT es un sistema constituido por 4 telescopios (Unit Telescopes – UTs), cada uno de ellos con un espejo principal monolítico de 8,2 metros de diámetro, y un grosor que apenas alcanza los 17 cm. Los UTs tienen también un nombre en lengua mapuche (Mapudungún): Antu (el Sol), Kueyen (la Luna), Melipal (la Cruz del Sur) y Yepun (Venus o estrella del atardecer), respectivamente. Al igual que en el NTT de La Silla, estos UTs utilizan la técnica conocida como óptica activa para corregir las deformaciones del espejo principal frente a la gravedad y el viento. Además, Yepun está equipado con un avanzado sistema llamado óptica adaptativa, que corrige el emborronamiento en las imágenes causado por las turbulencias de la atmósfera, para lo cual modifica en tiempo real la forma del espejo secundario, contrarrestando así los cambios en la atmósfera. La óptica adaptativa necesita la presencia de una estrella muy brillante junto a la zona del cielo de apuntado del telescopio, y para ello se utilizan unos potentes láseres (cuya tecnología se desarrolló en la ESO) que crean una “estrella artificial” a unos 80 kilómetros de altitud, justo donde la luz del láser rebota de vuelta hacia la superficie. En 2022 la ESO va a comenzar, junto a un consorcio internacional, el proyecto GRAVITY+, con el cual también se equiparán con esos láseres Antu, Kueyen y Melipal.

Cada UT está equipado con hasta 3 instrumentos (cámaras, espectrógrafos y demás dispositivos) que analizan y registran la luz que el telescopio concentra sobre ellos. Cada UT puede apuntar a distintas zonas del cielo, utilizando independientemente alguno de sus instrumentos. También, desde 2018, se puede concentrar la luz de los 4 telescopios a la vez sobre un mismo instrumento (denominado ESPRESSO), que recibe tanta luz como la que coleccionaría un telescopio de 16 metros de diámetro.

Sobre la plataforma de Cerro Paranal se pueden ver también 4 telescopios auxiliares (Auxiliary Telescopes – ATs), que pueden colocarse en distintas posiciones en dicha plataforma. Por debajo de la plataforma existe un complejo sistema denominado VLTI (VLT Interferometer) que permite combinar la luz recibida por esos 4 ATs o por los 4 UTs en modo interferométrico. Con esta técnica se consigue la nitidez equivalente a la que entregaría un telescopio cuyo diámetro abarcara los 130 metros que mide la plataforma de Cerro Paranal, aunque lógicamente con menos cantidad de luz recolectada. Léna (2020) explica, de manera amena y asequible, las ideas básicas detrás de la óptica adaptativa y de la interferometría, dos desarrollos que han conferido a Paranal el potencial único que posee.

Es importante también aclarar que, para el desarrollo de los instrumentos de La Silla, Paranal y ELT (ver más adelante) la ESO ha llevado adelante un modelo de éxito conjuntamente con la comunidad. Los instrumentos no los desarrolla la propia ESO, sino consorcios de institutos de investigación o grupos en universidades (de los que la ESO forma parte también). La ESO contribuye con los costes financieros relacionados con el *hardware*, mientras que el consorcio aporta el trabajo para desarrollarlo. Esta aportación, financiada por los

propios centros de investigación, o por las agencias de apoyo a la investigación de sus países, se recompensa en forma de tiempo de observación garantizado. Tras la construcción y puesta a punto del nuevo instrumento, la ESO pasa a ser su propietario, a operarlo y mantenerlo, y el consorcio que lo construyó dispone de una serie de noches de observación para desarrollar ambiciosos programas durante los primeros años de operación del nuevo instrumento. Este último es el incentivo que precisan los grupos de investigación para embarcarse en una aventura tan apasionante y costosa como es el diseño y construcción de un instrumento de observación astronómica para un telescopio.

Siendo imposible enumerar los grandes descubrimientos propiciados por el VLT y el VLTI, destaco los estudios realizados por el consorcio GRAVITY en los últimos años, que han permitido medir con precisión las órbitas de estrellas muy cerca del agujero negro gigante (llamado SgrA*) que mora en el centro de la Vía Láctea, nuestra galaxia. Entre otros resultados, se ha medido el desplazamiento al rojo gravitatorio de una estrella que completa una órbita alrededor de SgrA* cada 16 años, así como la precesión o giro de su órbita, ambos resultados confirmando predicciones de la Teoría General de la Relatividad formulada por Albert Einstein en 1915. El Premio Nobel de Física concedido en 2020 a Roger Penrose, Andrea Ghez y Reinhard Genzel, es un tributo también al trabajo conjunto entre el grupo del Prof. Genzel y la ESO.

ALMA (Atacama Large Millimeter/submillimeter Array):

Con el VLT en funcionamiento desde 1998 y VLTI desde 2001, la ESO emprendió un nuevo viaje -esta vez en sociedad con otras organizaciones fuera de Europa- hacia

la construcción y operación del mayor radiotelescopio de observación en banda milimétrica y submilimétrica: ALMA (Atacama Large Millimetre/submillimetre Array). A diferencia de los telescopios convencionales, que están diseñados para observar principalmente la luz que emiten las estrellas, en la banda milimétrica y submilimétrica lo que se observa es principalmente el Universo frío, en particular las moléculas que en él existen. Estas pueden estar en los alrededores de estrellas, planetas o poblando el medio interestelar dentro de las galaxias, entre otras ubicaciones. Las observaciones en esa banda del espectro aportan información complementaria e independiente a la proporcionada por los telescopios ópticos.

El proyecto ALMA resultó de la confluencia de tres potenciales proyectos que estaban en estudio en Europa, EUA y Japón. A principios de siglo, esta confluencia se consolidó en un solo proyecto, con una gobernanza novedosa: la de una asociación (*partnership*, en inglés). Esto no solo aportó ventajas en cuanto a la financiación de ALMA (los costes de construcción ascendieron a unos 1.300 millones de Euros), sino que permitió combinar el conocimiento y las competencias de científicos, ingenieros e industria de tres continentes. ALMA se convirtió pues en un proyecto global. Las prestaciones del observatorio supusieron un paso de gigante respecto de sus predecesores (por ejemplo, NOEMA en Plateau de Bure o el Sub-Millimeter Array SMA en Hawaii).

ALMA es un observatorio verdaderamente puntero y colosal, al igual que Paranal, un producto admirable de la ciencia y la ingeniería. El observatorio se encuentra en el Llano de Chajnantor, cerca de San Pedro de Atacama y Toconao, en el altiplano Andino, a 5050 metros de altitud. Consta de 66 antenas móviles de alta precisión distribuidas a lo ancho de los hasta 16 kilómetros que ofrece el llano. Estas antenas

apuntan solidariamente al mismo punto del cielo, realizando interferometría con las ondas milimétricas y submilimétricas que recogen de los astros, al igual que el VLTI hace lo propio en Paranal con la luz infrarroja. Para ello, las antenas están conectadas a una instalación en el Llano de Chajnantor que contiene un “reloj” que las sincroniza y una supercomputadora llamada “correlador” (verdadero cerebro del observatorio), que combina las señales sincronizadas recibidas por las antenas y, con ello, produce datos astronómicos.

La base de operaciones de ALMA se encuentra a algo menos de 3000 metros de altitud, donde trabaja el personal (científicos, ingenieros y personal de apoyo) que es necesario mantener en el lugar. En Santiago trabajan el resto de los funcionarios de ALMA en Chile. Todo ello se complementa con los tres Centros Regionales de Apoyo, uno en Europa (coordinado desde la sede central de la ESO en Alemania), otro en EUA (en la sede del National Radio Astronomy Observatory en Charlottesville) y otro más en Japón (en la sede del National Astronomical Observatory of Japan en Mitaka).

La construcción de ALMA fue un reto sin precedentes, tanto por las condiciones en altitud, como por la propia gobernanza basada en una simple asociación entre entidades de muy distinto origen, distintas culturas, distintas normativas y distintas comunidades a las que servir. El observatorio ALMA comenzó sus primeras observaciones científicas en 2011 y en 2013 fue inaugurado por el Presidente Sebastián Piñera, representantes de las comunidades atacameñas locales, y los socios internacionales que constituyen ALMA, entre ellos la ESO que representa un 37,5% de la sociedad.

Independientemente de ALMA, la ESO opera también desde Sequitor, en la comuna de San Pedro de Atacama, un

radiotelescopio de una sola antena ubicado también en el Llano de Chajnantor, llamado APEX (Atacama Pathfinder EXperiment). El proyecto APEX es una asociación entre el Instituto Max-Planck de Radioastronomía en Bonn (Alemania), el Observatorio Espacial de Onsala (Suecia) y la ESO. APEX ha sido una importante puerta de entrada al uso de ALMA para las comunidades astronómicas en Europa y Chile.

Gracias a su capacidad sin precedentes, ALMA ha conseguido, entre muchos otros hitos científicos, obtener imágenes de discos protoplanetarios alrededor de estrellas jóvenes que muestran cómo y dónde se forman los planetas, descubrir y analizar en detalle galaxias muy parecidas a nuestra Vía Láctea, pero que existieron en el pasado remoto de nuestra historia cósmica, y junto a otros radiotelescopios (entre ellos APEX) situados en otras zonas de la superficie terrestre, obtener por primera vez la imagen de la sombra de un agujero negro.

ELT (Extremely Large Telescope):

La ambición de ver más lejos y con más nitidez ha sido una constante en el desarrollo de la astronomía óptica. En los comienzos del siglo XXI los mayores y más potentes telescopios ópticos que han hecho posible una parte importante de los espectaculares avances en astronomía son los de espejo primario de entre 8 y 10 metros de diámetro. Los siguientes retos científicos debían, por tanto, contar con telescopios mayores, con un diámetro superior a los 20 o 30 metros. Recogiendo los estudios y anhelos de la comunidad investigadora en Europa, la ESO preparó un diseño novedoso para un telescopio gigante (el Extremely Large Telescope o ELT). El diseño de este telescopio, cuyo espejo principal mediría

39,3 metros de diámetro, concluyó en 2011, incluyendo la elección del lugar para su ubicación en Cerro Armazones. En 2012 el Consejo de la ESO aprobó la constitución del programa ELT y durante los dos años siguientes los estados miembros de la ESO confirmaron su compromiso con el programa, incluyendo los aportes financieros necesarios. Con la carretera de acceso a Cerro Armazones ya en construcción, el Consejo de la ESO autorizó el comienzo de la construcción del proyecto a finales de 2014. En 2020, y después de una revisión en profundidad de los costes de construcción del ELT y de los preparativos necesarios para su inserción como parte del Observatorio de Paranal, los estados miembros comprometieron una financiación adicional para el proyecto. El coste total del mismo es de 1.300 MEUR, sin contar las aportaciones a los instrumentos financiadas por los institutos de I+D y el apoyo organizativo de los servicios generales de la ESO. A fecha de hoy, el ELT es el único proyecto de esta clase que está completamente financiado. Es también el más potente de los que están en desarrollo y, con gran probabilidad, el primero que comenzará sus operaciones científicas a finales de 2027.

El ELT se ha concebido para romper las barreras que limitan nuestro conocimiento del Universo. Gracias a su gigantesca capacidad colectora y a la nitidez con la que podrá obtener imágenes usando la técnica de óptica adaptativa, el ELT podrá obtener imágenes de planetas como la tierra orbitando alrededor de estrellas como nuestro Sol; escrutar si en la atmósfera de algún exoplaneta hay trazas de actividad biológica; seguir las órbitas de estrellas todavía más cercanas al agujero negro gigante del centro de nuestra galaxia; observar las galaxias más lejanas cuyas estrellas comenzaron a brillar en los albores del universo, e incluso medir directamente cómo el universo acelera su expansión debido a la presencia

de la energía oscura. Estas son solo algunas pinceladas de la ciencia que el ELT hará posible.

Si bien las obras de construcción del ELT se han visto afectadas por el COVID-19, el proyecto está realizando importantes progresos. En cuanto a la obra civil en Cerro Armazones, se han completado las cimentaciones para el edificio auxiliar (de 110 metros de diámetro) y de la cúpula, que una vez instalada alcanzará los 80 metros de altura. En el propio Observatorio de Paranal se ha completado ya el ELT Technical Facility, una instalación en la que se realizarán las labores de apoyo técnico para el ELT, por ejemplo, el recubrimiento de los espejos con material reflectante.

Las componentes del ELT se están fabricando a buen ritmo, principalmente en industrias europeas. El espejo principal consta de 798 piezas hexagonales de vidrio que deben ser pulidas, insertadas y controladas en tiempo real para que funcionen colectivamente como un solo espejo. De estas piezas, ya se han entregado para pulir más de 200. Igualmente, los actuadores, sensores y demás elementos ópticos y de control están en avanzado proceso de fabricación. El ensamblaje del propio telescopio en Cerro Armazones comenzará tan pronto como la cúpula esté construida, hacia 2023/24.

El ELT estará equipado con instrumentos de última generación, que aprovecharán la gran superficie colectora y la agudeza visual que confiere el uso de la técnica de la óptica adaptativa. La primera generación de estos instrumentos está ya en avanzado desarrollo, siguiendo el modelo de éxito desarrollado para el VLT y el VLTI, a través de grandes consorcios internacionales de institutos de investigación juntamente con la ESO³.

3 Toda la información actualizada sobre el ELT se puede encontrar en <https://elt.eso.org>

Una vez terminada la construcción y puesta a punto del telescopio y de la primera instrumentación científica disponible, comenzarán las primeras observaciones científicas encaminadas a verificar que las prestaciones del equipamiento sean las previstas. Es de esperar que esa primera luz científica del ELT tenga lugar hacia finales de 2027.

EL ELT pasará a formar parte de la batería de telescopios que se operarán desde el observatorio de Paranal, juntamente con el VLT y el VLTI. Para poder realizar esta operación (que incluye no solamente las observaciones astronómicas, sino las intervenciones técnicas, el mantenimiento, etc.) de manera sustentable, la ESO está iniciando un ambicioso programa denominado *Paranal Integrated Operations Programme*. En concreto se está buscando cómo operar un coloso como el ELT, a la vez que el resto de los telescopios, usando herramientas modernas que incluyen digitalización de muchos procesos y técnicas de la cuarta revolución industrial. Con ello es de esperar que una parte importante de la ciencia e ingeniería de operación del observatorio de Paranal pueda ser apoyada remotamente desde Santiago o desde la sede de la ESO en Alemania, conteniendo la cantidad de personal que debe desplazarse al observatorio. De conseguirse este objetivo, se garantizará un uso más limitado de recursos naturales, se minimizará la generación de dióxido de carbono, se contendrán los costes y se podrá mantener un mejor balance entre vida personal y trabajo.

CTA (Cherenkov Telescope Array) Sur:

El futuro de la astronomía mas allá de la generación ELT

Los telescopios extremadamente grandes actualmente en construcción nos permitirán ver más lejos y con más detalles

En diciembre de 2018 se firmaron los acuerdos con el Gobierno de Chile que harán posible el acceso de la comunidad investigadora chilena e internacional al Cherenkov Telescope Array (CTA), el cual estará ubicado dentro de la zona del observatorio de Paranal y cuyas primeras obras de infraestructura se prevé que comiencen a principios de 2022.

que la generación de telescopios actual, mejorando nuestro entendimiento acerca de los problemas existentes. Sin embargo, un gran número de nuevos fenómenos y objetos hasta ahora desconocidos serán descubiertos por la generación del ELT, empujando las fronteras del conocimiento humano mas allá.

Aunque los grandes problemas de la astronomía del futuro sea un ejercicio difícil de predecir, es de esperar que su resolución precise combinar información de un gran número de telescopios de distinto tipo, observando el cielo con distintas capacidades. En particular, los fenómenos más energéticos que ocurren en el Universo, como explosiones de estrellas o el colapso de estas para formar estrellas muy compactas o agujeros negros, que generan una gran cantidad de radiación de alta energía. Se trata de rayos X o rayos gamma, que son otra forma de luz invisible al ojo, pero que puede detectarse a través de telescopios adecuadamente diseñados para ello.

Afortunadamente para la vida en la Tierra, la totalidad de los rayos X y rayos gamma que se producen en el Universo, nunca llegan a la superficie de nuestro planeta, gracias a la atmósfera terrestre. Esto hace que los observatorios astronómicos de rayos X y gamma estén en órbita, fuera de la atmósfera. Sin embargo, los rayos gamma más energéticos, y que proceden de los procesos más violentos que ocurren

en el cosmos, dejan unos destellos muy cortos de luz azul al desintegrarse en la atmósfera. Estos destellos se pueden observar desde la tierra mediante los llamados telescopios Cherenkov, evitando la necesidad de enviar los correspondientes dispositivos al espacio.

Después de varias décadas experimentando con baterías de telescopios Cherenkov y estudiando tan solo las fuentes cósmicas de rayos gamma más brillantes, se va a construir el primer gran observatorio de este tipo, llamado Cherenkov Telescope Array (CTA)⁴. CTA está constituido por varios socios internacionales, principalmente europeos, y la ESO. Constará de dos lugares de observación uno en el norte (en el Observatorio del Roque de los Muchachos en la isla de La Palma) y otro en el sur, ubicado dentro de la zona del observatorio de Paranal. La ESO será la encargada de operar la parte sur del CTA, para el que las primeras obras de infraestructura se prevé que comiencen a principios de 2022.

La selección de las dos ubicaciones siguió un proceso de evaluación en el que se tuvo en cuenta no solo la calidad del cielo, sino también la presencia y experiencia de la ESO en el caso del hemisferio sur. En diciembre de 2018, se firmaron los acuerdos con el Gobierno de Chile que harán posible el acceso de la comunidad investigadora chilena e internacional a este novedoso telescopio.

EN QUÉ BENEFICIA LA ESO A LA SOCIEDAD

La ESO es una organización con una misión muy claramente formulada en su Convención, perteneciente al ámbito científico. Los principales entregables de la organización

4 <https://www.cta-observatory.org/>

son el desarrollo de proyectos innovadores en telescopios e instrumentación, y la obtención de datos astronómicos de calidad. Sin embargo, los beneficios que la ESO genera a través de su actividad van mucho más allá de este ámbito. En el folleto *ESO's benefits to Society* (2021) se presenta un extracto del análisis llevado a cabo, en el que se analizan cómo las actividades de la ESO dan lugar a resultados en distintos ámbitos, dentro y fuera del científico, y estos, a su vez, dan lugar a impactos en la sociedad.

La rendición de cuentas de los beneficios que aportan las grandes infraestructuras de investigación (RIs del inglés *Research Infrastructures*) a la sociedad es cada vez más necesaria y se está, hasta cierto punto, estandarizando. Esto es totalmente lógico y justo: los estados realizan fuertes inversiones, utilizando para ello recursos públicos en estas RIs, que están además frecuentemente ubicadas fuera de su territorio. Es por tanto lógico que la sociedad, y sus representantes, posea toda la información necesaria acerca de impactos y beneficios de dichas RIs, cuya financiación tanto para su diseño y construcción como para su operación recae, en última instancia, en los impuestos recaudados por los poderes públicos. La ESO apoya plenamente esta necesidad y cree que una política de transparencia en este sentido refuerza a la organización y beneficia su comunión con la sociedad a la que sirve.

Para analizar y formular los beneficios que la ESO genera en la sociedad, se ha seguido de cerca la metodología desarrollada en el proyecto RI-PATHS⁵ a través de una colaboración con la compañía EFIS. Se han identificado impactos de la ESO en 5 grandes áreas:

⁵ <https://ri-paths-tool.eu/en>

* **Ciencia e ingeniería:** No es de extrañar, dada la misión de la ESO, que esta sea un área de gran impacto. Los telescopios e instrumentos que ha desarrollado la ESO durante su historia, y que hemos descrito en el capítulo anterior, son de una enorme complejidad y alcance técnico. Algunos de ellos han transformado la manera en la que se construyen los telescopios en todo el mundo, gracias a novedosas soluciones de ingeniería y a la colaboración entre científicos e ingenieros para su desarrollo.

Hay más de 17.000 artículos científicos que han utilizado datos de los observatorios de la ESO, y este número se incrementa en más de 1.000 cada año desde 2017. Entre los resultados obtenidos los hay realmente de una importancia e impacto capital, por ejemplo, los relacionados con los premios Nobel de Física otorgados en 2011 (por la expansión acelerada del Universo), en 2019 (por el descubrimiento de los primeros exoplanetas) y en 2020 (por el descubrimiento del agujero negro gigante en el centro de la Vía Láctea). Cada año se reciben unas 2.500 propuestas de observación astronómica para los telescopios de la ESO (principalmente por parte de investigadores de los estados miembros y Chile, aunque se valoran y otorgan también propuestas de observación a científicos de todo el mundo), que son valoradas y priorizadas por paneles de expertos internacionales. Gracias al archivo científico de la ESO, todos los datos son universalmente accesibles un año después de su obtención. A menudo, los mismos datos tienen una segunda vida a través del archivo y dan lugar a más de un artículo científico. Hay un total de más de 22.000 usuarios de los archivos científicos de la ESO registrados, repartidos en 130 países.

* **Economía e Innovación:** El diseño, construcción y operación de grandes RIs como los observatorios y telescopios

de la ESO, requiere muy a menudo soluciones innovadoras que se generan y desarrollan en cooperación con la industria especializada. Hay ejemplos de soluciones de ingeniería desarrolladas en este contexto que han sido pioneras, por ejemplo, en metrología o en láseres. Las industrias contratadas por la ESO desarrollan nuevas capacidades para hacer frente a los demandantes requisitos de los ambiciosos proyectos de la ESO. Así, no solamente hay una economía directa e indirecta generada por los proyectos, sino un valor añadido importante. La construcción del ELT, por ejemplo, significa contratar a las industrias (generalmente en Europa y Chile) por un monto total de más de 1.000 millones de Euros.

* **Generación de talento:** A través de sus múltiples programas, la ESO contribuye a la formación de nuevo talento en ciencia e ingeniería en áreas relacionadas con la astronomía. En los últimos 10 años han pasado por la ESO 260 estudiantes de doctorado, 150 investigadores postdoctorales y 90 pasantes en distintas áreas.

Más allá de contribuir a la formación, inserción laboral y establecimiento de contactos a nivel mundial de jóvenes profesionales, es frecuente encontrarse en puestos de alta responsabilidad a personas que se formaron parcialmente en la ESO en el pasado. El intercambio de conocimiento entre la ESO, sus estados miembros y Chile es un valor añadido muy importante de esta actividad.

* **Educación y difusión:** Comunicar la ciencia al gran público es, en parte, un deber para todas las instituciones financiadas públicamente que desarrollan o apoyan la investigación. La astronomía es una ciencia particularmente inspiradora y su difusión promueve vocaciones y carreras en Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas (STEM). La ESO desarrolla

una importante labor en la diseminación de la astronomía, siendo un referente a nivel mundial en la calidad e impacto de sus productos y actividades. Es imposible encontrar publicaciones relacionadas con la astronomía que no contengan referencia o imágenes de las instalaciones de la ESO o de los avances científicos que los observatorios han aportado. Sirva como ejemplo el evento que la ESO organizó en el observatorio de la Silla el 2 de julio de 2019, con ocasión del eclipse total de Sol, al que acudieron un millar de invitados. La relación entre ciencia y sociedad en todos sus estratos (comunidades locales, escolares, universitarios, visitantes de todo el mundo, autoridades políticas) se vio notablemente reforzada.

En la sede central de Garching, la ESO opera desde abril de 2018 el ESO Supernova Planetarium and Visitor Centre, un planetario de última generación, junto a una exposición permanente sobre astronomía. Hasta la fecha, y a pesar de los cierres y restricciones causados por el COVID-19, han visitado este centro más de 140.000 personas, entre ellos más de 16.000 escolares que han seguido programas educativos ofrecidos por nuestro personal. También más de 450 profesores de educación no universitaria han seguido cursos de preparación para poder explicar después astronomía en las aulas.

* ***Política y cooperación internacional:*** Siendo la ESO un referente internacional en astronomía desde tierra, el papel que juega la organización en lo que se conoce hoy día como “diplomacia científica” es de un gran alcance. Para empezar, como integrante de la ERA (European Research Area), la ESO juega un papel central en la organización de la astronomía europea, es interlocutora con poderes públicos y hace importantes aportaciones a la política científica europea. La ESO

forma parte de EIROForum⁶, un foro en el que colaboran e intercambian experiencias varias organizaciones internacionales europeas de ámbito científico. La especial colaboración entre la Agencia Espacial Europea (ESA) y la ESO en ciencia, desarrollo tecnológico y comunicación, es un importante valor añadido para ambos organismos.

Más allá del ámbito europeo, la ESO ejerce un importante rol como puente científico entre Europa y Sudamérica a través de su asociación con Chile. Dedicamos el siguiente capítulo a analizar en detalle esta colaboración.

Sin embargo, los retos de la ciencia y la sociedad son globales y tales deben ser las soluciones. Sirva como ejemplo la protección del cielo, ya sea frente a la contaminación lumínica, o frente a las mega-constelaciones de satélites que amenazan la observación astronómica tanto por telescopios ópticos como por radiotelescopios en tierra. La ESO mantiene actividades regionales, nacionales e internacionales con dicho objetivo. Por ejemplo, cofinanciando y apoyando la Oficina de Protección de la Calidad del Cielo del Norte de Chile (OPCC⁷) o como observador activo en el Comité sobre la utilización pacífica del espacio exterior (COPUOS⁸) de la Organización de las Naciones Unidas.

6 EIROForum está constituido por 8 organizaciones: CERN, ESA, ESO, EuroFusion, EMBL, ILL, ESRF y X-FEL <https://www.eiroforum.org>

7 La OPCC es una iniciativa en la que participan los Ministerios Chilenos de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación y Medio Ambiente, junto a las instituciones responsables de todos los observatorios astronómicos ópticos en Chile <http://opcc.cl>

8 <https://www.unoosa.org/oosa/en/ourwork/copuos/index.html>

COOPERACIÓN CON CHILE: MIRANDO HACIA EL FUTURO

Queremos dedicar particular énfasis en este artículo a la cooperación entre ESO y Chile, por la importancia que tiene y porque consideramos que quedan importantes páginas por escribir en el futuro con más y mejor cooperación. Es evidente que tanto la República de Chile como la ESO y sus estados miembros han experimentado cambios radicales desde que se celebró el Convenio de 1963, y también desde que en 1995 se rubricó el Acuerdo. En lo que respecta al potencial científico, en particular en astronomía, el avance ha sido espectacular. En los años 60 la astronomía chilena, que poseía ya una larga tradición, se vertebraba alrededor de un grupo de brillantes visionarios, entre ellos el profesor Federico Rutllant, Director del Observatorio Astronómico Nacional de Chile. Su estrecha relación con científicos europeos que acabaron desarrollando su carrera en Chile, como el Padre Bernardo Starischka o el Dr. Jürgen Stock, fue capital para sembrar los primeros laboratorios astronómicos naturales chilenos con telescopios avanzados a través del fomento de la cooperación internacional. Por otro lado, y como ya se ha comentado, una Europa rota por la Segunda Guerra Mundial buscaba su recomposición y otros astrónomos visionarios (ver Blaauw 1991, p. 2-3) trataban de promover la cooperación entre países europeos para hacer frente a la evidente ventaja con la que los astrónomos estadounidenses contaban en lo referente a telescopios.

Desde que en 1963 la ESO y Chile comenzaron ese fructífero camino conjunto, hubo vicisitudes en todos los ámbitos a ambos lados del océano, y también las propias relaciones entre las dos partes sufrieron altibajos. Pero una cosa es clara: los resultados de esta cooperación han sido enormemente beneficiosos entre ambas partes, lo siguen

siendo y el potencial futuro que guardan es todavía mayor. Una prueba importante de este progreso es que de aquel puñado de astrónomos visionarios de los años 60, Chile ha pasado a tener más de 250 astrónomos profesionales en 17 universidades, cuya producción científica coloca al país entre los más sobresalientes en esta disciplina.

La ESO ha confeccionado y publicado un informe titulado *Astronomía y Sociedad*, que resume la cooperación entre ESO y Chile en los últimos años. La estrecha relación que se ha establecido a lo largo de casi 60 años resulta de sucesivas decisiones por parte de la ESO de establecer, hasta la fecha, todos sus observatorios astronómicos en Chile, decisión respaldada por los consiguientes Acuerdos de Sitio rubricados con el Gobierno. Creemos que la ESO y Chile se pueden sentir solidariamente orgullosos de haber conseguido poblar esos laboratorios naturales para la astronomía presentes en el desierto de Atacama, con algunos de los más potentes observatorios. El potencial que posee Chile en la actualidad acumula también instalaciones promovidas y financiadas por otras instituciones, particularmente en de EUA y Asia.

En *Astronomía y Sociedad* se destacan entre otras las aportaciones de la ESO a la ciencia chilena, apoyando proyectos de investigación, a la educación y formación, las inversiones realizadas durante la construcción y operación de los telescopios y también, muy importante, a difundir la astronomía en la sociedad como un importante valor para Chile.

Como ya se ha explicado anteriormente, los beneficios de la ESO van mucho más allá de lo puramente científico. Chile no es en absoluto una excepción. Por referir un ejemplo, la ESO cuenta en la actualidad con unos 750 funcionarios, de los que 450 trabajan en Alemania y unos 300 en Chile. Una

cuarta parte de esos funcionarios son chilenos (unos 175 en Chile y unos 15 en Alemania), la mayoría ingenieras e ingenieros, junto a científicas y científicos, a personal administrativo y técnico en distintas disciplinas. La formación de talento en áreas relacionadas con la astronomía es fundamental para la ESO, pero también para Chile en su camino hacia una economía basada en el conocimiento, al que esperamos seguir contribuyendo. Chile es ya el país que mayor inversión anual recibe por las operaciones de la ESO, casi 70 millones de Euros anuales, y cuyas empresas consiguen hasta un 30% del total de las cantidades contratadas externamente, superando a todos y de cada uno de los estados miembros de la ESO.

En este contexto de beneficio mutuo y cooperación, cabe destacar la inminente firma de un acuerdo verdaderamente pionero entre ANID (Agencia Nacional de Investigación y Desarrollo) y la ESO para desarrollar proyectos de interés conjunto relacionados con el ELT en el Observatorio de Paranal. Estos proyectos estarán cofinanciados al 50% por ambas partes y el foco estará en nuevas tecnologías para digitalización, manejo de datos en ingeniería de operaciones, mantenimiento predictivo y, en general, desarrollo y aplicaciones de herramientas de Industria 4.0. Aparte de los beneficios inmediatos, este programa (que reserva una parte del personal contratado a los egresados de las universidades de la región de Antofagasta), resultará en una importante generación de talento en técnicas aplicables a muchos ámbitos de la actividad económica.

De gran importancia es el foco regional que la ESO está imprimiendo a su relación con la sociedad chilena. Más allá de las relaciones puntuales existentes desde hace años con las municipalidades de Taltal y San Pedro de Atacama, o con las universidades de Antofagasta y Católica del Norte, se ha

iniciado en 2021 una convocatoria destinada al desarrollo de actividades en las II y IV regiones, donde la ESO opera sus observatorios. Esta convocatoria reglada, en la que los gobiernos regionales preseleccionan los proyectos que el Comité Mixto ESO-Chile acabará otorgando, permitirá adoptar una visión más estratégica en la inversión regional aportada por la ESO. Con la creación del Ministerio de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación y el despliegue de las Seremías en macrozonas, existe ya un marco de prioridades y estrategias que la ESO tomará como referencia, contribuyendo por tanto al desarrollo regional de manera coherente.

Hemos vivido en primera persona la decisión, y subsiguiente acuerdo, de ubicar los dos más recientes proyectos astronómicos en suelo chileno: el ELT y CTA-Sur. En ambas decisiones han coincidido criterios técnicos (más críticos en el caso del ELT) y criterios operativos (de más peso en el caso de CTA-Sur), pero en ambos casos la importante historia conjunta que existe en el ámbito de la cooperación ha sido decisiva.

La astronomía en Chile se encuentra en un estado de madurez sin precedentes y con unos estándares internacionales envidiables. El siguiente nivel hacia el liderazgo internacional, combinando investigación científica con desarrollo de instrumentación y su operación, ha tenido sus primeros pasos en lo que se ha denominado en Chile “Astroingeniería”. En este sentido y para afianzar la astronomía chilena, sería muy deseable que se reforzara el apoyo institucional nacional, tanto financiero como estratégico. Y al igual como ocurre en sus estados miembros, la ESO puede servir de catalizador para estas iniciativas (por ejemplo, facilitando la participación de grupos chilenos en nuevos instrumentos para el VLT, VLTI o el ELT). Pero la clave ha sido y continuará siendo el apoyo financiero y estratégico del propio país.

El siguiente nivel hacia el liderazgo internacional ha tenido sus primeros pasos en lo que se ha denominado la “Astroingeniería”. En esta línea y con el objetivo de afianzar la astronomía chilena, sería muy deseable que se reforzara el apoyo institucional, tanto desde el punto de vista financiero como estratégico.

En última instancia, la cooperación entre la ESO y Chile no tiene más límite que el acceso de Chile como miembro de pleno derecho en la ESO, liderando mano a mano con el resto de los países que la conforman, esta aventura astronómica global. El camino hacia ese horizonte puede ser complejo, y abre muchas interrogantes a las que, sin duda, podremos dar respuesta desde el punto de vista del beneficio conjunto y la cooperación.

CLAVES: COOPERACIÓN INTERNACIONAL Y GOBERNANZA

Con sus muchas dificultades, es justo reconocer que la ESO ha tenido más éxitos que fracasos en su dilatada historia. No es fácil identificar los resortes que han permitido que, en los casi 60 años de existencia, haya conseguido desarrollar este conjunto tan ambicioso de proyectos. Pero está claro que han sido fundamentales la cooperación internacional y la gobernanza, cuyos aspectos más relevantes se enumeran a continuación.

El primer aspecto fundamental a reconocer es que la ESO no es la oficina de un proyecto, sino una organización que desarrolla proyectos y entrega datos científicos. A lo largo de los años la ESO ha adquirido las competencias y capacidades técnicas y de gestión en todos los aspectos necesarios para construir y operar grandes y potentes telescopios astronómicos y sus instrumentos.

Que ESO sea un Organismo Intergubernamental significa que su Convenio y los protocolos anexos, fueron no solo aprobados por los gobiernos, sino que también ratificados por los parlamentos de cada uno de sus estados miembros. Esto otorga a ESO una gran solidez y potencial, ya que reconoce el compromiso de todos y cada uno de los estados miembros, con sus objetivos y con su financiación. En uno de dichos protocolos se estipula cómo se aporta la financiación de las actividades de la ESO entre sus estados miembros, esencialmente en proporción al producto interior bruto. Siendo posible que cada estado pudiera elegir en qué programas participar, es una fortaleza importante que todos participen en todos los programas de la ESO.

En la ESO no existen cuotas entre sus estados miembros. Eso significa que no hay una reserva de tiempo de observación para cada estado miembro (sí para Chile, en virtud de los acuerdos existentes), tampoco para el retorno industrial o para el personal. En consecuencia, los beneficios que cada país obtiene son función del esfuerzo e inversiones nacionales. Los estados miembros con una comunidad investigadora en astronomía más activa y con mayor calidad obtendrán competitivamente más tiempo de observación. Aquellos que desarrollen una política encaminada a apoyar una economía basada en el conocimiento y el valor añadido, obtendrán más y mejores contratos industriales. Desde la organización, nuestra función es apoyar iniciativas en los estados miembros que les conviertan en más competitivos.

El órgano de gobierno de la ESO es su Consejo, en el que están representados todos los estados miembros. Aquí se discuten y toman acuerdos de índole estratégico, administrativo y científico. El hecho que las delegaciones tengan dos miembros, uno de los cuales debe ser forzosamente un científico,

confiere al Consejo una gran operatividad. La conexión entre ciencia y poderes públicos que se establece en las discusiones y acuerdos en el Consejo de la ESO es quizás una de las divisas más importantes del organismo. Esta dinámica en la gobernanza de la ESO conduce a que los estados miembros tomen como prioritario el desarrollo conjunto de ambiciosos proyectos que no serían posibles de forma individual, por encima de los legítimos intereses nacionales de cada uno. Esta es una característica muy distintiva de la ESO en el contexto de los organismos internacionales de ámbito científico.

Lógicamente no todo es fácil en este modelo de gobernanza. Por ejemplo, empezar un nuevo gran proyecto (como un nuevo telescopio) es un proceso lento y progresivo. Hay que convencer a todos los gobiernos de los estados miembros que la inversión necesaria está justificada.

Sirva como ejemplo el caso de los tres proyectos de Telescopio Extremadamente Grande que existen en la actualidad: dos liderados por instituciones estadounidenses (GMT Giant Magellan Telescope y TMT Thirty Meter Telescope) y el ELT de la ESO. El inicio de los proyectos GTM y TMT fue mucho más rápido que el del ELT, entre otros motivos porque el consejo de la ESO no autorizó iniciar la construcción hasta que no se comprometiera el 90% de los fondos necesarios para la primera fase del proyecto. A pesar de ese retraso inicial, hoy día el ELT tiene consolidada su financiación completa y se encamina a ser no solo el mayor y más potente de los tres telescopios, sino también el primero en iniciar sus observaciones científicas (actualmente previstas para finales de 2027).

CONCLUSIÓN

El futuro de la ESO pasa por modernizar sus infraestructuras, operando sus observatorios de manera sostenible desde el punto de vista financiero, social y medioambiental. Asimismo, en la era de la astronomía multi-mensajero, es imprescindible continuar desarrollando algunos de los proyectos más ambiciosos, con el fin de consolidar el liderazgo en astronomía. En un contexto de continua sofisticación y creciente complejidad de la infraestructura de investigación astronómica, no es descartable que en un futuro la ESO inicie caminos de desarrollo de grandes telescopios astronómicos no solamente dentro de suelo chileno. Sea como sea, la ESO quiere recorrer este prometedor futuro junto a Chile.

BIBLIOGRAFÍA

- Astronomía y Sociedad (2021). Resumen de la Cooperación entre ESO y Chile 2020. Recuperado de: https://www.eso.org/public/archives/brochures/pdf/brochure_0077.pdf
- Blaauw, A. (1991). ESO's early history. European Southern Observatory. Recuperado de: https://www.eso.org/sci/libraries/historicaldocuments/ESO_Early_History_Blaauw/ESO_Early_History.pdf
- ESO (2021). ESO's benefits to society. Recuperado de: https://www.eso.org/public/archives/brochures/pdf/brochure_0076.pdf
- Madsen, C.(2012). The Jewel on the Mountaintop, Wiley-VCH. Recuperado de: https://www.eso.org/public/archives/books/pdf/book_0050.pdf
- Schilling, G. y Christensen, L.(2021). Europe to the stars, Wiley-VCH. Recuperado de: https://www.eso.org/public/archives/books/pdf/book_0051.pdf

ANEXO FOTOGRÁFICO



Esta foto, tomada durante los discursos luego de la inauguración del Observatorio de La Silla el 25 de marzo de 1969, muestra en primera fila, de izquierda a derecha: Otto Heckmann (Director General de ESO), Gabriel Valdés S. (Ministro de Relaciones Exteriores de Chile), Olof Palme (Ministro de

Educación de Suecia), Eduardo Frei Montalva (Presidente de la República de Chile) y Jan Hendrik Bannier (Presidente del Consejo de ESO). https://www.eso.org/public/images/lso_inauguration_03-69_2/

Fuente: ESO.

Vista panorámica del Observatorio de La Silla durante el eclipse total del Sol que tuvo lugar el día 2 de julio 2019, año que el observatorio cumplió medio siglo de existencia. La foto captura el momento de la totalidad donde la Luna eclipse por completo el disco solar.



Fuente: ESO/R.Lucchesi



Fuente:
ESO/H. Heyer

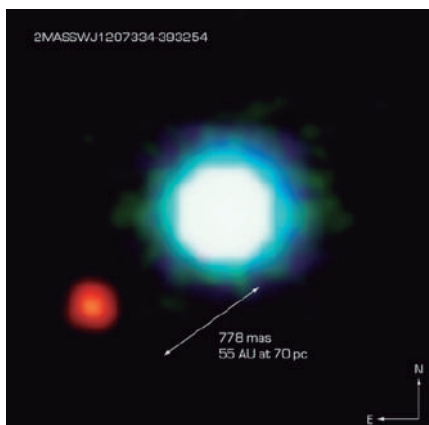
Vista aérea de los cuatro telescopios unitarios (UT por su sigla en inglés) del conjunto del Very Large Telescope. Antu (UT1) está en la parte superior izquierda, seguido de Kueyen, Melipal y Yepun en la parte inferior, con sus cuatro estrellas guía láser que forma parte de los sistemas de óptica adaptativa que corrigen las distorsiones creadas por los movimientos turbulentos de la atmósfera terrestre. En la imagen se ven tres telescopios auxiliares más pequeños que forman parte del interferómetro, así como el VLT Survey Telescope, uno de los dos telescopios de rastreo que operan en el Observatorio Paranal.

Majestuosa imagen nocturna del sitio de ALMA emplazado en el llano de Chajnantor a 5.000m de altitud en el Desierto de Atacama, a unos 50kms al este de San Pedro de Atacama, donde se ve el centro de la Vía Láctea sobre algunas de las 66 antenas componen el Observatorio ALMA. <https://www.eso.org/public/images/ann14045a/>



Fuente:
ESO/B. Tafreshi (twanight.org)

Primera imagen de un planeta afuera de nuestro sistema solar. En esta histórica imagen, el planeta gaseoso semejante a Júpiter orbita una estrella enana marrón (estrellas cuya masa es demasiado pequeña para prender la hornilla de la fusión nuclear en el interior de estrellas con más masa como nuestro Sol). La imagen fue posible gracias al avanzando sistema de óptica adaptiva del instrumento NACO, instalado en el telescopio UT4 del VLT. Ese sistema permite corregir las distorsiones generadas por la atmósfera terrestre, logrando una performance en el suelo semejante a tener el VLT el espacio.



Fuente: ESO



Una simulación gráfica del movimiento esperado de las estrellas que orbitan el agujero negro del centro de la Galaxia. Esos movimientos orbitales se midieron durante décadas con telescopios de

la ESO tanto en La Silla como en Paranal, demostrando la existencia de un agujero negro en el centro de la Vía Láctea. La mejora de la calidad y la diversidad de las mediciones han permitido testear (y comprobar) las predicciones de la Teoría de la Relatividad General de Einstein elaborada hace más de un siglo.

Fuente: ESO/L. Calçada/spaceengine.org



Fuente: EHT Collaboration

El Telescopio de Horizonte de Sucesos (EHT, Event Horizon Telescope, por su sigla en inglés), un conjunto de ocho telescopios basados en tierra, distribuidos por todo el planeta y formado gracias a una colaboración internacional de la cual forman parte ALMA y APEX. Fue diseñado para captar imágenes de un agujero negro. El día 10 de abril de 2019, los científicos del EHT en ruedas de prensa simultáneas alrededor del mundo, que incluyó a Chile, anunciaron la primera evidencia visual directa de un agujero negro supermasivo y su sombra.

Esto es lo más cerca que podemos estar de una imagen del propio agujero negro, un objeto totalmente oscuro del que la luz no puede escapar. El límite del agujero negro -el horizonte de sucesos del que el EHT toma su nombre- es aproximadamente 2,5 veces más pequeño que la sombra que proyecta y mide casi 40.000 millones de kms. Aunque puede parecer grande, este anillo se extiende solo unos 40 microsegundos de arco, lo que equivaldría a medir la longitud de una tarjeta de crédito sobre la superficie de la Luna.

La Subsecretaria de Relaciones Exteriores de Chile, Carolina Valdivia Torres, y el Director General de ESO, Xavier Barcons, firman un acuerdo que permite a ESO albergar el CTA-Sur en el Observatorio Paranal como un programa de ESO. <https://www.eso.org/public/images/eso1841c/>



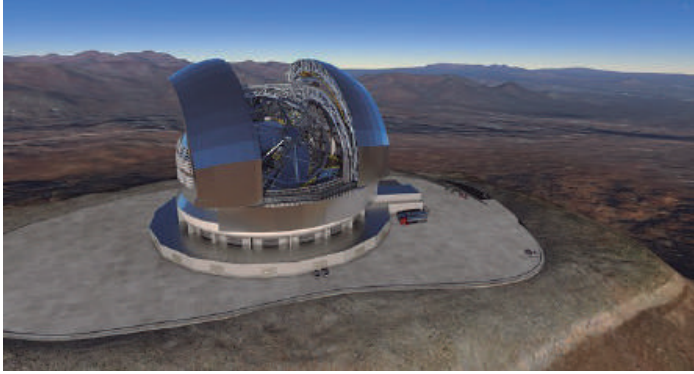


Los participantes de la Escuela Observacional de Verano del Observatorio La Silla 2020. Esta proporciona formación práctica en el uso de telescopios e instrumentos astronómicos para estudiantes de maestría y doctorado. Tiene una duración de

dos semanas y es organizada por la Oficina de Ciencia de ESO y el Observatorio de La Silla. Veinte estudiantes de doctorado y maestría de varios países participan de conferencias sobre diversos modos de observación e instrumentación, pero también sobre cómo preparar presentaciones científicas, gestión del tiempo y redacción de propuestas eficaces y la elección de la carrera profesional. En el observatorio, los estudiantes pasan por todo el proceso de discutir las estrategias de observación, realizar las observaciones, reducir y analizar los datos y, finalmente, presentar los resultados. <https://www.eso.org/sci/publications/messenger/archive/no.180-jun20/messenger-no180-46-49.pdf>

El Presidente de la República de Chile, Sebastián Piñera y la Primera Dama Cecilia Morel junto con otros invitados durante su visita al Observatorio La Silla de ESO con motivo de la celebración del eclipse total solar del 2 de julio de 2019 y del 50 aniversario del Observatorio.





Representación gráfica del futuro Telescopio Extremadamente Grande (ELT). El ELT, con su espejo primario de 39m y su sistema avanzado de óptica adaptiva, será el telescopio óptico más grande jamás construido. Gracias a su calidad óptica, su área colectora y su gama de instrumentos científicos, el ELT revolucionará el conocimiento humano en varios ámbitos, trayendo respuestas a cuestiones fundamentales como el origen de las galaxias y estrellas, de qué está hecho el Universo y si hay vida en otros planetas.

El equipo de Mantenimiento, Apoyo y Ingeniería (MSE, por su sigla en inglés) del Observatorio Paranal una vez completado el proceso de limpieza y re-aluminizado del espejo principal del telescopio UT2 en Paranal (septiembre de 2021). Esta operación es necesaria para que los telescopios mantengan su máximo poder para captar la luz de los objetos celestes. Es una de las más complejas y arriesgadas operaciones que realiza el equipo de MSE de Paranal y requiere una gran coordinación, conocimiento técnico y trabajo en equipo.



Fuente: E. Garcés

El significado de efectuar ciencia antártica en Chile

*Rodrigo Waghorn**

El 4 de diciembre de 2021 se inauguró en la base científica conjunta Glaciar Unión¹, el primer sensor climatológico de la red de sensores de la gradiente latitudinal antártica. Este sensor junto a los otros 20 que se instalarán en los próximos años, durante las expediciones científicas antárticas del Instituto Antártico Chileno (INACH), entregarán datos al Observatorio de Cambio Climático (OCC), del Ministerio de Ciencia, Tecnología, Innovación y Conocimiento para compartir información científica de manera abierta para una mejor comprensión del cambio climático.

El mismo 4 de diciembre de 2021, alrededor de las 4 de la mañana, mientras se ultimaban detalles para conectar

* Director de Antártica del Ministerio de Relaciones Exteriores de Chile.

1 Se gestiona de forma conjunta por el Estado Mayor Conjunto de la Defensa Nacional, las tres ramas de las FF.AA. y el INACH. Destaca como el primer asentamiento nacional ubicado al interior del círculo polar antártico, en la Antártica profunda, compartiendo dicha categoría junto a la base americana Amundsen-Scott y la base china Kunlun.(Fuente: www.inach.cl)

el primer sensor climatológico de esta red en el Territorio Chileno Antártico, el astrónomo nacional Patricio Rojo, observaba en el mismo Glaciar Unión el eclipse total de sol, fenómeno que ocurre en el continente blanco cada 20 años aproximadamente (1921, 1939, 1957, 1985, 2003) y que permite conocer mejor el comportamiento del sol y su influencia en los fenómenos terrestres.

Este esfuerzo de la ciencia antártica por la astronomía no es casual. Precisamente fue la astronomía la que abrió las puertas a la actividad científica polar. Así lo relata Jorge Berguño cuando hace referencia a la efervescencia de la observación astronómica a fines del siglo XIX, específicamente para el llamado Tránsito de Venus² en los años 1874 y 1882. Esto coincide con la celebración del Primer Año Polar (1882-1883)³. La ciencia buscaba en los polos, las respuestas a fenómenos que recién se comenzaban a comprender⁴.

El desafío científico en la Antártica no es un hecho nuevo, ni solamente una reacción ante la urgencia del Cambio Global ni al creciente rol de nuestro país en la observación astronómica desde el norte de Chile. Nuestro país siempre ha estado comprometido con la ciencia antártica. Un ejemplo de ello es el apoyo que el Gobierno de Chile le entregó al Reino de Suecia para la expedición de Otto Nordenskjöld a principios

2 Es importante notar que uno de los proyectos más importantes para la observación del tránsito de venus en el hemisferio sur fue la ubicación de un punto de observación en las cercanías de Santiago, creándose para esos efectos en 1852, el Observatorio Astronómico Nacional con el apoyo del rector de la Universidad de Chile, don Andrés Bello.

3 Se deben tener en cuenta también como antecedente los descubrimientos de Edmund Halley y las expediciones del Capitán de la Marina Británica, James Cook, que tenían como sustento la observación astronómica.

4 BERGUÑO, Jorge, en Steps of Foundation of Institutionalized Antarctic Research, Proceedings of the 1st SCAR Workshop on the History of Antarctic Research Bavarian Academy of Sciences and Humanities, Munich (Germany), 2-3 June, 2005, Editado por Cornelia Lüdecke

del siglo XX y luego la primera Comisión Chilena Antártica creada en 1906 por el Ministro de Relaciones Exteriores. Uno de los objetivos de esa Comisión fue la organización de la primera expedición científica nacional, la que sería dirigida por Luis Risopatrón. Lamentablemente el terremoto de ese año impidió su realización. Sin embargo ese mismo año nuestro país sí participó por primera vez en un congreso sobre regiones polares, realizado en Bruselas⁵.

Estos primeros esfuerzos de Chile como naciente nación para participar en la ciencia antártica, tenían una justificación clara. Chile, a diferencia de las potencias que se acercaban a la Antártica en un afán de conquista y de búsqueda de riquezas o conocimiento, tenía una característica que diferenciaba a todos esos países. Chile es desde siempre una nación antártica, conectada en su geografía, su clima, su historia y su cultura.

Desde Punta Arenas partieron parte importante de las expediciones que se realizaron a fines del Siglo XIX y principios del XX, recibiendo a hombres notables como el francés Jules Sebastien Cesar Dumont D'Urville a bordo del Astrolabe en 1837, Adrian de Gerlache al mando de la expedición belga (1897-1899) en la que participaba el noruego Roar Admunsen, Robert Falcon Scott en 1904 y el mismo Shackleton al ser rescatado en 1916 de manera heroica por el Piloto Pardo.

Es así como Punta Arenas, hoy capital de la Región de Magallanes y Antártica Chilena, siempre se distinguió como puerta de entrada principal para la ciencia y las expediciones polares. Esto también ayudó a la creación de una consciencia nacional y política sobre la importancia de proteger desde temprano nuestros intereses australes y antárticos.

5 Waghorn, Rodrigo, en la Política Antártica Nacional y sus Desafíos. Revista Academia Diplomática Nro. 144, Diciembre 2021.

El Tratado Antártico, firmado el 1 de diciembre de 1959 por doce países, consagró a la Antártica como un continente para la paz y la ciencia, y protegió los derechos soberanos de los países reclamantes. Por esto mismo, los países con intereses antárticos debieron ajustar sus actividades, dándole preponderancia absoluta a las actividades científicas.

Con estos recuerdos históricos de la incipiente actividad antártica se refuerza la idea que la ciencia antártica siempre fue parte relevante (consciente o inconsciente) de la toma de decisiones de nuestro país sobre el rol que debía tener en el continente blanco. Sin ese afán de exploración científica de la llamada época heroica de la exploración antártica, en la búsqueda de los secretos de esta Terra Australis Incógnita, quizás habrían pasado muchos más años antes que las naciones se adentraran en las profundidades polares.

Chile, avanzado en el siglo XX, luego de la definición de los límites del Territorio Chileno Antártico en 1940⁶, daría comienzo a las actividades científicas chilenas en su territorio antártico. La consolidación de la presencia nacional, principalmente entre 1940 y 1955⁷, tiene su principal referente en el establecimiento en 1947 de la primera base permanente “Soberanía”, actualmente Arturo Prat, la que servirá de base a las primeras expediciones científicas antárticas. Hoy en día, el testimonio de estas primeras expediciones lo podemos admirar en el documental “El Continente de la Luz”, basado en las grabaciones que realizará el diplomático Oscar

6 Los límites definitivos del Territorio Chileno Antártico fueron establecidos el 6 de noviembre de 1940 entre los meridianos 53° y 90° de longitud Oeste, mediante el Decreto 1.747 firmado por el mismo Aguirre Cerda y su Canciller Marcial Mora. Así, el Territorio Chileno Antártico se extiende con una superficie de 1.250.257,6 kilómetros cuadrados.

7 Waghorn, Rodrigo, en la Política Antártica Nacional y sus Desafíos. Revista Academia Diplomática Nro. 144, Diciembre 2021.

Pinochet de la Barra en las primeras expediciones antárticas nacionales en 1947-1948 y 1949, en su rol de representante del Ministerio de Relaciones Exteriores⁸. En el documental se incluye la visita del Presidente Gabriel González Videla, primer mandatario del mundo en llegar a la Antártica.

La presión internacional sobre el futuro de estos territorios en el contexto de la Guerra Fría, llevarían a la decisión de establecer una serie de bases nacionales en varios puntos de la península antártica, que permitieron a Chile desarrollar una amplia gama de actividades, estableciendo una comunicación constante y estratégica entre el Chile continental y el antártico, que asimismo facilitaron los esfuerzos científicos. Chile ya integrado en el circuito de ciencia polar participó en el año Geofísico Internacional de 1957-1958. Nuevamente fue la ciencia y ese afán por el conocimiento, el que en un escenario geopolítico muy complejo logró aunar los esfuerzos para las negociaciones definitivas del Tratado Antártico, en la que la diplomacia chilena tuvo un rol clave⁹.

El Tratado Antártico, firmado el 1 de diciembre de 1959 por doce países, consagró a la Antártica como un continen-

8 El Continente de la Luz» es un compendio del registro original de las tres Primeras Expediciones Chilenas en la Antártica, llevadas a cabo entre 1947 y 1949, grabadas en 8 y 16 mm por Oscar Pinochet de la Barra.. La obra fue dirigida por el periodista y músico magallánico Rafael Cheuquelaf. Disponible en Youtube: <https://youtu.be/osFcQTmXiY>

9 Chile, tomando la iniciativa, recabó en 1947 por primera vez la opinión de Estados Unidos acerca de la conveniencia de una Conferencia Internacional Antártica, ante la que Washington señaló no considerarlo un tema prioritario. Un año más tarde, fue el mismo Estados Unidos el que propuso internacionalizar el continente antártico a través de un fideicomiso a cargo de Naciones Unidas. Chile manifestó su clara negativa y construyó una contrapropuesta de la mano del Profesor Escudero y luego de Enrique Bernstein (El Plan Escudero), el que logró destrabar las negociaciones entre las partes y que luego constituyó la base del artículo IV del Tratado Antártico, mediante cuya firma los países reclamantes han visto sus intereses soberanos protegidos. En Waghorn, Rodrigo, en la Política Antártica Nacional y sus Desafíos. Revista Academia Diplomática Nro. 144, Diciembre 2021.

te para la paz y la ciencia (artículos 1 y 2) y por otra parte se vieron protegidos los derechos soberanos de los países reclamantes (artículo 4). Por esto mismo, los países con intereses antárticos debieron ajustar sus actividades dándole preponderancia absoluta a las actividades científicas. Pasados 60 años desde su entrada en vigor, se puede afirmar que el Tratado Antártico es uno de los acuerdos multilaterales más exitosos en la historia de la humanidad, logrando, por una parte, mantener a la Antártica como un territorio libre de conflictos y transformándola, por otra parte, en un territorio dedicado a la actividad científica mundial y la cooperación. La diplomacia y la ciencia se tomaban de la mano y caminaban juntos en este desafío.

En Chile también ocurría este notable hecho. En 1963, a dos años de la entrada en vigencia del Tratado Antártico, se creó el Instituto Antártico Chileno (INACH), con el objetivo de organizar y dirigir la actividad científica antártica nacional. Esta acción visionaria desde el Ministerio de Relaciones Exteriores y en especial gracias al empeño del diplomático Oscar Pinochet de la Barra, posicionaba a la ciencia antártica como un elemento fundamental de la Política Exterior de Chile para la protección de los intereses antárticos nacionales y para una participación consistente al interior del Sistema del Tratado Antártico¹⁰.

Hoy, el Instituto Antártico Chileno con su sede en Punta Arenas desde año 2003, es un actor relevante en la actividad científica antártica a nivel mundial, generando también sinergias a nivel nacional para el desarrollo de la Política

10 INACH es un organismo técnico dependiente del Ministerio de Relaciones Exteriores. INACH se rige por el Estatuto Orgánico aprobado por el DFL 82, publicado en el Diario Oficial del 19 de marzo de 1979. Ver www.inach.gob.cl

Antártica Nacional a través de distintas instituciones que se involucran en el quehacer antártico.

Por otra parte, el Ministerio de Relaciones Exteriores, a través de la Dirección de Antártica, creada en 2011 y en conjunto con INACH, participan de manera activa en los distintos foros del Sistema del Tratado Antártico, en especial, las Reuniones Consultivas (RCTA), las del Comité de Protección Ambiental (CPA) y la Comisión para la Conservación de los Recursos Vivos Marinos Antárticos (CCRVMA), instancias en las cuales se ha desarrollado un liderazgo particular y una diplomacia propositiva para los desafíos antárticos y globales.

Fue este trabajo diplomático-científico el que permitió que Chile liderara en Viña del Mar (1990)¹¹ las negociaciones para el Protocolo al Tratado Antártico sobre Protección del Medio Ambiente, así como defender sus intereses en el proceso previo a este acuerdo en el que durante años se buscó regular las actividades mineras¹². También es muy destacable el trabajo científico que se realiza constantemente en el marco de la CCRVMA, en la que INACH participa en su Comité Científico y asesora la posición nacional para la toma de decisiones en la Comisión¹³.

11 La 11 Reunión Especial Consultiva del Tratado Antártico, se desarrolló en la ciudad de Viña del Mar entre el 19 de noviembre y el 6 de diciembre de 1990. El Presidente de la reunión fue el Embajador Oscar Pinochet de la Barra. Este encuentro tuvo como objetivo principal elaborar un documento global para la protección del medio ambiente antártico. Informe de la reunión se puede encontrar en <https://www.ats.aq/devAS/Meetings/Past/41>

12 La Convención para la Reglamentación de las Actividades sobre Recursos Minerales Antárticos (CRAMRA), fue firmada en 1988 por los países consultivos, pero no entró en vigencia al no ser ratificada por ningún Estado y al iniciarse las negociaciones del Protocolo Ambiental.

13 El Dr. César Cárdenas de INACH, es representante de Chile ante el Comité Científico de la CCRVMA y Presidente del Grupo de Trabajo de Manejo y Monitoreo de Ecosistemas.

Es en la CCRVMA donde Chile también ha destacado por su liderazgo con la propuesta conjunta chileno-argentina para el establecimiento de un Área Marina Protegida en la Península Antártica (AMPD1)¹⁴, la que desde 2018 se encuentra en proceso de revisión por parte de los miembros de la CCRVMA. Este trabajo es también un claro ejemplo del esfuerzo científico y diplomático para proponer soluciones ante los desafíos actuales, actuando también en el contexto de los desafíos geopolíticos y la protección de los intereses nacionales.

Por su parte INACH lidera por parte de Chile, la participación en otros foros internacionales tanto a nivel regional como global, los que permiten profundizar la cooperación entre los países y el esfuerzo ante los desafíos globales.

Hoy en día, la ecuación ciencia y diplomacia antártica es permanente y se ve reforzada tanto en el nuevo Estatuto Antártico Nacional (Ley 21.255)¹⁵ como en la Política Antártica Nacional 2021. En cuanto a la Ley, que entró en vigencia el 16 de marzo de 2021, en ella se consagran las actividades científicas y tecnológicas como parte integral del Programa Antártico Nacional (Art.9) y se refuerza el rol de planificación y coordinación por parte de INACH de la actividad científica antártica (Art.15).

14 Durante la 40 Reunión de la CCAMLR, Argentina y Chile presentaron un Documento de Apoyo (Background Paper), informando los últimos avances en la propuesta conjunta para el establecimiento de la AMPD1. El documento CCAMLR-40/BG/20, puede ser solicitado en el siguiente link: <https://www.ccamlr.org/en/ccamlr-40/bg/20>

15 Ley 21.255 que establece el Estatuto Antártico Nacional, promulgada el 21 de agosto de 2020 y publicada en el diario oficial el 17 de septiembre del mismo año. Entró en vigencia el 16 de marzo de 2021. https://www.minrel.gob.cl/minrel/site/docs/20190906/20190906113642/2a_ley_n_21_255___do_17_9_2020___establece_el_estatuto_chileno_antartico.pdf

Por su parte, la Política Antártica Nacional, aprobada el 16 de marzo de 2021 por el Consejo de Política Antártica¹⁶, reafirma la relevancia del uso pacífico de la Antártica, a través del desarrollo de la investigación científica y la generación de conocimiento de alto nivel e impacto global. Por otro lado, refuerza la necesidad de la generación de conocimiento ante la crisis climática actual y la necesidad de cambios urgentes en los próximos 9 años (SR15, IPCC, 2018). Se destaca en la Política, la relevancia estratégica de la Antártica ante la crisis climática como sensor y centinela climático¹⁷.

Estas claras definiciones se ven reflejadas en el Objetivo Estratégico Nro. 4 de la Política Antártica, con el que se busca “potenciar y desarrollar la investigación y la tecnología antártica en distintas áreas del saber, contribuyendo a intereses políticos, medioambientales y sociales, nacionales y globales, sobre bases de excelencia, siempre en el marco del Sistema del Tratado Antártico, a través de una institucionalidad nacional robusta”, destacando el rol que el PROCIEN de INACH tiene en ello, incluyendo también el esfuerzo constante orientado a la actualización de las líneas de trabajo del Programa Científico Nacional y a la renovación de la infraestructura y equipamientos logístico-científicos en el Territorio Chileno Antártica.

16 El Consejo de Política Antártica (CPA) es un órgano establecido en el Estatuto del Ministerio de Relaciones Exteriores (Ley 21080) y regulado por un reglamento aprobado mediante el Decreto 34 promulgado el 2 de marzo de 2020. Según el Art. 1 de su reglamento, el CPA “tendrá por función proponer al Presidente de la República, entre otras, las bases políticas, jurídicas, científicas, económicas, medioambientales, logísticas, deportivas, culturales y de difusión de la acción nacional en la Antártica, y proponer los grandes lineamientos de la Política Antártica Nacional”.

17 Política Antártica Nacional 2021, aprobada en el Palacio de la Moneda el 16 de marzo de 2021 por el Consejo de Política Antártica. Se puede revisar en el sitio web de la Dirección de Antártica del Ministerio de Relaciones Exteriores: <https://www.minrel.gob.cl/minrel/politica-externor/direccion-antartica/nacionales>

Por su parte, el Plan Estratégico Antártico 2021-2025¹⁸, contiene las tareas para que los distintos actores nacionales que participan en este esfuerzo cumplan con los objetivos planteados en la Política. Entre las 103 tareas que contiene el Plan, hay algunas de especial relevancia para el desarrollo de la actividad científica antártica, como por ejemplo las siguientes:

* Renovar las bases científicas de INACH y avanzar en la instalación del Observatorio de Cambio Climático y continuar desarrollando el Programa Nacional de Ciencia Antártica, fortaleciendo la cooperación internacional en cuanto a los intereses nacionales.

* Consolidar el proyecto del Centro Antártico Internacional y otros proyectos para fortalecer la capacidad antártica de la Región de Magallanes y de la Antártica Chilena.

* Finalizar la construcción y entrada en operación del rompehielos nacional, avanzando hacia la adquisición de aeronaves con capacidades antárticas y estudiar la factibilidad de contar con un segundo rompehielos.

* Organizar la reunión de SCAR's Open Science Conference and Biennial Meetings in 2024 en Pucón y Punta Arenas (Principal evento mundial sobre ciencia antártica)¹⁹.

18 Plan Estratégico Antártico 2021-2025 aprobado en reunión extraordinaria del Consejo de Política Antártica, el 30 de junio de 2021: Se puede revisar en el sitio web de la Dirección de Antártica del Ministerio de Relaciones Exteriores: <https://www.minrel.gob.cl/minrel/politica-externor/direccion-antarctica/nacionales>

19 <https://minrel.gob.cl/news/chile-will-host-the-largest-antarctic-science-meeting>

* Continuar con los esfuerzos diplomáticos y científicos para la aprobación del Área Marina Protegida en el Dominio 1.

Hemos podido ver, como en la historia antártica de Chile, la colaboración entre diplomacia y ciencia, no han sido solamente un desafío, sino que una realidad latente y muy efectiva. Sin la labor diplomática constante por parte de Chile para proteger sus intereses antárticos, no podríamos contar con la posibilidad que hoy tenemos de proteger y comprender la antártica. Sin la ciencia, los investigadores y el destacado trabajo de INACH, la diplomacia no sería capaz por sí mismo de participar en los procesos de gobernanza global de la Antártica. Son dos actividades que han recorrido un camino conjunto y que seguirán enfrentando importantes desafíos.

Uno de ellos y quizás el principal es el del Cambio Climático. Qué dudas quedan sobre la importancia de que los países se sumen de manera urgente al esfuerzo global para comprender y contener este fenómeno producido por el ser humano. Como ha sido repetido en innumerables ocasiones, ningún país puede resolver este problema por sí solo.

Chile ha sido un actor relevante en estos esfuerzos, a través de importantes contribuciones para fortalecer los espacios de diálogo y los acuerdos y también en las propias ambiciones climáticas a las que se ha comprometido nuestro país en el marco del Acuerdo de París (2015).

Por su parte, el Instituto Antártico Chileno (INACH), institución dependiente del Ministerio de Relaciones Exteriores, desde hace algunos años viene resaltando en los foros internacionales, incluyendo la COP25, la urgente necesidad de medir los impactos del cambio climático en la gradiente

latitudinal antártica. Así se destaca en las publicaciones de INACH desde 2015, como en su participación en el diseño de la Hoja de Ruta para la Investigación Antártica (Horizon Scan), la que ha sido sometida a un permanente seguimiento y revisión gracias a la colaboración científica internacional²⁰.

En esta Hoja de Ruta, se refleja la evidencia de la interconexión y del impacto que tiene en la comprensión del Cambio Climático, la Antártica y los fenómenos físicos, ecosistémicos y ambientales asociados a ella.

Su mejor comprensión e incorporación en la matriz de decisiones políticas ambientales y diplomáticas aparecen entonces, como un desafío prioritario, en el que Chile debe tener un liderazgo internacional, como lo ha hecho siempre en cada uno de los desafíos que nos ha presentado la Antártica, geopolíticos, diplomáticos y ambientales. Un gran paso adelante en este asunto ha sido la inauguración del primer sensor climático de la red latitudinal de 21 sensores que se instalará en la Península Antártica y que entregará información al Observatorio del Cambio Climático (OCC) que desde Chile contribuirá a una mejor comprensión de los cambios globales.

Es precisamente este esfuerzo conjunto a nivel nacional el que entrega el sentido exacto a la ciencia que se realiza en la Antártica, la que tiene un carácter soberano, pero a la vez de cooperación hacia los desafíos globales.

La ciencia y la diplomacia antártica seguirán trabajando juntos en todos los proyectos y desafíos que se presentan, como lo será la construcción y puesta en marcha del Centro Antártico Internacional, el que albergará a científicos de

²⁰ Kennicut, Chown, Revista BACH 38 Nro. 2, 2021.

todo el mundo transformando a Punta Arenas en un polo de desarrollo antártico sin precedentes. Asimismo, en el contexto geopolítico en torno a los polos y el mayor interés que generará un eventual uso de la antártica para fines económicos, la única respuesta para continuar por la senda de protección de la Antártica y de los intereses nacionales será un sólido discurso diplomático científico que dé cuenta del liderazgo de nuestro país en este tema y permita a través de los foros multilaterales del Sistema del Tratado Antártico una clara decisión de continuar en la senda de paz y cooperación trazada hace más de 60 años.

Áreas Marinas Protegidas: un desafío global de sostenibilidad oceánica

César A. Cárdenas*

La Comisión para la Conservación de los Recursos Vivos Marinos Antárticos (CCRVMA) es un acuerdo conexo que integra el Sistema del Tratado Antártico, que fue establecida en 1982, en respuesta al creciente interés por la explotación de kril antártico (*Euphausia superba*) y a la sobreexplotación reciente de varias especies antárticas.

La CCRVMA -formada por 26 países miembros- es responsable de velar por la conservación de la fauna y flora en el océano Austral, basada en la mejor ciencia disponible. Para ello, la Comisión, organismo tomador de decisiones, es asesorada por las recomendaciones del Comité Científico y sus grupos de trabajo, que incluyen expertos en diversas áreas para tomar decisiones basadas en el principio precau-

* PhD en Biología Marina. Investigador del Departamento Científico, Instituto Antártico Chileno. También se desempeña en el Instituto Milenio Biodiversidad de Ecosistemas Antárticos y Subantárticos (MI-BASE). Es representante chileno en el Comité Científico-CCRVMA y coordinador del Grupo de Trabajo de Seguimiento y Ordenación del Ecosistema (WG-EMM).

Las AMPs en la CCRVMA tienen por objetivo contribuir a la conservación de la estructura y función de los ecosistemas, mantener la capacidad de adaptación frente al cambio climático y reducir la potencial introducción de especies exóticas como resultado de las actividades humanas.

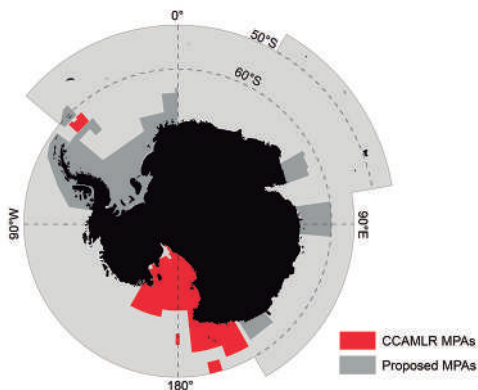
torio y enfoque ecosistémico. De esta manera, el trabajo de la CCRVMA a través de, por ejemplo, la implementación de un conjunto de medidas para evitar la mortalidad incidental de aves o el programa de monitoreo del ecosistema (CEMP), el sistema de Observación Científica Internacional (SISO) o la protección de ecosistemas marinos vulnerables (EMV), la han transformado en líder de la conservación y el uso sustentable de los recursos marinos.

Otra de las medidas reconocidas por la comunidad internacional fue su temprana decisión de establecer una red representativa de Áreas Marinas Protegidas (AMP) en el área de la Convención, la cual fue acordada y adoptada a través de una Medida de Conservación (91-04) en el año 2011, con el fin de conservar la biodiversidad marina en el Área de la Convención, siguiendo la decisión adoptada por la Cumbre Mundial de las Naciones Unidas Sobre Desarrollo Sostenible (WSSD) en 2002, para establecer una red de AMP para el año 2012. No obstante, en 2009 y en base a una propuesta del Reino Unido, la CCRVMA ya había adoptado (a través de la MC 91-03), la AMP de la plataforma de las islas Orcadas del Sur (94.000 kms.2), constituyendo así el primer paso al establecimiento de esta red (Figura 1).

A pesar de que la CCRVMA fue una de las primeras organizaciones internacionales que se comprometió a impulsar este tipo de medidas, el desarrollo e implementación de la ini-

Figura 1. Mapa del área de la Convención con las Áreas Marinas Protegidas propuestas (gris) y adoptadas (rojo) por la CCRVMA.

ciativa para establecer una red de AMP no ha tenido un camino fácil. Existen propuestas como la de Antártica Oriental (impulsada originalmente por Australia y Francia), y que, a pesar de que en 2011 el Comité Científico recomendó esta propuesta para ser considerada por la Comisión recalando que se fundamentaba en la mejor ciencia disponible, aún es discutida año a año en la Comisión, sin haberse logrado el consenso que permita su adopción.



En 2016 se logra establecer, a través de la adopción de la MC 91-05, la AMP de la región del Mar de Ross (AMPRMR), propuesta por Estados Unidos y Nueva Zelanda y que fue presentada por primera vez en 2012. Esta AMP posee una extensión mucho mayor que la AMP de la plataforma de las islas Orcadas del Sur, alcanzando aproximadamente los 2.09 millones de kms², de los cuales 1.6 millones de kms² están totalmente protegidos. Su diseño, incluye zonas de protección general (ZPG), en donde no se puede realizar pesca dirigida, mientras en otras zonas se puede realizar pescas de investiga-

ción, lo cual es una instancia clave, en una zona tan alejada como la Antártica, ya que el conocimiento adquirido a través de la utilización de plataformas pesqueras es vital para llevar vacíos del conocimiento sobre la ecología de especies clave como, por ejemplo, la austromerluza antártica (*Dissostichus mawsoni*) y también del kril antártico (*Euphausia superba*) (Brooks et al., 2021).

El establecimiento de la AMPRMR, considerada la primera AMP de gran tamaño y categorizada como zona de “alta protección”, ha sido destacada como un ejemplo de gobernanza multinacional (Brooks et al., 2021). Ahora bien, de acuerdo a la MC, al año de siguiente debía ser aprobado el Plan de Investigación y Monitoreo (PIM). Sin embargo, a la fecha esto no se ha logrado debido a la negativa de algunos miembros. No obstante, año a año se ha presentado el Plan, y si bien no ha sido aprobado oficialmente, las actividades de investigación relacionadas a los objetivos de la AMP organizadas por los distintos países que operan en el área, continúan desarrollándose, y en 2022 corresponderá realizar la primera revisión de las actividades de investigación relacionadas con la AMPRMR.

Otra propuesta que lleva muchos años de discusión es la presentada por Australia y la Unión Europea para establecer una AMP en Antártica Oriental. A su vez existen dos propuestas más que buscan establecer AMPs en el Mar de Weddell, la cual, en la actualidad, ha sido dividida en dos fases (fase 1 al oeste del meridiano 0° y fase 2 al este), a fin de avanzar en procesos paralelos en respuesta al planteamiento de un desbalance en la cantidad de información existente entre el área este y oeste del meridiano 0°. Finalmente, la propuesta chileno-argentina para proteger la Península Antártica (Dominio 1), considerada la más joven en el proceso, que también

se encuentra en etapa de discusión para su adopción desde el año 2018 y sobre la cual nos enfocaremos más adelante en este capítulo.

Las AMPs en la CCRVMA tienen por objetivo contribuir a la conservación de la estructura y función de los ecosistemas, mantener la capacidad de adaptación frente al cambio climático y reducir la potencial introducción de especies exóticas como resultado de las actividades humanas. Sin embargo, en años recientes las discusiones en torno a esta temática se han complejizado de manera significativa, básicamente por claras diferencias en las apreciaciones de los miembros sobre la conservación y el uso racional de los recursos y desde luego por visiones geopolíticas contrastantes (Gardiner, 2021; Hong, 2021), que no son el foco de este capítulo, por lo cual no serán abordados en detalle.

AMENAZAS

Antártica es un continente que está cambiando, siendo una zona que ha mostrado significativas modificaciones tanto en la atmósfera como en el océano. Estos cambios, influenciados por factores globales, han acarreado una serie de transformaciones físicas, como el calentamiento del océano, el colapso de plataformas de hielo, pérdida de hielo marino, retroceso de glaciares, acidificación del océano, entre otros (Morley et al., 2020). Se espera que muchos de estos factores aumenten su influencia por lo que crecerá también el riesgo de establecimiento o incremento de otras amenazas locales (Grant et al., 2021) asociadas a actividades antropogénicas (contaminantes, turismo, sobrepesca) y de origen biológico (especies exóticas invasoras), lo cual a la larga tendrá aún mayores efectos sobre los frágiles ecosistemas antárticos.

Gran parte de estos cambios ambientales son aún más evidentes en la península Antártica, en donde hoy en día existe evidencia de sus efectos en distintos niveles de la trama trófica, desde las comunidades planctónicas a los organismos predadores como aves (Casanovas et al., 2015; Lin et al., 2021; Trathan et al., 2020). Las actuales predicciones de cambio climático a nivel global y específicos para la Antártica sugieren que dichos cambios continuarán o aumentarán en las próximas décadas, afectando aún más no solo a las especies y ecosistemas, sino también a los servicios ecosistémicos (contribución directa o indirecta de los ecosistemas al bienestar humano) (Griffiths et al., 2017; Cavanagh et al., 2020; Brasier et al. 2021).

Por otro lado, si bien aún existe un debate en la literatura especializada sobre la tendencia a largo plazo en la biomasa de krill (Cox et al., 2018; Hill et al., 2019; Krafft et al., 2021), existen antecedentes que sugieren la ocurrencia de una contracción en la distribución del krill antártico hacia el sur de la península (Atkinson et al., 2019). Estos cambios en la distribución, sumados a un claro patrón de concentración de las capturas de la flota pesquera en áreas relativamente pequeñas y de manera constante (Santa Cruz et al., 2018), aumentarían el riesgo de competencia entre la flota y los organismos dependientes del krill bajo ciertas condiciones ambientales particulares (Watters et al., 2020; Krüger et al., 2021). Es por ello que desde 2019, la CCRVMA ha centrado sus discusiones en el Comité Científico y sus grupos de trabajo en desarrollar una nueva forma de manejo de la pesquería de krill, una más dinámica y que involucre tres componentes principales: estimaciones periódicas de biomasa y stock, además de evaluaciones de riesgo sobre los predadores dependientes del krill. Una vez adoptada, dicha estrategia debiese reemplazar a la Medida de Conservación 51-07, la cual expira a

finde de la temporada de pesca 2020/21 y que la Comisión, siguiendo la recomendación del Comité Científico, acaba de aprobar su extensión por un año más (2021/22). Esta medida es la que actualmente establece la distribución provisional de las capturas en el Área 48, decretando capturas máximas por subáreas de manera proporcional al límite de captura (660.000 toneladas) en cualquier temporada de pesca (48.1-25%, 48.2-45%, 48.3-45% y 48.4-15%). La extensión de esta permitirá que los investigadores que participan en los grupos de trabajo del Comité Científico, puedan afinar la estrategia que se espera sea implementada, en una primera etapa, en la subárea 48.1, para luego continuar su desarrollo en las otras subáreas. Si bien las capturas representan menos del 1% de la biomasa estimada para el Área 48, el incremento espacial y temporal de las capturas podría tener efectos en el ecosistema, por ello la nueva estrategia debería establecer límites de capturas a escalas especiales de menor tamaño, para asegurarse que la pesquería se maneje de una manera apropiada, reduciendo el riesgo para los predadores locales dependientes del kril.

De esta manera, la ciencia es la base fundamental para la toma de decisiones en el caso de la estrategia de manejo de las pesquerías y también para el diseño, implementación y monitoreo de las AMPs. Es así como la información de censos de poblaciones de pingüinos y medición de otros parámetros (enmarcados en el programa de seguimiento del ecosistema CEMP-CCAMLR Ecosystem Monitoring Program), que se suma a nueva información obtenida a través de seguimiento (tracking) de aves, nos ayuda a comprender de mejor manera las interacciones entre, por ejemplo, la pesca y las poblaciones de depredadores (Handley et al., 2020, 2021) para una mejor toma de decisiones que permitan manejar los recursos y evitar daños al ecosistema.

Si bien la Península Antártica es una de las regiones del continente de las cuales se tiene más información (Figura 2), aún existen importantes vacíos en diversas áreas del conocimiento, taxonomía y ecología de muchas especies (incluidas aquellas explotadas comercialmente), que ocurren en zonas y períodos menos muestreados por dificultades logísticas (acceso en época invernal), respuesta a nivel de especies y comunidades a los cambios ambientales, recuperación de especies sobreexplotadas en el pasado (algunas se han recuperado mientras que otras aún no). Es así como en muchos casos, como por ejemplo en la evaluación de stock de recursos pesqueros, todavía es considerada como un “*data-poor region*”.

Figura 2. Datos observacionales existentes en el Océano Austral agrupados y mapeados por la iniciativa Southern Ocean Observing System (SOOS). <https://www.soos.aq>



Esta situación se ha hecho patente en las discusiones asociadas al diseño de la nueva estrategia de manejo de la pesquería del kril, en donde se han identificado importantes vacíos, incertezas y falta de monitoreo que deben ser el foco de avances en el mediano y largo plazo. Esto no es raro, y está explicado por las dificultades logísticas asociadas a las

operaciones en complejas condiciones climáticas de las zona, las cuales se acentúan en los meses de invierno, lo cual las convierte en inaccesibles por vastas zonas del año, situación que ha sido identificada como uno de los grandes desafíos a superar en las próximas décadas (Kennicutt et al., 2016). A esto se suma la gran incerteza asociada a los efectos que tendrá el cambio global en futuras décadas sobre la biodiversidad y los recursos marinos antárticos, incriminando las incertezas existentes de manera significativa, lo que a menudo puede afectar el proceso de toma de decisiones. No obstante, estos vacíos en el conocimiento o incertezas asociadas a escenarios futuros no pueden ser pretexto para no tomar decisiones sobre la protección o el manejo de los recursos en Antártica.

Por esta razón, es muy importante tener una eficiente hoja de ruta que permita llenar esos vacíos, la cual, a su vez, debe ir acompañada de mensajes claros para los tomadores de decisiones a fin de tomar decisiones claras, adoptando un manejo precautorio y adaptar la protección y el uso de los recursos en la medida que se va generando nueva información (Press, 2021). Si bien en algunos casos el conocimiento disponible no permite tomar decisiones con porcentajes de confianza suficientes, es necesario seguir implementando el principio precautorio que nos permita proteger los ecosistemas, mientras mejoramos nuestro entendimiento sobre estos en la medida que se genera nuevo conocimiento y se adapta la forma en que se usan los recursos, disminuyendo al máximo los riesgos para el frágil y único ecosistema antártico.

A pesar de existencia de robusta evidencia de los cambios experimentados en el ambiente y las proyecciones de futuros escenarios y la importancia de las AMPs para otorgar resiliencia climática y oportunidades de adaptación a la biodiversidad (ej. Micheli et al. 2012), la CCRVMA aún

no ha enfocado sus esfuerzos en resaltar específicamente la significancia de las AMPs como herramienta de respuesta al cambio climático (Goldsworthy & Brennan, 2021). Una de las razones que incide falta de avances en la toma de acuerdos relacionados con las AMPs y otras medidas de protección, no necesariamente están relacionadas a una falta de evidencia. Por el contrario, están asociadas a posiciones políticas como, por ejemplo, la reinterpretación, por parte de algunos países, del artículo II de la Convención respecto de que “Conservación” incluye el uso racional de los recursos, entendiendo este último como un “derecho a pescar”, considerando así a la MPA como algo opuesto a este derecho (Gardiner, 2020).

Paralelamente a los esfuerzos políticos para solucionar la confrontación de este tipo de posiciones, se necesita trabajar de mejor manera y de forma mancomunada entre científicos y tomadores de decisiones, para aplicar el esquema ciencia-toma de decisiones, en donde evidencia robusta incentiva a los tomadores de decisiones a usarla, dictando políticas efectivas, mediante un proceso informado y comprometido (Chown & Brooks, 2019), el cual permita continuar en un proceso dinámico que posibilita la adaptación el manejo en base a nueva evidencia.

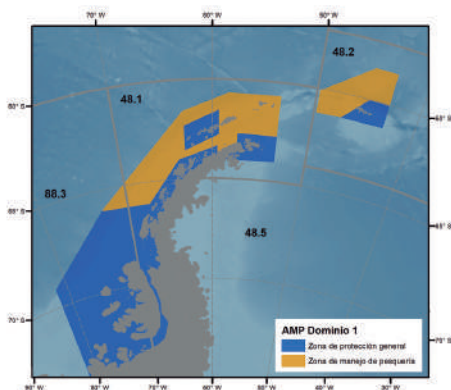
PROPUESTA PARA PROTEGER LA PENÍNSULA ANTÁRTICA OCCIDENTAL

Desde 2012, Chile y Argentina trabajan en el desarrollo de una propuesta para proteger la zona de la Península Antártica occidental y el sur del arco de Scotia (Dominio 1 de CCAMLR). Durante su desarrollo se han realizado diversos talleres internacionales y reuniones oficiales, en el marco de los grupos el trabajo y comité científico de la CCRVMA; además de reuniones diplomáticas, sobre las cuales se han

ido discutiendo diversas temáticas con todos los involucrados (científicos, tomadores de decisiones, organizaciones no gubernamentales e industria), así a partir de una primera propuestas de Áreas Prioritarias para la Conservación (SC-CAMLR-XXXVI/17) se avanzó en el desarrollo de un modelo de AMP, el cual ha sido discutido a partir de su presentación formal en 2017 hasta la fecha (SC-CAMLR-XXXVII/BG/08, 2018, CCAMLR-39/08 Rev. 1, 2020).

La propuesta de AMPD1 buscar proteger ambientes representativos, ecosistemas bentónicos (fondo marino) y pelágicos (columna de agua), preservar procesos ecosistémicos, proteger áreas clave para los ciclos de vida de peces y del zooplankton (incluido el kril), y áreas de distribución de mamíferos y aves marinas (Figura 3).

Figura 3. Propuesta de Área Marina Protegida en el Dominio 1 (AMPD1) de la CCRVMA



Como se ha señalado en párrafos anteriores, la AMPD1 se proyecta sobre una de las zonas del planeta que muestra los mayores cambios ambientales y, a su vez, es un área de

gran interés donde se desarrolla la pesquería del kril antártico (*Euphausia superba*), la cual es la pesquería del océano Austral más importante en términos de biomasa, llegándose a extraer más de 400 mil toneladas por año en las últimas temporadas. En este sentido, como señalo en secciones anteriores, se ha detectado un aumento en el riesgo de competencia con organismos dependientes del kril (por ejemplo, pingüinos y focas, entre otros) debido a la actual concentración de las capturas en zonas específicas de la península, como en el Estrecho de Bransfield, lo que se suma a los efectos en el ecosistema asociados al cambio climático, lo cual hace necesario aumentar la protección de estos de la zona, ante los cambios y las futuras amenazas asociadas.

La propuesta AMPD1 establece dos tipos de áreas de manejo: zonas de pesca de kril (ZPK) y zonas de protección general (ZPG). También establece que en las ZPK se podrá desarrollar pesca dirigida de kril de acuerdo a las MC vigentes que rigen dicha pesquería, además de otorgar algún tipo de medidas extras para la protección de ecosistemas bentónicos (límites de distancia entre superficie y calado de redes). En las ZPG, estará prohibida la pesca dirigida de kril, y solo se podrá realizar pesca de investigación de acuerdo a las medidas que la rigen y que establecen cuotas muy pequeñas y monitoreo respecto de los objetivos del proyecto. En el futuro estos tendrá un valor muy significativo para recabar información sobre el kril en zonas como el sur de la península (Figura 3). Las ZPG son vitales para la protección de muchos objetos de conservación de la propuesta como, por ejemplo, zonas de forrajeo para distintas especies de aves y mamíferos; zonas importantes para estadios tempranos de peces y kril, entre otras.

También son vitales para diferenciar entre aquellos efectos provocados directamente por influencia antropogénica de aquellos producidos por la variabilidad ambiental. Una ZPG es clave para otorgarles mayor oportunidad de adaptación a los organismos en ausencia de otros elementos estresores. Es así como podríamos entender de mejor manera, por ejemplo, qué factores están influenciando los diferentes patrones poblacionales que muestran algunas especies de pingüinos, en donde incluso dentro de una misma especie -dependiendo de la zona geográfica- algunas colonias presentan un decrecimiento mientras otras están estables o en aumento (www.penguinmap.com/mapppd). También son claves para los ecosistemas bentónicos a través de la captura y secuestro de carbono en el fondo marino (Barnes et al., 2018), así como en la protección de especies como el kril (Belcher et al., 2019; Cavan et al., 2019), las ballenas (Savoca et al. 2021) y su rol clave en los ciclos biogeoquímicos.

Por otro lado, desde el punto de vista del manejo de la pesquería, las ZPG (*no-take zones*), además de proteger a las especies y promover su recuperación, otorgan beneficios para los stocks pesqueros, incluso mejorando la productividad pesquera, permitiendo el desarrollo sinérgico y el aprovisionamiento de alimento para la sociedad y la conservación (Roberts et al., 2017; Cabral et al., 2020). De esta manera, AMPs bien diseñadas pueden otorgar una serie de beneficios, incluyendo: i) protección de los recursos pesqueros en escenarios de incertidumbre; ii) impulso de la producción de larvas y, por tanto, protegen a la población de adultos dentro de los límites del AMP y aumentan la biomasa en las áreas de pesca, además de facilitar el flujo genético; iii) reducción de la captura incidental, y iv) protección de las zonas importantes para reproducción y estadios tempranos de las especies y otros hábitats biológicamente sensibles que

apoyan la productividad de la pesca (Cabral et al., 2020). Este tipo de protección es vital ante la evidencia de nuevos estudios de modelamiento ecosistémico que sugieren una baja significativa en la biomasa animal global oceánica bajo escenarios de alta mitigación y alta emisión del IPCC (IPCC 2021) debido al alto calentamiento (Tittensor et al., 2021)

El escenario actual, influenciado por la pandemia del COVID-19, desde luego ha alcanzado a la CCRVMA, impactando fuertemente el proceso de discusiones y toma de decisiones. En 2020, los grupos de trabajo del Comité Científico tuvieron que adaptarse para comprimir sus discusiones -que en condiciones normales duran una o dos semanas- a un formato muy acotado de un par de horas diarias, sin la adopción de un reporte oficial con recomendaciones para el Comité Científico. Una situación no menos compleja sucedió en dicha reunión, en donde al momento de adoptar formalmente el reporte, la reunión se alargó en demasía y algunos miembros no quisieron continuar, por lo que, por primera vez en su historia, el Comité Científico no pudo adoptar en su totalidad su reporte. Esto obviamente acarreo un problema para la ya compleja discusión en la comisión en la cual por oposición de algunos miembros, no se pudo tratar temas como cambio climático o manejo espacial (que incluye temas de AMPs).

La situación en 2021 no ha sido más fácil, al contrario de lo que muchos pensamos -al creer que la experiencia de 2020 facilitaría el proceso- las discusiones se han complejizado aún más. Nuevamente ha sido muy complejo el proceso de planificación de reuniones y toma de acuerdos de la agenda a tratar.

Aún así, los grupos de trabajo han logrado avanzar en temáticas muy relevantes, como la nueva estrategia de manejo del kril y también, aunque nuevamente con oposición de algunos miembros, en temas relacionados a manejo espacial y cambio climático, los cuales esperamos puedan ser discutidos en el Comité Científico y posteriormente en la Comisión.

Por ello, en tiempos de pandemia, una de las aproximaciones tomadas por el equipo binacional que trabaja en la propuesta ha sido aprovechar el formato telemático para tener reuniones a nivel técnico-científico o diplomático para discutir algunos de los temas específicos en donde algunos países han planteado reparos respecto de la propuesta AMPD1.

INVESTIGACIÓN Y MONITOREO DE LA PENÍNSULA: UN MAR DE OPORTUNIDADES

De acuerdo a lo estipulado en la Medida de Conservación 91-04, una vez adoptada una AMP, la Comisión, asesorada por el Comité Científico, debe adoptar un plan de investigación y monitoreo (PIM) de esta, el cual incluye tres componentes: 1) investigación científica de conformidad con los objetivos específicos de la AMP; 2) otros estudios compatibles con los objetivos, y/o 3) seguimiento del grado en que se están alcanzando los objetivos específicos de la AMP. Por ser una AMP de la CCRVMA, es responsabilidad de todos sus miembros desarrollar actividades relacionadas con los componentes antes indicados. Para el caso de la AMPD1, el que el área sea un *hotspot* de actividades, se transforma en una fortaleza y una gran oportunidad para aumentar la investigación en un marco colaborativo. Hoy en día cerca de una veintena de programas antárticos nacionales (PAN) realizan actividades científicas en el área, por lo que el desarrollo

de un PIM para la AMPD1 formaría un tremendo marco de referencia para discutir y desarrollar investigación inter y transdisciplinaria, en donde además se compartan plataformas logísticas a fin de superar las complejidades asociadas al trabajo en Antártica (ej. alto costo, acceso) (Kennicutt et al., 2016) y poder abordar, de mejor manera, grandes preguntas que permitan mejorar el entendimiento de los ecosistemas del área y el seguimiento de los objetivos de conservación asociados a la AMPD1.

La actual propuesta de MC incluye una serie de elementos prioritarios de un PIM, agrupados en áreas como oceanografía, ecosistemas, pesquerías y cambio climático, los cuales deberán ser refinados y acordados una vez adoptada la propuesta para establecer la AMPD1. Para responder a las diversas preguntas de investigación se requerirá de esfuerzos mancomunados a distintos niveles, desde autoridades, administradores de PANs hasta investigadores polares, a fin de aprovechar las oportunidades que otorga este marco de investigación.

Nuestro país ha reforzado su rol de líder en la CCRVMA a través del trabajo en la propuesta conjunta con Argentina para establecer la AMPD1 para proteger los ecosistemas de la península Antártica oriental y el sur del arco de Scotia, los cuales están siendo afectados por el aumento de presión producido por el cambio climático y también las actividades humanas que se desarrollarán en las futuras décadas. Los desafíos que conlleva lograr su aprobación no son menores, pero el sólido proceso que comenzó en 2012 ha sido resaltado ampliamente a lo largo de su desarrollo por su transparencia, apertura y el reforzamiento de la interacción ciencia-toma de decisiones, y por ello es de esperar que el bloqueo por parte de algunos miembros hacia el avance en el proceso de esta-

blecimiento de una red de AMPs en el área de la CCRVMA pueda superarse. Una vez adoptado el establecimiento de la AMPD1, que permitirá otorgar protección a los muchos objetos de conservación, se acrecentará dicho rol. Pero este camino no termina con la adopción. Al contrario, abre un mar de nuevas oportunidades para la cooperación Antártica, el desarrollo de ciencia de punta que nos permita contestar las grandes preguntas que nos depara el futuro enfrentado a los cambios climáticos y también a aquellas que nos permitirán monitorear la eficacia de la AMP y mejorar el conocimiento de sus frágiles ecosistemas.

BIBLIOGRAFÍA

- Atkinson, A.; Hill, S.; Pakhomov, E., et al. (2019). Krill (*Euphausia superba*) distribution contracts southward during rapid regional warming. *Nature Climate Change* 9: 142 doi: 10.1038/s41558-018-0370-z
- Barnes, D.K.A.; Fleming, A.; Sands, C.J.; Quartino, M.L., & Deregibus, D. (2018). Icebergs, sea ice, blue carbon and Antarctic climate feedbacks. *Philos. Trans. R. Soc. A Math. Phys. Eng. Sci.* 376:20170176. doi: 10.1098/rsta.2017.0176
- Belcher, A., Henson, S. A., Manno, C., Hill, S. L., Atkinson, A., Thorpe, S. E., et al. (2019) Krill faecal pellets drive hidden pulses of particulate organic carbon in the marginal ice zone. *Nat. Commun.* 10, 1–8. doi: 10.1038/s41467-019-08847-1
- Brasier, M.J.; Barnes, D.; Bax, N.; Brandt, A.; Christianson, A.B.; Constable, A.J., et al. (2021). Responses of Southern Ocean seafloor habitats and communities to global and local drivers of Change. *Front. Mar. Sci.* 8:622721. doi:10.3389/fmars.2021.622721
- Brooks, C.M.; Bloom, E.; Kavanagh, A.; Nocito, E.S.; Watters, G.M. & Weller, J. (2021). The Ross Sea, Antarctica: A highly

- protected MPA in international waters. *Mar. Policy* 134: 104795.
- Cabral, R.B.; Bradley, D.; Mayorga, J.; Goodell, W.; Friedlander, A.M.; Sala, E.; Costello, C. & Gaines, S.D. (2020). A global network of marine protected areas for food. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 117 (45) 28134-28139; DOI: 10.1073/pnas.2000174117
- Casanovas, P.; Naveen, R.; Forrest, S.; Poncet, J. & Lynch, H.J. (2015). A comprehensive coastal seabird survey maps out the front lines of ecological change on the western Antarctic Peninsula. *Polar Biol*: 38, 927–940. doi.org/10.1007/s00300-015-1651-x
- Cavan, E.L, Belcher, A.; Atkinson, A., Hill, S. L., Kawaguchi, S., McCormack, S., et al. (2019) The importance of Antarctic krill in biogeochemical cycles. *Nat. Commun.* 10, 1–13. doi: 10.1038/s41467-019-12668-7
- Cavanagh, R. D., Melbourne-Thomas, J., Grant, S. M., Barnes, D.K.A., Hughes, K. A., Halfter, S., et al. (2020) Future risk for Southern Ocean ecosystem services under climate change. *Front. Mar. Sci.* 7:1224. doi: 10.3389/fmars.2020.615214
- CCAMLR-39/08 Rev. 1 (2020.) Revised proposal for a conservation measure establishing a Marine Protected Area in Domain 1 (Western Antarctic Peninsula and South Scotia Arc). Delegations of Argentina and Chile.
- Cox, M.J., S.; Candy, W. K. de la Mare, S. Nicol, S. Kawaguchi, N. Gales (2018) No evidence for a decline in the density of Antarctic krill *Euphausia superba* Dana, 1850, in the Southwest Atlantic sector between 1976 and 2016. *Journal of Crustacean Biology* 38: 656–661. doi:10.1093/jcabiol/ruy072
- Chown, S.L. & Brooks, C.M. (2019). The state and future of Antarctic environments in a global context. *Annual Review of Environment and Resources* 44:1, 1-30
- Gardiner, N.B. (2020). Marine protected areas in the Southern Ocean: Is the Antarctic Treaty System ready to co-exist with a new United Nations instrument for areas beyond national

- jurisdiction?. *Marine Policy* 122: 104212. doi: 10.1016/j.marpol.2020.104212.
- Goldsworthy, L. & Brennan, E. (2021). Climate change in the Southern Ocean: Is the Commission for the Convention for the Conservation of Antarctic Marine Living Resources doing enough?. *Marine Policy*, 130104549, doi: 10.1016/j.marpol.2021.104549.
- Grant, S.; Waller, C.L.; Morley, S.A.; Barnes, D.K.A.; Brasier, M.J. & Double, M.C. (2021). Local drivers of change in Southern Ocean ecosystems: human activities and policy implications. *Front. Ecol. Evol.* 26:624518. doi: 10.3389/fevo.2021.624518
- Griffiths, H.J.; Meijers, A.J.S. & Bracegirdle, T.J. (2017). More losers than winners in a century of future Southern Ocean seafloor warning. *Nature Climate Change* 7: 749-754
- Handley, J.; Rouyer, M.M.; Pearmain, E.J.; Warwick-Evans, V.; Teschke, K.; Hinke, J.T.; Lynch, H.; Emmerson, L.; Southwell, C.; Griffith, G.; Cárdenas, C.A.; Franco, A.M.A.; Trathan, P. & Dias, M.P. (2021). Marine Important bird and biodiversity areas for penguins in Antarctica, targets for conservation action. *Front. Mar. Sci.* 7:602972. doi: 10.3389/fmars.2020.602972
- Handley, J.M.; Pearmain, E. J.; Opper, S.; Carneiro, A.P.B.; Hazin, C.; Phillips, R.A., et al. (2020). Evaluating the effectiveness of a large multi-use MPA in protecting Key Biodiversity Areas for marine predators. *Divers. Distrib.* 26, 715–729. doi: 10.1111/ddi.13041
- Hill, S.L.; Atkinson, A.; Pakhomov, E., et al. (2019). Evidence for a decline in the population density of Antarctic krill *Euphausia superba* Dana, 1850 still stands. A comment on Cox et al. *Journal of Crustacean Biology* 39: 316 doi: 10.1093/jcbiol/ruz004
- Hong, N. (2021). China and the Antarctic: Presence, perception, and public diplomacy. *Marine Policy* 134: 104779. Doi:10.1016/j.marpol.2021.104779.

- IPCC (2021). Climate change 2021: The Physical Science Basis. <<https://www.ipcc.ch/assessment-report/ar6/>>
- Kennicutt, M.C.; Kim, Y.D.; Finnemore-Rogan, M.; Anandakrishnan, S.; Chown, S.L.; Colwell, S.; Cowan, D.; Escutia, C.; Y. Frenot, Y.; Hall, J.; Liggett, D.; McDonald, A.; Nixdorf, U.; Siegert, M.J.; Storey, J.; Wählin, A.; Weathewax, A.; Wilson, G.A.; Wilson, T.; Wooding, R.; Ackley, S.; Biebow, N.; Blankenship, D.; Bo, S.; Baesemann, J.; Cárdenas, C.A.; Cassano, J.; Danhong, C.; Dañobeitia, J.J.; Francis, J.; Guldahl, J.; Hashida, G.; Jiménez Corbalán, L.; Klepikov, A.; Lee, J.; Leppe, M.; Lijun, F.; López-Martínez, J.; Memolli, M.; Motoyoshi, Y.; Mousalle Bueno, R.; Negrete, J.; Ojeda Cárdenas, M.A.; Proaño Silva, M.; Ramos-García, S.; Sala, H.; Sheppard, P.; Shin, H.; Shijie, X.; Shiraishi, K.; Stockings, T.; Trotter, S.; Vaughan, D.G.; Viera Da Unha De Menezes, J.; Vlasich, V.; Weijia, Q.; Winthers, J-G.; Miller, H.; Rintoul, S. & Yang, H. (2016). Delivering 21st century Antarctic and Southern Ocean science. *Antarctic Science* 28(6): 407-423. DOI:10.1017/S0954102016000481
- Krafft, B.A.; Macaulay, G.J.; Skaret, G.; Knutsen, T.; Bergstad, O.A.; Lowther, A.; Huse, G.; Fielding, S. et al. (2021). Standing stock of Antarctic krill (*Euphausia superba* Dana, 1850) (Euphausiacea) in the Southwest Atlantic sector of the Southern Ocean, 2018–19, *Journal of Crustacean Biology* 41: ruab046, doi: 10.1093/jcbiol/ruab046
- Krüger, L.; Huerta, H.; Santa Cruz, F.; Cárdenas, C.A. (2021). Antarctic krill fishery effects over penguin populations under adverse climate conditions: Implications for the management of fishing practices. *Ambio* 50: 560. DOI 10.1007/s13280-020-01386-w
- Lin, Y.; Moreno, C.; Marchetti, A.; Ducklow, H.; Schofield, O.; Delage, E., et al. (2021). Decline in plankton diversity and carbon flux with reduced sea ice extent along the Western Antarctic Peninsula. *Nature Communications* 12, 4948. doi.org/10.1038/s41467-021-25235-w

- Micheli, F.; Saenz-Arroyo, A.; Greenley, A.; Espinoza Montes, J.A.; Rossetto, M. & De Leo, G.A. (2012). Evidence that marine reserves enhance resilience to climatic impacts. *PLoS ONE* 7:e0040832
- Morley, S. A.; Abele, D.; Barnes, D.K.A.; Cárdenas, C.A.; Cotté, C.; Gutt, J., et al. (2020). Global drivers on southern ocean ecosystems: changing physical environments and anthropogenic pressures in an Earth system. *Front. Mar. Sci.* 7:547188. doi: 10.3389/fmars.2020.547188
- Press, A.J. (2021). Science and policy interactions in assessing and managing marine ecosystems in the Southern Ocean. *Frontiers in Ecology and Evolution* 9:576047.
- Roberts, C.; O’Leary, B.; McCauley, D.; Cury, P.; Duarte, C.; Lubchenco, J., et al. (2017). Marine reserves can mitigate and promote adaptation to climate change. *PNAS* 114 (24) 6167-6175
- Santa Cruz, F.; Ernst, B.; Arata, J.A. & Parada, C. (2018). Spatial and temporal dynamics of the Antarctic krill fishery in fishing hotspots in the Bransfield Strait and South Shetland Islands. *Fisheries Research* 208: 157–166. doi:10.1016/j.fishres.2018.07.020.
- Savoca, M.S.; Czapanskiy, M.F.; Kahane-Rapport, S.R. et al. (2021). Baleen whale prey consumption based on high-resolution foraging measurements. *Nature* 599, 85–90. <https://doi.org/10.1038/s41586-021-03991-5>
- SC-CAMLR-XXXVI/17, (2017) Domain 1 Marine Protected Area Preliminary Proposal PART A-1: Priority Areas for Conservation. Delegations of Argentina and Chile.
- SC-CAMLR-XXXVII/BG/08 (2018) Updated background paper (2018) on the Domain 1 MPA. Part B: rationale of changes. Delegations of Argentina and Chile.
- Tittensor, D.P.; Novaglio, C.; Harrison, C.S. et al. (2021) Next-generation ensemble projections reveal higher climate risks for marine ecosystems. *Nat. Clim. Chang.* <https://doi.org/10.1038/s41558-021-01173-9>

- Trathan, P.N.; Wienecke, B.; Barbraud, C.; Jenouvrier, S.; Kooyman, G., Le Bohec, C., et al. (2020). The emperor penguin - Vulnerable to projected rates of warming and sea ice loss. *Biological Conservation*, 241, 108216. doi.org/10.1016/j.biocon.2019.108216.
- Watters, G.M.; Hinke, J.T. & Reiss, C.S. (2020) Long-term observations from Antarctica demonstrate that mismatched scales of fisheries management and predator-prey interaction lead to erroneous conclusions about precaution. *Scientific Reports* 10:2314.
- Schilling, G. y Christensen, L. (2021). Europe to the stars, Wiley-VCH. Recuperado de: https://www.eso.org/public/archives/books/pdf/book_0051.pdf

Gestión de riesgo y resiliencia ante desastres: una visión desde la institucionalidad. Avances, situación actual y desafíos futuros

*Ricardo Toro Tassara**

I. ANTECEDENTES GENERALES

Chile, conforme al Análisis de Riesgo Global elaborado por el Banco Mundial, es uno de los países miembros de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE) más expuestos a desastres de origen natural con el 54% de su población y el 12% del área total afecta a 3 o más tipos de amenazas¹. Las consecuencias de esta condición se manifiestan en dimensiones y escalas que impactan a toda la sociedad y comprometen el desarrollo sostenible del país, lo que implica necesariamente que la Reducción del Riesgo de Desastres (RRD) sea una prioridad de Estado.

La exposición a las amenazas naturales de origen geológico se debe a que el país se encuentra ubicado en el margen

* Director de la Oficina Nacional de Emergencia del Ministerio del Interior y Seguridad Pública, ONEMI.

1 Dilley, M. (2015). Natural disaster hotspots: a global risk analysis. World Bank Publications.

*El terremoto -con posterior tsunami- de Cobquecura
(del 27 de febrero de 2010) dejó en evidencia profundas fallencias del entonces Sistema Nacional de
Protección Civil (SNPC)*

oriental del cinturón de fuego del Pacífico, por lo que presenta una de las actividades volcánicas (asociadas al arco volcánico andino) y sísmicas más altas del mundo (mayor diversidad de fuentes sismogénicas). A ello, se debe agregar que conforme a lo que establece el Panorama de los Riesgos Globales 2020 elaborado por el Foro Económico Mundial, con relación a que los riesgos de más alta probabilidad de ocurrencia y de mayor impacto serán aquellos asociados a eventos climáticos extremos y ante los cuales nuestro territorio, de acuerdo con la Convención del Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático, es calificado como “altamente vulnerable”, ya que cumple 7 de los 9 criterios de vulnerabilidad².

Nuestro país, de acuerdo con sus características geográficas, económicas y culturales, ha enfrentado las manifestaciones de estas y otras amenazas, con la estructura del Estado y con la acción coordinada de los integrantes del Sistema Nacional de Prevención y Respuesta ante Desastres (SINAPRED)³, que aportan capacidades en todas las fases del ciclo de riesgo, siendo este sistema asesorado y coordinado por la Oficina Nacional de Emergencia del Ministerio del Interior (ONEMI) bajo un concepto de desarrollo continuo.

2 En el Plan de Acción Nacional para el Cambio Climático (2017-2022) se argumenta que Chile es un país altamente vulnerable, cumpliendo con siete de los nueve criterios de vulnerabilidad enunciadas por la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), a saber: posee áreas costeras de baja altura; zonas áridas y semiáridas; zonas de bosques; territorio susceptible a desastres de origen natural; áreas propensas a sequía y desertificación; zonas urbanas con problemas de contaminación atmosférica; y ecosistemas montañosos.

3 Creado a través de la Ley N° 21.364 recientemente publicada, es el sucesor legal del Sistema Nacional de Protección Civil, SNPC.

Un punto de inflexión en tiempos recientes dentro de nuestra historia de desastres y catástrofes fue el terremoto -con posterior tsunami- de Cobquecura, del 27 de febrero de 2010 (27/F), con una magnitud 8.8, el cual ocasionó una gran afectación y destrucción, dejando en evidencia profundas falencias del entonces Sistema Nacional de Protección Civil (SNPC). Lo anterior, implicó que Chile solicitara al Sistema de Naciones Unidas (SNU) la concurrencia de una misión interagencial de expertos para que evaluaran el estado del arte de la Gestión del Riesgo de Desastres (GRD) en nuestro país. Dicho trabajo de análisis, recopilación de testimonios y antecedentes decantó en la elaboración del informe diagnóstico titulado “La Situación de la RRD en Chile”⁴, el que propone 75 recomendaciones, y que, en general, indicaban que no había progreso formal en el cumplimiento de las metas establecidas en el Marco de Acción Hyogo (MAH) -al cual estábamos adscritos desde el año 2005-, como también que se requería establecer un nuevo Sistema Nacional de GRD. Específicamente, se resaltó que había una institucionalidad precaria, una falta del conocimiento del riesgo y de integración y preparación del SNPC, sumado a escasas capacidades operativas y de alerta temprana de la ONEMI y de los Organismos Técnicos vinculados a las amenazas en cuestión.



4 <https://www.undrr.org/publication/diagnostico-de-la-situacion-de-riesgo-de-desastres-en-chile>. Último acceso 13 septiembre 2021.

Dicho diagnóstico, obligó a replantearse el posicionamiento del Sistema Nacional de Protección Civil en lo general y de la ONEMI en lo particular, estableciéndose una estrategia que buscara, en primera instancia, su fortalecimiento preventivo y de respuesta para superar la contingencia (2010–2012); seguidamente, integrara, estandarizara y sistematizara los desarrollos esenciales alcanzados, fortaleciendo las acciones para transformar comunidades vulnerables en resilientes, así también, en el desarrollo de capacidades tecnológicas en el monitoreo, alerta temprana y respuesta operativa (2013–2016); para, posteriormente, desarrollar capacidades vinculadas a una gobernanza sustentada en una institucionalidad que tuviera como hoja de ruta el consolidar los avances bajo el concepto de desarrollo continuo, conjuntamente con determinar cuáles son los desafíos futuros (2017–2030). Lo indicado, permitió que se instalara una gestión integral para lograr la RRD, sustentada en estándares internacionales y velando porque el enfoque se concretara, de manera transversal, en los distintos sectores y niveles territoriales del país.

En este contexto, en estos últimos años se han enfrentado grandes emergencias derivadas de la activación de diversas amenazas geológicas, meteorológicas y antrópicas, con un alto impacto en los centros poblados. Entre ellas, dos terremotos sobre magnitud 8.2 (y sus respectivos tsunamis derivados), dejando en evidencia la subsanación de gran parte de las fallencias detectadas en el 27/F. Sin embargo, dada la exposición a las amenazas actuales y futuras que presenta nuestro país, dicho crecimiento alcanzó un punto de inflexión que requería necesariamente del fortalecimiento de su institucionalidad, sustentada en normas de rango legal (Ley), que lo hiciera vinculante y sinérgico para gestionar adecuadamente todas las fases del ciclo del riesgo. Así, con fecha 7 de agosto de 2021 se publicó la Ley del Sistema Nacional de Prevención

y Respuesta ante Desastres (SINAPRED). Dentro de esta se crea el Servicio Nacional de Prevención y Respuesta ante Desastres (SENAPRED), que vienen a sustituir al SNPC y la ONEMI respectivamente.

Lo descrito en los párrafos anteriores, confirma el por qué Chile es reconocido como un Laboratorio Natural para estudiar la activación y afectación que producen las diferentes amenazas a las cuales estamos expuestos, como también, producto de su desarrollo, es considerado como un referente mundial en sus experiencias de cómo gestionar el riesgo de desastres.

La importancia de este capítulo radica, entonces, en dar a conocer fundadamente cómo un país, después de haber alcanzado un nivel muy bajo de credibilidad y con un diagnóstico especializado negativo y severo de su SNPC, en lo general, y de la ONEMI, en lo específico, pudo -bajo el concepto de desarrollo continuo y en todos los ámbitos que ello implica- revertir esta situación contemplando las variables políticas, económicas y técnicas, conjuntamente con fortalecer los equipos humanos, las estrategias de acercamiento a la ciudadanía y, por consiguiente, ir pavimentando un desarrollo sostenido de sólida gobernanza para la RRD.

Dicha experiencia es lo que busca reflejar este artículo, difundir lo que implica un desarrollo de esta naturaleza e importancia y que sirva tanto de referencia para otros países, como para que todos los actores nacionales involucrados, y en lo específico nuestro Cuerpo Diplomático, conozcan el estado del arte, las brechas existentes y desafíos futuros del SINAPRED. Ello, con el objetivo de poder definir -de acuerdo con nuestra política exterior 2020–2030- la búsqueda de aliados estratégicos en el intercambio de experiencias para el

desarrollo de proyectos, como también trabajar adelantadamente en determinar las capacidades en GRD que tienen los países donde sirven, para que ante un llamado internacional de cualquiera de las partes, se tenga dimensionada la factibilidad y tipo de ayuda que se pueda entregar y/o requerir y, por cierto, estar al tanto de las buenas prácticas nacionales, los instrumentos de planificación vigentes, de manera de promoverlos y facilitar su difusión y transferencia, ayudando con ello al posicionamiento de Chile como país referente en materia de reducción del riesgo de desastres.

II. LEY DEL SISTEMA NACIONAL DE PREVENCIÓN Y RESPUESTA ANTE DESASTRES

En plena elaboración de este capítulo, se publicó la tan esperada Ley N° 21.364 que establece el “Sistema Nacional de Prevención y Respuesta ante Desastres” (SINAPRED), definiendo legalmente que la Gestión del Riesgo de Desastres en Chile se logra a través de un sistema integrado por entidades públicas y privadas, con competencias en alguna fase del ciclo del riesgo; que se coordina a través de comités para la GRD que ejercen las funciones propias de cada fase a nivel nacional, provincial, regional y comunal, según corresponda, y que se gestiona a través de instrumentos de GRD identificados por la Política, Planes para la GRD, Planes Sectoriales para la GRD, Mapas de Amenaza, Mapas de Riesgo, Sistema de Alerta Temprana y Sistema de Información. Además, identifica y define a los organismos técnicos que monitorean en forma permanente las respectivas amenazas.

La Ley crea el “Servicio Nacional de Prevención y Respuesta ante Desastres” (SENAPRED) -que en el plazo de un año debe reemplazar a la ONEMI-, el cual tiene como función principal asesorar, coordinar, organizar, planificar y

supervisar las actividades relacionadas a la GRD en el país. Será un servicio público descentralizado y desconcentrado territorialmente a nivel regional, formalizando y reconociendo



el funcionamiento de las direcciones regionales, contando para ello con las facultades y atribuciones correspondientes. Ejerce la Secretaría Técnica y Ejecutiva de los comités en los niveles nacional y regional y, en el presupuesto del servicio, se crea un programa para concurrir en el financiamiento de los instrumentos de GRD, con prioridad en aquellos de alcance municipal.

Es importante destacar que, en concreto, la Ley -en pleno proceso de implementación- se basa fundamentalmente en reconocer e incorporar todos los avances y desarrollos que se han alcanzado en función de las buenas prácticas y lecciones aprendidas en estos últimos años con el anterior SNPC y la ONEMI (a los cuales reemplaza), avances que además busca actualizar, reforzar, estandarizar y hacerlos vinculantes, para alcanzar estándares de excelencia en GRD centrados en la prevención y territorialidad.

En los siguientes apartados se revisan de manera general algunos de los avances alcanzados por la ONEMI y por el SNPC, que constatan los progresos en las diversas dimensiones que habilitan la gobernanza para la RRD en el país.

A. Desde la perspectiva del fortalecimiento del Capital Humano y de la Estructura Orgánica de ONEMI

En consideración al actual rol de la ONEMI y las exigencias que implica el tránsito a la institucionalidad del SENAPRED, el capital humano constituye el eje central de su posicionamiento y crecimiento como institución y, para ello, se estableció una política de gestión y desarrollo orientado a la eficiencia bajo una mirada moderna y contextualizada en el levantamiento de un plan de liderazgo para sus directivos, considerándolos como factores multiplicadores hacia toda la institución. Del mismo modo, se adecuaron los procesos de selección, capacitación y evaluación, aspecto que ha permitido, en el tiempo, contar con profesionales y técnicos a contrata (415) comprometidos y con competencias acordes a los perfiles de sus respectivos cargos. Lo descrito, se complementó con una política integral de buen trato y género, junto con una política de calidad de vida para todos los funcionarios, lo que incluye el desarrollo de carrera.

Buscando minimizar las falencias organizacionales de larga data y alinearse con las exigencias que se imponen en cada una de las fases del ciclo del riesgo, readecuó su estructura en función de estas, estableciendo el nivel de subdirecciones, donde se concentran las actividades afines que constituyen los objetivos esenciales de la institución en lo que respecta a: i) gestión y desarrollo estratégico; ii) actividades en el ámbito de la prevención y preparación comunitaria; iii) actividades en el ámbito de la Alerta Temprana, Respuesta y Rehabilitación, y como soporte, iv) actividades administrativas y financieras. Conjuntamente con lo anterior, y con el objetivo de materializar una efectiva gestión territorial, se desconcentró a nivel regional con proyección a los niveles provinciales y comunales, creando 16 direcciones regionales que funcionan

24/7 en instalaciones dotadas con las capacidades específicas y equipadas con toda la tecnología espejo del nivel central, desde las cuales, lideradas por directores(as) regionales, planifican y ejecutan todas las actividades bajo su responsabilidad.

B. Desde la perspectiva de la gestión y desarrollo estratégico del Sistema y de la ONEMI

Uno de los grandes desafíos era revertir el concepto de “institucionalidad precaria”, tipificada dentro de las 75 recomendaciones por parte de la misión de expertos de Naciones Unidas, encontrándose dentro de las 3 primeras el establecer la necesidad de contar con una *política nacional*. Para ello, se consideró otra recomendación de dicho diagnóstico que proponía conformar una *plataforma nacional* y, a través de esta, elaborar la *política nacional* y el respectivo *plan estratégico nacional*. Es así que, a partir del 2012, la Plataforma Nacional para la RRD (destacada por UNDRR como un ejemplo a nivel mundial en generación de política pública en GRD) surge como un eficiente mecanismo de coordinación multisectorial en el país para abordar -formal e institucionalmente- la gestión del riesgo de desastres, dado su carácter transdisciplinario y representativo de los diversos actores que conforman el SINAPRED. Dicha instancia es ampliamente necesaria en países como Chile, de alta exposición a diversas amenazas y con diversidad de factores subyacentes del riesgo de desastres. Actualmente está conformada por profesionales que representan a más de 190 organismos públicos, privados, sociedad civil organizada, academia, agencias, fondos y programas del Sistema de Naciones Unidas en Chile, e incluso organismos autónomos. Bajo su alero se han elaborado e implementado ya dos instrumentos de alcance nacional y sus respectivos productos derivados, alineados a los marcos internacionales referentes vigentes a los que Chile ha adhe-

rido y a las experiencias obtenidas por nuestro país en su condición de laboratorio natural ante desastres. Siguiendo su modelo de gobernanza y relevando las particularidades territoriales, se encuentran en proceso de instalación gradual las Plataformas Regionales para la RRD⁵, con el objeto de que sean reconocidas como un mecanismo de gestión para la articulación y ejecución de objetivos y acciones estratégicas de alcance e interés regional, y su proyección hacia los niveles provinciales y comunales.



Dentro de los instrumentos de alcance nacional, se elaboró (en su segunda versión) y se encuentra vigente la Política Nacional para la RRD⁶, la cual establece -en función de las brechas existentes- los lineamientos generales y directrices como marco rector

para fortalecer la GRD en los próximos 10 años, impulsada y coordinada desde el Estado de Chile en todo el ciclo de la gestión, fomentando una articulación sinérgica entre los diversos actores de la sociedad, en pos del desarrollo sostenible.

Se trata de un instrumento que orienta las acciones y decisiones políticas desde una perspectiva integral de GRD, para lograr una mejora permanente de su administración, que contribuya al desarrollo sostenible y al carácter resiliente de territorios y comunidades del país, en el corto, mediano y largo plazo. Está compuesta por un conjunto de

5 Desde el año 2020 se han instalado a la fecha, 8 Plataformas Regionales. A saber: Tarapacá, Coquimbo, O'Higgins, Maule, Ñuble, Biobío, Los Ríos, Magallanes.

6 Aprobada mediante Decreto Supremo N° 434 del Ministerio del Interior y Seguridad Pública, 2021.

principios, enfoques transversales, 5 ejes prioritarios donde se distribuyen 25 objetivos estratégicos, implementados a través de su respectivo Plan Estratégico Nacional para la RRD 2020-2030⁷.

Adicionalmente, se implementó un Esquema Jerárquico de Instrumentos de Planificación para la GRD, que vincula y permite trabajar todas las fases del ciclo del riesgo de desastres mediante una coordinación y coherencia técnica entre los niveles superiores respecto de los inferiores, tanto en la estructura administrativa del Estado como en el ámbito sectorial. Para ello, desde el punto de vista de la prevención y derivado de la *política nacional* y su respectivo *plan estratégico*, se encuentran en elaboración los planes para la RRD, los cuales en forma escalonada deben contemplar las medidas estructurales y no estructurales a corto, mediano y largo plazo, que permitan el desarrollo de capacidades para disminuir las vulnerabilidades del territorio.



Desde el ámbito de la respuesta, se consolidaron los planes de emergencia y sus anexos por variables de riesgo, donde -bajo los principios de escalabilidad y apoyo mutuo- se contempla la coordinación general del SINAPRED para el empleo de las capacidades en la solución de una afectación

7 <https://repositoriodigital.onemi.gov.cl/handle/123456789/4110>. Último acceso 13 septiembre 2021.

generada por una emergencia, desastre o catástrofe. Desde el punto de vista sectorial, se encuentran en elaboración los planes sectoriales, con el objetivo de coordinar e integrar el desarrollo de capacidades por parte de las entidades públicas y privadas pertenecientes al sector, tendiente a emplearlas preventivamente para mitigar una amenaza y/o la respuesta en apoyo a la afectación. Lo descrito se complementa con la gestión de acuerdos asociativos a través de convenios y protocolos con distintas instituciones del SINAPRID en los ámbitos operacionales, técnicos y de formación y capacitación que permite a la ONEMI un actuar integrado para realizar su función en todo el ciclo del riesgo de desastres (excluyendo la reconstrucción).

Como ruta de desarrollo interna de la ONEMI, se cuenta con un Plan Estratégico Institucional 2019 – 2023⁸, que busca mejorar las capacidades de gestión con el objeto de resolver las nuevas exigencias y brechas existentes, traduciendo los focos y visión en objetivos, indicadores, metas, iniciativas y presupuestos específicos, que orienten las acciones correctas que alineen a la institución al cumplimiento efectivo de sus aspiraciones. Para lo anterior, se definieron tres focos estratégicos, a saber: i) **Cultura Preventiva**: tendiente a educar para crear conciencia y adoptar conductas responsables en la ciudadanía, con el objeto de reducir el riesgo de desastres, evitar la creación de nuevos y disminuir su impacto; ii) **Confianza y Cercanía**: orientado a fortalecer la interacción y comunicación con la comunidad, mejorar la calidad de servicio, promover la co-responsabilidad y lograr una mayor confianza en la población, y iii) **Agilidad Organizacional**: destinado a lograr una integración y optimización de los procesos de la institución, bajo el prisma del uso de la tecnología e inno-

8 https://siac.onemi.gov.cl/documentos/TEMP/PlanEstrategicoInstitucional_2.pdf.
Último acceso 13 septiembre 2021.

vación como componentes facilitadores en la entrega de un mejor servicio a la comunidad.

Bajo el concepto de modernización del Estado y teniendo como principio orientador el Plan Estratégico Institucional 2019–2023 anteriormente descritos, existe una Estrategia de Innovación y Transformación Digital de la ONEMI, la cual es gestionada a través de un comité transversal que impulsa y adapta las medidas para la incorporación de la innovación y la transformación digital como pilares fundamentales de nuestro quehacer, a través del fomento de instancias de cooperación y experiencias, y la adopción de medidas tendientes a fortalecer las competencias y habilidades orientadas a innovar y agregar valor a los procesos institucionales, para potenciar la infraestructura tecnológica idónea para tales efectos.

C. Desde la perspectiva del vínculo con el conocimiento del Riesgo de Desastres

El Marco de Sendai para la RRD indica que: “el sector académico y las entidades y redes científicas y de investigación, deben centrarse en los factores y las situaciones posibles de riesgo de desastres, incluidos los riesgos emergentes de desastres a mediano y largo plazo; aumentar la investigación para la aplicación regional, nacional y local; apoyar las iniciativas de las comunidades y las autoridades locales, y apoyar la interacción entre las políticas y la ciencia para la toma de decisiones” (V. Función de los Actores Pertinentes, 2015).

Es de común conocimiento que para un adecuado proceso de formulación, implementación y evaluación de una política pública, los aportes de la ciencia son fundamentales, contribuyendo con capacidades y experiencia, teórica y empírica,

que objetiviza posibles soluciones o alternativas de abordaje de un determinado problema de interés público.

Los esfuerzos por hacer converger los aportes provenientes de las ciencias, a través de la investigación, desarrollo, innovación y emprendimiento con problemáticas prioritarias para el desarrollo sostenible de los países, son cada vez mayores, siendo un claro ejemplo de ello la iniciativa que generó ANID (ex CONICYT) en el año 2018, habiendo definido los desastres de origen natural como tema de interés prioritario para Chile (en conjunto con recursos hídricos y la transformación digital). Ello fundamentado en la necesidad de aumentar la disponibilidad de capital humano altamente calificado, de manera de generar mayores capacidades para abordar con profundidad aquellos temas establecidos como prioritarios, lo que conllevó a un concurso piloto, al alero de Becas Chile en la modalidad de Becas de Magíster en el Extranjero.

Otro antecedente relevante es el creciente número de proyectos en los que diversos investigadores e investigadoras han requerido el patrocinio de la ONEMI, los que a través de programas de financiamiento variados tales como: FONDEF, FONDAP, Explora, Fondecyt y recientemente Fonis, buscan adjudicarse iniciativas para comprender, evaluar y comunicar el riesgo de desastres. No solo la cantidad de solicitudes de patrocinio hacia la ONEMI ha ido en ascenso en los últimos 5 años, sino que también la diversidad de tópicos a investigar y de centros de investigación o universidades que los abordan, dando cuenta que se observa una tendencia a descentralizar territorialmente el conocimiento y a aproximarse desde diversas aristas científicas.

No obstante, el crecimiento sostenido de proyectos, soluciones tecnológicas e iniciativas en general, y el abordaje

transdisciplinario de la RRD que se ha constatado, es claro que existen oportunidades de mejorar la sinergia entre los organismos públicos y los investigadores, incluso entre los mismos investigadores, de manera de reducir brechas en términos de conocimiento de determinadas materias definidas como prioritarias, así como para optimizar los recursos y capacidades existentes en el país.

Haciendo una breve historia en esta línea, pocos años antes del 27/F ya se visualizaba la necesidad de estrechar y formalizar el vínculo con los organismos técnicos y las universidades que impartían conocimiento en disciplinas de las ciencias de la Tierra. Uno de los primeros pasos en esa senda fue la constitución del Comité Científico Técnico, el que a partir del año 2009 convocó a diversos organismos de monitoreo (ex SCN, SHOA, Sernageomin, DMC y CONAF), además de académicos de la Universidad de Chile y de la Universidad de Concepción, con objetivos variados, dentro de los cuales destaca: concebir las redes nacionales para monitoreo sísmico y vulcanológico, y análisis de situaciones de interés desde el conocimiento del riesgo, como por ejemplo la revisión de antecedentes del gap sísmico del norte de Chile, los avances científicos y tecnológicos en materia de las amenazas congregadas por estos organismos, entre otros aspectos.

Tras el terremoto y tsunami de 2010, se observó un incremento de capital humano avanzado que se interesó en aproximarse a la GRD desde un enfoque transdisciplinario, atendiendo que, para su comprensión y dimensionamiento, se necesita conocimiento y experiencia desde los distintos frentes de las ciencias. Es a partir de entonces que se empiezan a gestar centros de investigación con dedicación exclusiva a la RRD, y la comunidad científica se interesa mayormente por las políticas públicas asociadas a la GRD, buscando

espacios para generar mayor conocimiento y cómo este se pone a disposición de los tomadores de decisiones. Surgen sendos convenios de colaboración con entidades académicas, centros de estudios y otros organismos generadores de conocimiento y su vínculo con el medio, de manera tal de propiciar los canales de comunicación y de encuentro entre las demandas del sistema con la oferta que la comunidad científica pudiera aportar.

En los últimos años los esfuerzos persisten y las alianzas científico-técnicas se han potenciado. Iniciativas tendientes a la integración de data, optimización de procesos de alerta temprana, incorporación de avances tecnológicos, comprensión de efectos cascadas o enfoque multi amenaza -por mencionar algunas- son ejemplos de logros concretos y de mayor vínculo entre el ecosistema de investigación, desarrollo, innovación y emprendimiento y el SINAPRED.

A partir del trabajo de la Mesa de Educación de la Plataforma Nacional, este año se hizo un levantamiento diagnóstico de la oferta en GRD en Programas de Postgrado de Instituciones de Educación Superior. De lo anterior, se detectaron en total 69 programas de postgrado relacionados a las temáticas de reducción del riesgo, cambio climático y resiliencia ante desastres (62 de ellos se encontraban vigentes al 2019, y 7 de ellos no tuvieron continuidad en el año 2019 o la última versión se ejecutó en ese período). De los 69 programas identificados, 34 corresponden a diplomados o diplomas de postítulo, 17 a magíster, 11 a cursos o capacitaciones y 7 a doctorados. Estas cifras corroboran lo antes expuesto, dando cuenta del alza sostenida en términos de la necesidad de mayor masa crítica formada en disciplinas afines a la GRD, lo que es evidente cuando lo comparamos con información capturada el año 2009, donde un levantamiento permitió

constatar que de un total de 207 instituciones de educación superior, solo dos de ellas ofertaban programas académicos en GRD, es decir un 0,97% de las instituciones tenían, a esa fecha, incorporada formalmente esta temática en Chile.

Actualmente, se han desarrollado metodologías y herramientas que fomentan la investigación, el conocimiento y nuevos contenidos para vincularla GRD con la población. Tal es el caso de las Mesas de Trabajo por Variables de Riesgo, las cuales son coordinadas por ONEMI y co-lideradas por el organismo técnico encargado de monitorear una determinada amenaza; están integradas por instituciones públicas y privadas afines a la variable, con el objetivo de incorporar lecciones aprendidas y buenas prácticas, tanto nacionales como internacionales; orientadas a enriquecer el trabajo preventivo y de planificación, como también actualizar protocolos, readecuar las recomendaciones para la comunidad e incorporar insumos técnicos para los análisis correspondientes. Bajo el concepto de co-responsabilidad, destacan los esfuerzos por integrar al mundo académico-científico y al sector privado, que permita incorporar los avances que se generan a través de la investigación en el ámbito de la GRD, como también, sistematizar el desarrollo y empleo de capacidades que complementan a las del sector público.

Bajo la concepción de la innovación y desarrollo tecnológico, se han mejorado de manera consistente los procesos de captura de información, destacando la permanente actualización del Visor GRD para el apoyo en la toma de decisiones de la autoridad a través de la proyección de escenarios que estiman el impacto de un evento en la infraestructura crítica expuesta en el país y, el Visor Chile Preparado⁹, a través del

9 <https://www.onemi.gov.cl/visor-chile-preparado/>. Último acceso 13 septiembre 2021.

cual la población puede conocer determinadas amenazas a las que está expuesta en su territorio y sus respectivas vías de evacuación ante riesgo de tsunami, productos asociados a peligros volcánicos y zonas de mayor recurrencia de incendios forestales. Complementariamente, se desarrollaron y se pusieron en uso una serie de aplicaciones web para la integración y sistematización de datos y procedimientos que se generan en la implementación de metodologías y programas creados para un fin específico por las distintas áreas de la ONEMI, como lo son la aplicación para la difusión de los resultados de la encuesta comunal de los Factores Subyacentes del Riesgo, Programa de Invierno, Planos de Evacuación y Programa Lluvias Estivales.

En directa relación con las implicancias que se han generado en la capacitación y formación de especialistas dentro de los integrantes del SINAPRED, en el contexto de la pandemia, la Academia de Protección Civil¹⁰ -además de haber alineado las mallas curriculares de los cursos de Operaciones de Emergencia, Escenarios de Riesgo, Ayuda Humanitaria, Administración de Albergues y Salud Mental, con los nuevos instrumentos que rigen la GRD-, se encuentra en un proceso avanzado de actualización y rediseño de su misión, tareas fundamentales, estrategia de acción y metodologías, con la incorporación del uso de medios y recursos digitales que la conviertan en un Academia Digital con el objeto de que cuando sea necesario reemplazar en forma efectiva las actividades de tipo presencial, cuente con una amplia cobertura, flexibilidad y accesibilidad que le permita dar continuidad a su Plan de Capacitación dentro de su público objetivo (a la fecha hay un total de 46.597 inscritos). Además, ha perfeccionado los instrumentos de validación para el patrocinio de los

¹⁰ <https://www.onemi.gov.cl/historia/>. Último acceso 13 septiembre 2021.

posgrados y cursos de GRD que desarrollan las universidades y empresas de capacitación, como también las capacitaciones a comunidades educativas.

D. Desde la perspectiva de las actividades de prevención y preparación comunitaria

Teniendo en consideración que el beneficiario final de la ONEMI es la ciudadanía y siendo las municipalidades el primer eslabón para su contacto directo, se ha fortalecido la resiliencia de estas en el conocimiento del riesgo y forma de enfrentarlo, potenciando el Programa de Equipos Comunitarios de Respuesta a Emergencias, orientados a fortalecer la preparación de las comunidades focalizadas en aquellas comunas con un factor de vulnerabilidad moderado o alto,



según el Índice Comunal de Factores Subyacentes al Riesgo (ICFSR). El programa contempla el Taller de Microzonificación del Riesgo¹¹ que es un trabajo participativo regulado por una Guía Práctica elaborada por

la ONEMI, que a través de la aplicación de la metodología AIDEP (Mapa) y metodología ACCEDER¹² (Plan de Emergencia), se les enseña a los municipios a trabajar con la comunidad a partir de la experiencia y reflexión grupal, para examinar el territorio en el que habitan, con el fin de

11 <http://chile-preparado.onemi.gov.cl/wp-content/uploads/2017/12/Guia-comunidad-N%C2%B0-2-Elaboraci%C3%B3n-Planes-de-Respuesta-a-Emergencias.pdf>. Último acceso 13 septiembre 2021.

12 https://repositoriodigital.onemi.gov.cl/bitstream/handle/123456789/4182/PNE_DTO_EX_1434.2017_1633.2021.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Último acceso 13 septiembre 2021.

A través del Programa Chile Preparado se materializan ejercicios de simulacros y simulaciones, donde mediante la recreación de un escenario extremo, generado por una (o más de una) amenaza de manifestación súbita, se activa el SINAPRED para poner a prueba la planificación de emergencia, protocolos, alertas tempranas, entrenamiento y preparación de la población en zonas de riesgo.

identificar los riesgos y recursos existentes y, a partir de ello, trabajar en prevención y preparación. Considera también, el Curso Básico CERT¹³ basado en la metodología FEMA, orientado hacia los jefes y Equipos Comunales de Emergencia y Líderes Comunales, donde se les entregan herramientas concretas para la preparación y respuesta de los equipos comunitarios para enfrentar las primeras horas de afectación de una emergencia en espera que llegue la ayuda del Estado. Ambas actividades se complementan con un Taller de Actualización orientado a repasar los contenidos y fortalecer el trabajo preventivo y de preparación de los equipos comunitarios.

En el mismo ámbito, se aplicó a las 345 comunas del país la metodología pionera en Chile para la Identificación de los Factores Subyacentes¹⁴ desarrollada por la Plataforma Nacional para la Reducción del Riesgo de Desastres, con el liderazgo de la ONEMI y colaboración de organismos especializados del país, como instrumento de diagnóstico para municipios mediante una autoevaluación simple y directa basada en un cuestionario de 41 preguntas destinadas a determinar la situación actual en RRD en 4 dimensiones: i) ordenamiento territorial; ii) cambio climático-recursos

13 <http://chile-preparado.onemi.gov.cl/preparacion-comunitaria/historia-del-cert/>. Último acceso 13 septiembre 2021.

14 <https://repositoriodigital.onemi.gov.cl/handle/2012/1788>. Último acceso 21 septiembre 2021.

naturales; iii) condiciones socioeconómicas y demográficas, y iv) gobernanza. Esto permite entregar información importante para la gestión municipal, como también discernir, focalizar y priorizar las acciones del SINAPRED en la GRD en aquellas comunas más vulnerables a los desastres futuros, ante la existencia de problemas sistémicos tanto endógenos como exógenos.



Lo anterior se complementa con el Programa Chile Preparado, a través de la materialización de ejercicios de simulacros y simulaciones¹⁵ (a la fecha han participado más de 12.000.000 de personas), donde mediante

la recreación de un escenario extremo generado por una (o más de una) amenaza de manifestación súbita a las que estamos expuestos como país, se activa el SINAPRED para poner a prueba la planificación de emergencia, protocolos, alertas tempranas, entrenamiento y preparación de la población en zonas de riesgo durante la evacuación, como también la toma de decisiones para la respuesta y rehabilitación por parte de las autoridades integrantes de los COGRID a nivel regional, provincial y comunal. Una vez finalizado el ejercicio, se entrega un reporte con los aspectos por mejorar y potenciar, que se derivan posteriormente en lecciones aprendidas y buenas prácticas.

Abarcando en forma específica la comunidad educativa (directivos, profesores, asistentes de la educación, estudiantes, padres, madres y apoderados, entre otros), se destaca el Plan

15 <https://www.onemi.gov.cl/simulacros/>. Último acceso 13 septiembre 2021.

Integral de Seguridad Escolar (PISE)¹⁶, desarrollado en conjunto con el Ministerio de Educación, como un instrumento articulador de los variados programas de seguridad, aportando de manera sustantiva y como factor multiplicador al desarrollo de una cultura nacional de la prevención, mediante la generación de una conciencia colectiva de autoprotección. Adecuándose a la nueva realidad producto del COVID-19, se efectuó una adaptación metodológica, transmutando desde una modalidad presencial sincrónica a una modalidad e-learning asincrónica montada en una estructura Moodle en la plataforma de capacitación virtual de BiblioRedes.

E. Desde la perspectiva de las actividades de alerta temprana, respuesta y rehabilitación del Sistema y de la ONEMI

En el contexto de un desarrollo continuo, se fortaleció el Sistema de Gestión de Emergencia (bajo estándar ISO 22330), partiendo por sus instalaciones con la construcción a nivel central del edificio corporativo antisísmico, con tecnología de punta y autonomía propia, como también por la selección de sedes con ubicación y estructura adecuada para el funcionamiento de las 16 direcciones regionales, enlazadas y respaldadas todas ellas por un sistema de telecomunicaciones redundante (HF – VHF – VHF Digital – Telefonía Fija - IP – Celulares – Misión Crítica P-25 – Satelital IRIDIUM, BGAN



¹⁶ <https://www.onemi.gov.cl/pise/>. Último acceso 13 septiembre 2021.

y VSAT – Video Conferencia), con planes de mantención preventiva y correctiva, donde juegan un rol importante las múltiples pruebas diarias a las cuales es sometido. Desde estas instalaciones operan los Centro de Alerta Temprana (CAT)¹⁷ y los Comités para la Gestión del Riesgo de Desastres (COGRID) que, en apoyo a la toma de decisiones, consideran evaluaciones del escenario que abarca la emergencia en curso, basándose en antecedentes históricos e informes técnicos, teniendo como referencia el Visor de GRD. Ello se complementó con el establecimiento de mesas técnicas como una instancia -como su nombre lo indica- más técnica para el seguimiento y monitoreo a partir de la declaración de las Alertas y Alarmas Meteorológicas (producto del cambio climático se presentan con mayor frecuencia e intensidad), como también, para hacer un seguimiento a lo resuelto en apoyo a la afectación producida tanto por eventos de manifestación lenta como súbita.

Del mismo modo, se potenció el Sistema de Alerta Temprana (SAT) que se activa a través de los Centros de Alerta Temprana (CAT) a nivel nacional y en cada una de las 16 direcciones regionales con funcionamiento 24/7 y con un relacionamiento permanente con los integrantes del sistema, en especial con los organismos técnicos que monitorean las diferentes amenazas. Para ello, existen protocolos que se practican periódicamente a través de ejercicios, simulaciones y simulacros. El SAT se activa inicialmente desde el nivel regional, a través del Sistema ABC (Ambulancia, Bomberos y Carabineros/PDI), conformado por las sirenas de los cuarteles y vehículos de dichas instituciones, de acuerdo con los establecido en el Plan Regional de Emergencia¹⁸. Materializado

17 <https://www.onemi.gov.cl/cat/>. Último acceso 21 septiembre 2021.

18 Los planes regionales, se encuentran publicados en: <https://www.onemi.gov.cl/region/>. Último acceso 21 septiembre 2021

lo anterior y a requerimiento, dicha activación es reforzada con el envío, desde el nivel central, de un mensaje escrito predefinido a través del Sistema de Alerta de Emergencia para Celulares (SAE)¹⁹, con banda ancha dedicada, lo que evita que se sature. Todos los jueves a las 11.00 horas se hace una prueba del SAE en diferentes comunas del país y, dado su positivo impacto, se está viendo la factibilidad de incorporarle mayores capacidades en función de las lecciones aprendidas. En el caso específico de Terremoto/Tsunami se cuenta, además, con la Red de Informantes de Mercalli, conformada por más de 3.000 integrantes capacitados periódicamente por la Academia de Protección Civil y Direcciones Regionales de la ONEMI, y con el Sistema de Sirenas de Tsunami en cinco regiones del país (Arica y Parinacota, Tarapacá, Antofagasta, O'Higgins y Maule), el cual está previsto extenderlo a todo el país.

F. Desde la perspectiva de las comunicaciones y difusión de la ONEMI

Una institución que está permanente expuesta a la opinión pública, en especial en momentos de crisis y que juega un rol fundamental en el país, tiene la necesidad imperiosa de generar cercanía y confianza con la población, y para ello requiere de una Estrategia Comunicacional que visibilice las acciones de la ONEMI y del SINAPRED en una forma proactiva-propositiva, abarcando todos los ámbitos que ello implica. En un inicio se estableció un relacionamiento permanente con líderes de opinión, principalmente periodistas, editores, directores, conductores y columnistas de medios, con el objeto de que conocieran, de primera fuente, cuál es el real

¹⁹ <https://www.onemi.gov.cl/pruebas-sae/>. Último acceso 13 septiembre 2021.

alcance de nuestro quehacer, como también las capacidades que se han desarrollado y los desafíos futuros.

Asimismo, se dio inicio a la diversificación de los canales digitales a través de los cuales se llega a la población con contenidos relevantes antes, durante y después de una emergencia, complementando con sistemas redundantes los mensajes difundidos a través de medios tradicionales (TV, radio y prensa), mediante el fortalecimiento de las redes sociales, destacando el uso de Twitter (@onemichile) como canal de impacto preciso e inmediato de la contingencia “qué está pasando”, masivamente replicado, alcanzando más de 1.700.000 seguidores.

A lo anterior se suma la cuenta en Facebook (@OficinaNacionaldeEmergencia), que se crea como un canal de cultura preventiva, donde se publican recomendaciones e información de prevención frente a distintas variables de riesgos, extendiéndose en la respuesta, con información de utilidad para la población durante el desarrollo de una emergencia. Considera, además, la creación de la cuenta de Instagram (Onemichile), abordando un perfil de usuario diferente y complementario, que en pocos meses ha superado los 38.000 seguidores.

En otro ámbito, se destaca el fortalecimiento de la Comunicación en Crisis y Emergencia, que busca mitigar el impacto que se pueda generar directamente en la imagen institucional y en su reputación, afectando también a sus funcionarios, colaboradores, públicos de interés, autoridades y medios de difusión, entre otros. Es así como se definió un procedimiento de crisis que establece actuar de inmediato, entregando toda la información disponible; establecer canales oficiales de interlocución y mantenerlos abiertos; comprender la labor

social de los medios de comunicación y atender a los periodistas; mostrar que se cuenta con toda la información posible desde el primer momento; proporcionar la información a la prensa a medida que se conocen nuevos datos; analizar las informaciones publicadas en los medios y RR.SS., entre otros.

Otro aspecto a considerar, es la generación de noticias falsas o *fakenews*. Como Oficina Nacional de Emergencia sabemos que es importante la entrega de información oficial en el menor tiempo posible, para evitar la propagación de datos falsos o erróneos, así como también desmentir en los momentos de viralización de información falsa.

G. Desde la perspectiva del relacionamiento internacional

Dada la escala del fenómeno, el cambio climático y sus evidentes manifestaciones, los países se verán obligados a un abordaje integrado que contribuya efectivamente a mitigar sus impactos y a encontrar soluciones sostenibles que permitan a la población y territorios adaptarse a sus efectos. Ello implica la necesidad de fortalecer las gobernanzas a través de la asistencia mutua, el intercambio de prácticas y capacidades entre las naciones, y las alianzas público-privadas, entre otros beneficios que brinda la cooperación internacional. Se la puede considerar, entonces, como una herramienta clave para el desarrollo sostenible a toda escala: nacional, regional y global.

Consecuentemente, la política exterior de Chile (2030) contempla la RRD dentro de sus temas estratégicos y emergentes, y explicita su compromiso con la implementación del Marco de Sendai, en consonancia con otras agendas internacionales de desarrollo a las que el país ha adherido. Ello se complementa con un esfuerzo de vinculación internacional

que se ha desarrollado a través de un trabajo mancomunado entre la Agencia Chilena de Cooperación Internacional (AGCID) y ONEMI, en lo relacionado con la participación en foros, proyectos y patrocinio de cursos, y con la Unidad de Emergencias Consulares (DIGECONSU) en la coordinación de la ayuda humanitaria. A la vez, se ha avanzado en sistematizar la relación con diversas instancias de colaboración internacional, ya sean regionales, bilaterales o multilaterales, en las que Chile -y en particular la ONEMI como principal contraparte técnica- participa a través de temáticas afines a la RRD/GRD/Resiliencia. Estos canales, además de ir en aumento, se relacionan con los esfuerzos institucionales para revitalizar ciertos mecanismos instalados, dándoles un enfoque más integral y sistémico en el marco de la GRD.

Dentro de los espacios de colaboración Multilateral en RRD en los que Chile ha participado, destacan acciones concretas a través de la ONEMI, además de mantener una presencia permanente y un papel activo en las Plataformas Globales y Regionales para la RRD organizadas por la Oficina de las Naciones Unidas para la RRD (UNDRR), las que constituyen los foros globales de mayor alcance en la materia. A nivel regional, Chile lideró el establecimiento del área temática “GRD para el Desarrollo Resiliente” en el Foro para el Progreso de América del Sur (PROSUR)²⁰, como parte de la Presidencia Pro Tempore (traspasada a Colombia a fines de 2020), proponiendo un Plan Sectorial (5 años) y un Plan de Trabajo 2020-2021, organizado en torno a 4 Subgrupos: I+D+i+e para la Resiliencia; Infraestructura Crítica Resiliente; Resiliencia y RRD Fronterizo, y Asistencia Mutua. Paralelamente, se ha experimentado una revitalización de la actividad en el Foro de Cooperación

20 <https://foroprosur.org/area-tematica/gestion-de-riesgos-de-desastres/>. Último acceso 13 septiembre 2021.

Asia Pacífico (APEC), a través del Emergency Preparedness Working Group (EPWG)²¹, materializado en el incremento de proyectos presentados por distintos organismos nacionales a ser financiados por APEC y con una participación asertiva en la definición del futuro del grupo.

Respecto de áreas afines a la GRD, la Organización de Estados Americanos (OEA) ha desarrollado un trabajo específico con los Estados miembros a través de reuniones de expertos en materias de infraestructura crítica en caso de desastres. Similarmente, Chile ha adherido a la Coalición para la Infraestructura Resiliente a Desastres (CDRI)²², liderada por India y respaldada por UNDRR, en un esfuerzo común entre el Ministerio de Relaciones Exteriores, la ONEMI y ministerios sectoriales. Asimismo, se han sostenido contactos con el Foro de Alto Nivel sobre Riesgos de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE), instancia que aborda la construcción de un set de indicadores sobre la gobernanza de la resiliencia de las infraestructuras críticas.

Finalmente, en materia de asociaciones con agencias internacionales, con el Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) se elaboró la “Guía Metodológica para el enfoque de RRD en el nivel municipal”²³, y se articuló el proyecto binacional Chile–Ecuador para la reducción de la vulnerabilidad climática y el riesgo



21 <https://www.apec-epwg.org/>. Último acceso 13 septiembre 2021.

22 <https://www.cdri.world/>. Último acceso 13 septiembre 2021.

23 <https://info.undp.org/docs/pdc/Documents/CHL/113551%20Informe%20Anual%202020.pdf>. Último acceso 21 septiembre 2021.

de inundación en áreas urbanas y semiurbanas costeras en ciudades de América Latina (Norte del Chile). Además, se generó un canal de colaboración con la Plataforma sobre Desplazamiento por Desastres (PDD) para apoyar los esfuerzos de la Plataforma Nacional para la RRD en materia de movilidad humana derivada de emergencias y cambio climático.

En el contexto de las relaciones bilaterales, se han generado vínculos con países extra regionales en el área específica de la GRD, destacando entre ellos Japón, con quien se tiene una relación consolidada a través de AGCID, la ONEMI y la Agencia Japonesa de Cooperación Internacional (JICA). Esta colaboración ha redundado en proyectos y programas, entre los que se destacan Kizuna²⁴, programa de Capacitación del Recurso Humano para América Latina y el Caribe con sede en Chile y que a la fecha ha capacitado a más de 5.000 profesionales del área; KOKORONOKEA²⁵, proyecto de adaptación del modelo japonés de salud mental en la GRD a la realidad de Chile, y el Proyecto de Fortalecimiento de ONEMI, que tiene como objetivo garantizar la contribución al Marco de Sendai y a la Agenda para el Desarrollo Sostenible por parte del sistema, potenciando las capacidades de nuestra institución en pilares orientados a la comunidad, al sistema y a los RR.HH. Otro vínculo preferencial se mantiene con Estados Unidos, a través de acuerdos vigentes con la Federal Emergency Management Agency (FEMA) con el fin de promover la RRD y la resiliencia en las comunidades de ambos países, mediante el intercambio de conocimiento e información, educación y tecnologías facilitadoras. En este contexto, cabe destacar el programa de cursos para la forma-

24 <https://www.agci.cl/index.php/kizuna>. Último acceso 13 septiembre 2021.

25 <https://www.onemi.gov.cl/noticia/chile-adoptara-modelo-japones-de-atencion-mental-en-situaciones-de-emergencia-y-desastres/>. Último acceso 13 septiembre 2021.

ción de instructores y voluntarios de los “Equipos Comunitarios de Respuesta a Emergencias – CERT”, anteriormente descrito. Existen también Acuerdos de Cooperación con la California Office of Emergency Services (CalOES) y con el Chile-California Council en materia de Incendios Forestales. Respecto de China, se encuentra suscrito un Memorando de Entendimiento entre la ONEMI y la Universidad de Tsinghua, a partir del cual ya se ha desarrollado la primera fase de un programa de intercambio de conocimientos. Por último, en conjunto con México se está desarrollando un programa de cooperación conjunto dirigido a los países del Sistema de Integración Centroamericano (SICA), mediante los fondos Chile-México administrados por AGCID.

En el contexto de las relacionales binacionales, se han generado vínculos con los países de la región mediante planes binacionales de cooperación o institucionalidad cooperativa. Con Argentina se cuenta con una institucionalidad vigente (COMIXTA) de amplio espectro, en proceso de ser revalidada. Con Perú se está desarrollando un Plan de Trabajo 2020-2021 con INDECI y CENEPRED, al amparo del Plan de Paracas entre ambos países. Con los dos anteriores se mantiene, además, un trabajo permanente a nivel de las direcciones regionales en los Comités de Frontera, en el intercambio cotidiano de información y alertas, y en la atención de emergencias en zonas aledañas a los límites. Asimismo, con Colombia se mantiene una relación interinstitucional fluida entre la Unidad Nacional para la GRD (UNGRD) y la ONEMI en el ámbito bilateral, PROSUR y UNDRR, mientras que con Ecuador se desarrolló un Plan de Acción Binacional entre el Servicio Nacional de Gestión de Riesgos y Emergencias (SNGRE) y la ONEMI.

En el contexto de las relaciones bilaterales, Chile ha establecido vínculos extra regionales en el área específica de la GRD, destacando entre ellos Japón, con quien mantiene una relación consolidada a través de AGCID, ONEMI y JICA. Esta colaboración ha redundado en sendos proyectos y programas, como Kizuna y Kokoronokea.

III. DESAFÍOS FUTUROS DE LA ONEMI, SINAPRED Y DEL ESTADO EN MATERIAS DE GRD

1. La implementación integral de la “Ley del Sistema Nacional de Prevención y Respuesta ante Desastres” con plazos acotados, requiere que se propongan todas aquellas materias que esta contiene, en relación principalmente con las estructuras e instrumentos que el país necesita para una adecuada GRD. Para ello, se debe proponer un Decreto con Fuerza de Ley (DFL) que dentro de otras materias fije la estructura y funcionamiento de la planta del servicio, buscando potenciar la actual en número de funcionarios y en los procesos que implican nuevas modalidades y formas de trabajo, como también reglamentar lo relacionado con los comités para la GRD y de los organismos técnicos, la elaboración de los Mapas de Amenaza y Mapas de Riesgo y, en coordinación con el Ministerio de Hacienda, la forma de operar del programa para concurrir en el financiamiento de los instrumentos de GRD.

Del mismo modo, es esencial analizar la necesidad de considerar otros instrumentos de gestión para ser incorporados y ejecutados en la GRD, conjuntamente con establecer las brechas existentes con relación al Sistema de Planificación, Sistema de Información y Sistema de Alerta Temprana.

Estos desafíos, requieren de la participación de todos los integrantes del SINAPRED que tengan competencias en las distintas materias, con el objeto de conformar equipos de trabajo con una mirada transversal y con una visión de largo plazo.

Cobra especial relevancia el que la ONEMI reciba colaboración especializada para tareas en las que actualmente no está instalada la capacidad, avanzando en la identificación oportuna de los problemas para que se establezcan estrategias de fomento, articulación y divulgación de investigación aplicada en materias relacionadas a la RRD. Es el caso de los instrumentos de amenaza y de riesgo y el Sistema Nacional de Información, los que demandan conocimiento altamente calificado e inyección de recursos (financieros, humanos y tecnológicos) en aquellos organismos con la responsabilidad de sus respectivas elaboraciones/administraciones.

2. Es fundamental seguir reforzando la integración de capacidades externas, asegurando una acción transversal e integrada en el desarrollo y empleo de sus potencialidades, lo que adquiere principal importancia al tomar en consideración los escenarios ya descritos. Uno de estos aspectos es la integración del mundo académico y científico que -de la mano de la investigación, el conocimiento, el diálogo, la recuperación de la memoria, la ciencia, innovación y tecnología- permiten el fortalecimiento de una fundada percepción del riesgo para fomentar con ello una cultura de prevención y autoaseguramiento, y para ello se debe continuar aunando esfuerzos y producir una sinergia en las investigaciones que desarrollan en el ámbito de la

GRD, fortaleciendo al Instituto para la Resiliencia ante Desastres (ITREND) como el organismo integrador del Ecosistema de I+D+i+e con el SINAPRED, bajo un enfoque transdisciplinario que reconozca el carácter multicausal del riesgo de desastres.

También es importante consolidar la integración con el sector privado, ya que en el ámbito de la RRD se hace indivisible el accionar público-privado bajo el concepto de co-responsabilidad, lo que obliga a coordinar y sistematizar el desarrollo y empleo de capacidades, lo cual debe quedar reflejado en los planes sectoriales complementados a través de protocolos prácticos y efectivos.

A lo anterior se debe sumar la participación de las ONGs y sociedad civil organizada, potenciando un mecanismo de coordinación oportuno y efectivo en relación con sus aportes al SINAPRED, considerando las capacidades transversales que se pueden obtener de ellas para acciones preventivas y, muy especialmente, en la fase de respuesta y recuperación, en directa relación con la afectación.

3. Se debe mantener el ímpetu en las acciones de innovación y desarrollo tecnológico a través del Comité de Innovación y Transformación Digital, considerando que el desafío está en que las catástrofes son un fenómeno sistémico, por ende, complejo y muchas veces exacerbado por la crisis climática, siendo un aspecto relevante el desarrollo de un sistema de información orientado a que en todas las fases del ciclo de riesgo se integren los contenidos obtenidos de las entidades nacionales, regionales, provinciales y comunales, abor-

dando el problema de la *big data* para que el volumen, velocidad y variedad de la información se conviertan en una oportunidad a través de la innovación y las nuevas tecnologías de la información, para integrar distintas disciplinas, sistematizar la información, modelar de mejor forma escenarios y, finalmente, aportar a una mejor gestión para reducir el riesgo de desastres.

4. El cambio climático y sus evidentes manifestaciones obligarán a los países a un abordaje mancomunado, dada la escala del fenómeno, contribuyendo a mitigar sus impactos y a encontrar soluciones sostenibles que permitan a la población y territorios adaptarse a sus efectos. Ello adquiere especial importancia en nuestro país, calificado como “Altamente Vulnerable al Cambio Climático”, cuyos efectos, año a año, se presentan con mayor frecuencia y con escenarios de afectación extrema, lo que implica, necesariamente, hacer esfuerzos importantes para continuar traspasando las experiencias obtenidas en relación con las actividades preventivas y alerta temprana para enfrentar las amenazas de origen geológicas, a las de origen meteorológicas, lo que conlleva, además, al fortalecimiento de la redes de vigilancia de los organismos técnicos que monitorean las amenazas que estas activan.

En el mismo ámbito, con el calentamiento global ya no solo basta con contar con los medios humanos y materiales para evitar la propagación de los incendios forestales de sexta generación, sino que también se hace indispensable gestionar los paisajes estresados por el cambio climático y agravados por la falta de desmalezamiento producto del abandono del campo, lo que

genera una mayor combustión y, por ende, aumentan las condiciones para que estos se activen.

5. En cumplimiento con las metas establecidas en la Política Nacional para la RRD y su correspondiente Plan Estratégico, y como componentes de los Planes Sectoriales, se hace necesario sostener en el tiempo la implementación de indicadores transversales de GRD en el Sistema de Programa de Mejoramiento de la Gestión (PMG) u otros indicadores de gestión, conforme a la categorización de los servicios que propuso la ONEMI en razón a lo que estos deben cumplir gradualmente como una estrategia eficaz para instalar el enfoque GRD en el quehacer del Estado.

6. La interrelación del enfoque de RRD con la gestión ambiental y territorial es un desafío impostergable en Chile. En esa línea se han hecho numerosos esfuerzos tendientes a que los instrumentos sectoriales vinculantes consideren estos tres elementos de manera indivisible, pues son sustratos para avanzar a paso firme en el anhelado desarrollo sostenible de la nación. Sin duda, los planes sectoriales que en un mediano y largo plazo trascenderán a la concepción meramente ministerial, aportarán a esta causa, permitiendo que la aproximación (desde la planificación, inversión, seguimiento y evaluación) se realice bajo una mirada integral, forzando a que los compartimentos propios de la administración pública se vinculen y comprometan ante esta realidad-país, dando consistencia y coherencia a los diversos instrumentos de gestión.

7. La realidad internacional anteriormente descrita ha significado el incremento de instancias y oportunidades

de cooperación internacional en las que se abordan temáticas afines a RRD/GRD. Chile es un referente y un laboratorio natural en el área de la RRD/GRD, por lo que este campo puede constituir una herramienta efectiva de la política exterior. Esta oportunidad lleva aparejada la necesidad de que nuestros representantes diplomáticos tengan conocimiento de las capacidades y las brechas que tiene el país, así como los alcances y prioridades que se han establecido para los países donde sirven.

Asimismo, desde el punto de vista operativo y a partir de la consolidación de las relaciones bilaterales, se debe reforzar y mantener activada una red que permita una comunicación permanente y el mantenimiento de un catastro actualizado de capacidades de países con los cuales se cuenta con acuerdos asociativos o planes de trabajo, con el objeto de actuar recíprocamente en forma oportuna y eficaz.

Finalmente, nuestro cuerpo diplomático debe tener presente que la RRD/GRD es una temática que trasciende los países y, por ende, constituye una herramienta eficaz de relacionamiento. Por ello resulta fundamental que se mantenga actualizado sobre las buenas prácticas nacionales, de manera de promoverlas y facilitar su difusión y transferencia, ayudando con ello al posicionamiento de Chile como país referente en materia de RRD.

Hidrógeno Verde para el crecimiento sostenible de Chile

Benjamín Maluenda Philippi

INTRODUCCIÓN

Pocas oportunidades en este siglo han generado tanto interés transversal de parte de la ciudadanía, el sector privado y el sector público, en avanzar coordinada y ambiciosamente hacia la creación de una nueva industria en Chile como lo ha hecho el hidrógeno verde. La inminencia de una crisis climática ha redoblado los esfuerzos de naciones, compañías e individuos en todo el mundo por mitigarla, creando presiones políticas, sociales, económicas y comerciales que buscan transformar la manera en que la humanidad produce y construye, se transporta y calefacciona, se alimenta y viste, para reducir sus emisiones de gases de efecto invernadero a un nivel que el planeta pueda soportar sin consecuencias catastróficas. En este tumultuoso proceso de cambio, ha

* Jefe de Unidad de Nuevos Energéticos del Ministerio de Energía.

Lo que hoy renueva el interés en el hidrógeno verde es su potencial para descarbonizar aplicaciones y sectores de la economía cuyas emisiones de gases de efecto invernadero han sido históricamente difíciles y costosas de reducir.

emergido el hidrógeno bajo en carbono como un vector de energía limpia que promete descarbonizar una multitud de sectores y aplicaciones de manera eficiente. Si es que esta promesa se cumple, el hidrógeno limpio se convertirá en un nuevo energético transado globalmente, de la escala de los combustibles fósiles en el pasado y la actualidad. Los países que, como Chile, tienen amplios e intensos recursos energéticos renovables, se posicionan como potenciales productores, usuarios y exportadores de este nuevo *commodity*, con perspectivas similares a lo que Noruega enfrentó hace 50 años al descubrir reservas de petróleo en sus dominios. Chile ha iniciado su camino hacia la explotación de esta oportunidad. Se ha elaborado una Estrategia Nacional de Hidrógeno Verde, se ha generado un acuerdo transversal sobre la necesidad de trabajar hacia ella y se ha posicionado al país como líder en la arena internacional. Sin embargo, los desafíos a resolver en esta ruta son complejos y cambiantes. De la capacidad del país para adaptarse a un futuro incierto, realizar apuestas ambiciosas y trabajar de manera colaborativa entre sectores, dependerá el grado de éxito que se obtenga. La recompensa es significativa; nada menos que una nueva industria sostenible y avanzada, que podría apalancar el crecimiento del país y el bienestar de su ciudadanía durante las siguientes décadas.

Este capítulo introduce primero el hidrógeno y el hidrógeno verde, describiendo las características y proyecciones que lo hacen estar al centro de la discusión sobre mitigación del

cambio climático, así como la situación internacional en su fomento. Luego, se explica el proceso de construcción de la Estrategia Nacional de Hidrógeno Verde y las lógicas que se siguieron para fortalecerla. Finalmente, este capítulo delinea tanto los avances logrados en torno a este tema, como los desafíos pendientes de resolver. Este texto busca ser no solo una guía introductoria para el cuerpo diplomático de Chile, sino para una audiencia extendida. Asimismo, pretende no solo describir un nuevo energético limpio y su industria, sino profundizar en los procesos de elaboración de política pública que han demostrado ser robustos, innovadores y eficientes para abordar problemas complejos, de cara al período de cambio y reforma que el país está experimentando y experimentará durante los próximos años.

LA MOLÉCULA MÁS SIMPLE PARA RESOLVER EL DESAFÍO MÁS COMPLEJO

¿Qué es el hidrógeno? ¿Qué lo hace ser verde?

El hidrógeno es un gas conocido y ampliamente utilizado desde hace siglos. Es incoloro, inodoro, no tóxico y no corrosivo. Sin embargo, es altamente inflamable, razón por la que pudo ser descubierto por el inglés Henry Cavendish en 1766. Desde entonces, fue utilizado tanto en estado puro como en mezclas para fines tan variados como iluminar ciudades, elevar zepelines y propulsar naves espaciales. Hoy estas aplicaciones hacen mayormente uso de otros compuestos, pero ilustran las potencialidades que tres características del hidrógeno ofrecen.

La primera corresponde a su ubicuidad. Si bien prácticamente no es posible encontrar hidrógeno en estado puro en la superficie de nuestro planeta, pues se combina fácilmente con otros elementos para formar moléculas, este puede ser

extraído de compuestos tan comunes como el agua y los hidrocarburos. Esto llevó a su utilización en forma de gas de síntesis extraído del carbón para iluminar ciudades en los siglos XIX y XX. La segunda característica de interés es su baja densidad. Dado que es el elemento más pequeño conocido -contiene solo 1 protón y 1 electrón en su configuración más común-, es más de 10 veces más ligero que el aire. Esta flotabilidad llevó a que se utilizara para elevar globos aerostáticos y otros artefactos hace un siglo. Su tercera característica clave es su alta densidad energética por unidad de masa; 1 kilogramo de hidrógeno libera casi 3 veces más energía que 1 kilogramo de gasolina al ser combustionado. La necesidad de almacenar energía en la menor masa posible llevó a los programas espaciales de mediados de siglo XX a utilizarlo en los cohetes que llevaron al humano al espacio y a la Luna.

Por otra parte, las mismas características que lo hicieron un elemento idóneo para estas aplicaciones de nicho son las que impidieron su masificación como energético. Su baja densidad requiere que este sea almacenado a alta presión o en estado líquido -lo que se logra a 253°C bajo cero-, aumentando sus costos y la necesidad de materiales e infraestructura en comparación a los combustibles fósiles. Además, si bien este elemento se encuentra en diversos compuestos en la naturaleza, su extracción requiere de relativamente altas cantidades de energía. Incluso, en el caso de los hidrocarburos, es más eficiente energéticamente su utilización directa que la extracción del hidrógeno para su posterior combustión. Estos factores llevaron a relegar al hidrógeno principalmente como insumo químico y no energético para diversas industrias. Hoy, la mayor demanda por hidrógeno viene de refinerías de petróleo, la que equivale al 48% de la producción global del gas, mientras que en la producción de amoníaco se consume el 39% (Agencia Internacional de

Energía, 2019). La mayor parte de este hidrógeno (96%) se produce en plantas dedicadas de reformado de metano -gas natural- o de gasificación de carbón, construidas cerca de los puntos de consumo. Estos procesos producen más del 2% de las emisiones globales de CO₂.

Figura 1: Producción y demanda actual de hidrógeno.



Fuente: (IEA, 2019)

Lo que hoy renueva el interés en el hidrógeno es su potencial para descarbonizar aplicaciones y sectores de la economía cuyas emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) han sido históricamente difíciles o costosas de reducir. Diversos estudios proyectan que el hidrógeno verde será la opción más costo-eficiente para reemplazar combustibles fósiles en sectores como el transporte -terrestre en segmento pesado, marítimo y aéreo-, la producción de acero y fertilizantes, procesos que requieran calor a alta temperatura, entre otros, para así reducir o eliminar sus emisiones de GEI (Hydrogen Council, 2021; Bloomberg NEF, 2020; IEA, 2021). Esta oportunidad requerirá que el hidrógeno sea producido de manera “limpia”, con las más bajas emisiones de GEI posibles a lo largo de su cadena de suministro. Algunos actores se han vuelto entonces hacia el hidrógeno “azul”, aquél producido,

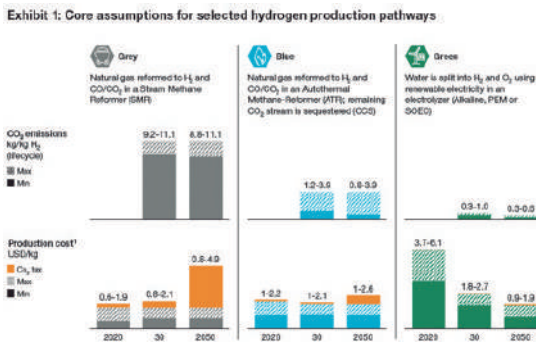
como en la actualidad, a partir de combustibles fósiles, pero incorporando tecnologías de captura y almacenamiento o utilización de carbono que mitigan sus emisiones. Existe una miríada de otros colores para el hidrógeno (National Grid, 2021). Sin embargo, es el hidrógeno “verde” el que mayor oportunidad de escalamiento ofrece a largo plazo. Su proceso de producción consiste en aplicar un potencial eléctrico para separar moléculas de agua en sus componentes, hidrógeno y oxígeno, proviniendo la energía eléctrica desde fuentes renovables como la energía solar o eólica. El uso de agua y energía renovable permite que este hidrógeno tenga una huella de carbono mínima.

¿Qué potencial tiene?

Los principales factores que explican el creciente interés en el hidrógeno limpio como herramienta para descarbonizar ciertos sectores son la reducción de sus costos y la evolución de sus tecnologías de utilización. Primero, se han reducido de manera significativa los costos de producción de energía renovable en las últimas décadas. Por ejemplo, solo en los últimos 10 años se observó una caída de costos de energía solar fotovoltaica a un tercio de su nivel anterior (Feldman, y otros, 2021). Dado que el costo de la energía renovable corresponde a entre 60% y 80% del costo de producción del hidrógeno verde, esta tendencia ha reducido su costo de producción (Bloomberg NEF, 2019). Si a este fenómeno se le agrega una proyección de reducción de costos de los equipos de electrólisis -la que se esperaría observar si su manufactura y demanda aumentan de escala-, estudios estiman que en 2030 se alcanzarían costos de producción de entre US\$ 1 y 2 por kilogramo en diversas geografías, especialmente aquellas con intensos recursos energéticos renovables (IRENA, 2019; IEA, 2019; Gallardo, y otros, 2021). Esto haría que el hidrógeno

verde fuese más competitivo que el hidrógeno fósil, e incluso que combustibles fósiles en ciertas aplicaciones.

Figura 2: Proyecciones de emisiones en ciclo de vida y costo de producción de hidrógeno a partir de diversas fuentes de producción.



Fuente: Hydrogen Council, 2021.

En segundo lugar, se han expandido y se continúan desarrollando tecnologías para su almacenamiento, transporte, distribución y utilización en una variedad de aplicaciones. Por ejemplo, hoy existe una gran cantidad de modelos de automóviles, camiones y buses de productores reconocidos como Toyota, Hyundai y BMW, que utilizan hidrógeno como energético. Además, se ha piloteado el uso seguro de hidrógeno en redes de gas para consumo doméstico y comercial (HyDeploy Project, 2020). Incluso se han observado millonarios contratos de compra por buques que operen con combustibles limpios derivados del hidrógeno (Bloomberg Green, 2021). Críticamente para el despliegue de cadenas de suministro internacionales, está también en desarrollo el primer piloto de transporte marítimo de hidrógeno licuado, apoyado por los gobiernos de Japón y Australia. No obstante, a pesar de la aceleración en el desarrollo de las tecnologías

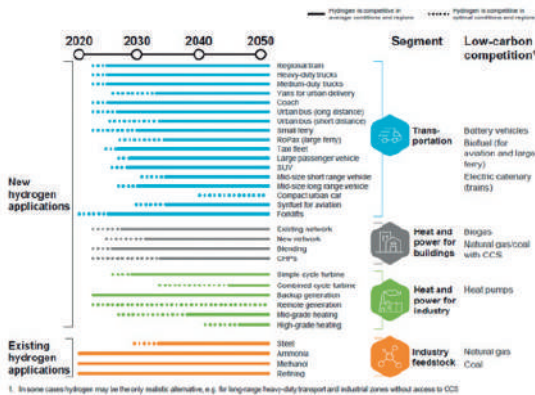
del hidrógeno, diversas aplicaciones exhiben un significativo riesgo tecnológico, baja capacidad de despliegue y altos costos fijos y operacionales. Para que el hidrógeno pueda desencadenar las oportunidades que ofrece, será necesario realizar esfuerzos amplios y profundos para resolver estas barreras tecnológicas y de escalamiento.

Las recompensas que ofrece el hidrógeno limpio a los esfuerzos de reducción de costo y desarrollo tecnológico son trascendentales: la creación de un mercado internacional de la escala de los combustibles fósiles y la descarbonización profunda de sectores difíciles de mitigar. En el ámbito económico, las proyecciones de analistas indican que el mercado de exportación de hidrógeno limpio y sus tecnologías alcanzaría entre US\$ 2,1 y 2,5 billones al 2050 (Strategy&, 2020; McKinsey & Company, 2020), más de 10 veces el tamaño del mercado actual internacional de cobre, mientras que el tamaño de mercado total del hidrógeno podría alcanzar los US\$ 10 billones a ese mismo año (Goldman Sachs, 2020). Este mercado abarcará la generación de empleos, la atracción de inversiones, un nuevo dinamismo de economías locales y un renovado impulso a la investigación y desarrollo donde sea que esta industria se ubique.

En el ámbito climático, el hidrógeno limpio jugará un rol crítico y complementario respecto de otras tecnologías y energéticos. Dado que el hidrógeno verde requiere mayor manipulación de la energía renovable antes de su utilización final, generalmente será más costo-eficiente implementar eficiencia energética, la electrificación directa y la utilización de medios de almacenamiento de alta eficiencia, como baterías, cuando estas sean factibles. Cuando no, el hidrógeno podrá jugar un rol crítico dada su capacidad de almacenamiento de energía por largo plazo y en masa reducida, así como por la

posibilidad de acondicionarlo para su transporte marítimo entre distintos países. La opción de reemplazar combustibles fósiles en procesos químicos también abrirá nuevos nichos de utilización. Por esto, se estima que el hidrógeno podría corresponder a más del 20% del consumo de combustibles al 2050 (IEA, 2021) y que ya al 2030 será un energético competitivo en 22 aplicaciones finales, que corresponden al 36% de las emisiones globales de GEI (Hydrogen Council, 2021).

Figura 3: Trayectorias de competitividad para aplicaciones del hidrógeno.



Fuente: Hydrogen Council, 2020.

¿Cómo buscan los países aprovechar las oportunidades del hidrógeno?

Compañías de gran tamaño y fuertes posiciones en los combustibles fósiles, ya sea como productores o consumidores, como BP, el Puerto de Rotterdam, ThyssenKrupp, POSCO, Shell, Daimler, Airbus, Equinor, Kawasaki y otras, han declarado estar alineadas con una visión en que el hidrógeno

juega un rol fundamental en la descarbonización de la economía y han comenzado a desarrollar proyectos e inversiones de gran escala para concretarla. A la fecha existe un *pipeline* de más de 350 proyectos en el mundo, totalizando más de US\$ 500 millones en inversión al 2030 (Hydrogen Council, 2021), que refleja la movilización efectiva de actores en torno a las oportunidades del hidrógeno limpio. Sin embargo, construir la futura economía del hidrógeno es “un muy grande acto de balanceo” (The Economist, 2021) que requiere más que solo la iniciativa de algunos actores individuales. La oferta y la demanda de este energético deberán crecer coordinadamente, habilitadas por el desarrollo tecnológico y la aceptación social, así como impulsadas por políticas públicas holísticas. Es por esto que diversos Estados se encuentran desarrollando estrategias y programas para materializar esta visión.

A la fecha, más de 30 países, equivalentes a más del 90% del PIB global, han lanzado estrategias nacionales de hidrógeno o han desarrollado programas de apoyo (LBST & WEC, 2020). Estas políticas no solo coordinan y priorizan, sino también comprometen financiamiento. Globalmente, los gobiernos nacionales han comprometido más de US\$ 70 mil millones en apoyos públicos a la inversión, investigación e innovación en hidrógeno. Por ejemplo, Alemania ha destinado 9 mil millones de euros para apoyar el consumo, desarrollar infraestructura y generar una industria local de proveedores, investigación y manufactura, lo que les permitirá capturar mayores segmentos de la cadena de valor del hidrógeno. Similares políticas se encuentran en Corea y Japón, quienes requerirán importar grandes cantidades de hidrógeno limpio a sus países para lograr descarbonizar sus economías, al mismo tiempo que adaptan sus compañías manufactureras para mantener su competitividad en ese nuevo paradigma bajo en carbono. Otro conjunto de países, entre los que se encuen-

En el ámbito económico, el mercado de exportación de hidrógeno limpio y sus tecnologías alcanzarían entre 2,1 y 2,5 billones de dólares al 2050, más de 10 veces el tamaño actual del mercado internacional del cobre.

tran Australia, Marruecos, Arabia Saudita y Chile, buscan promover el desarrollo de una industria de exportación de este energético para proveer a los importadores.

Las positivas perspectivas de crecimiento no se han vuelto una fuente de complacencia, sino por el contrario, han activado un esfuerzo de escala global para materializar las oportunidades del hidrógeno desde la política pública. Las estrategias de países y Estados buscan alinear a los sectores público y privado, generar voluntad social y crear una misión común para movilizar capital, recursos y personas en torno a ella. Solo mediante la coordinación de variados actores se podrán lograr los cambios decisivos y profundos que requiere la descarbonización de la economía global, trayendo las inversiones, empleos, innovaciones e infraestructura que esta transformación ofrece.

Las visiones y acciones que proponen estas políticas toman en cuenta los recursos de cada jurisdicción, sus ventajas comparativas, sus capacidades, oportunidades y amenazas únicas. Se fundan, en este sentido, de la realidad actual para establecer objetivos y programas en diversas áreas: regulación, coordinación, captura de valor, financiamiento, infraestructura, investigación y capital humano. Dado que las acciones en estos ejes se basan en el análisis específico de la región para la que se definió cada estrategia, es necesario interpretar cada una de estas a la luz de las condiciones locales

de implementación. En el caso de Chile, se ha desarrollado una Estrategia Nacional de Hidrógeno Verde para establecer políticas, planificar infraestructura, generar redes de negocios, entrenar capacidades y coordinar actores públicos y privados, con tal de que el país esté preparado para escalar la industria como un líder global cuando se materialice la oportunidad.

UNA ESTRATEGIA PARA NAVEGAR HACIA EL FUTURO CON DECISIÓN

La decisión de publicar una Estrategia Nacional de Hidrógeno Verde fue tomada el año 2020 por el Ministerio de Energía, en coordinación con la Presidencia de la República, con el fin de encauzar múltiples esfuerzos y visiones en un solo proceso participativo, osado y serio, que resultase en una política de Estado orientada al futuro.

Este proceso se construyó orgánicamente sobre avances y voces existentes en el país, así como se insertó en un contexto internacional del que Chile depende y en el que, a la vez, puede tener una relevante influencia. En esta sección se describe lo que persigue materializar esta Estrategia, además de las razones por las cuales se elaboró tal política y cómo fue construida.

Las oportunidades que movilizan la acción

La industria de hidrógeno será de la escala de los mercados actuales de combustibles fósiles. Parte de la demanda por este energético será satisfecha por oferentes locales, quienes ubicarán sus plantas de producción cerca de polos de demanda, para reducir costos de transporte y almacenamiento. Sin embargo, se espera que una significativa parte de la demanda, en especial aquella de regiones industriales con reducidos recursos energéticos renovables, deberá ser

suministrada por productores ubicados en terceros países, generando un mercado global.

Estas oportunidades pueden ser aprovechadas por Chile para generar un nuevo subsector económico en el país. En el Estudio Base para la Elaboración de la Estrategia Nacional para el Desarrollo de Hidrógeno Verde en Chile, elaborado en 2020 por McKinsey & Company, por encargo del Ministerio de Energía, se estimó un potencial mercado anual para el país, tanto doméstico como de exportación, de USD 33 mil millones al 2050. Como comparación, esto equivale a las exportaciones de cobre de Chile en los últimos años o más del 10% del PIB actual.

Acceder a suministrar estos mercados requerirá desplegar inversiones masivamente. Toda la infraestructura y las nuevas instalaciones necesarias para la producción, acondicionamiento, almacenamiento y transporte de este volumen de hidrógeno verde requeriría más de USD 300 mil millones en inversión al 2050. Toda esta nueva actividad llevaría a generar cientos de miles de empleos durante la instalación y consolidación de la industria. Estas magnitudes del potencial impacto del hidrógeno verde en Chile son de proporciones transformadoras.

El desarrollo del hidrógeno verde dinamizará especialmente la actividad económica de las regiones. Solo en la Región de Magallanes se ha estimado un potencial de producción de hidrógeno verde de más de 10 mil millones de toneladas al año, en base a energía eólica, suficiente para abastecer el 13% del consumo global de hidrógeno actual (Ministerio de Energía, 2021). En las regiones del norte del país se observan potenciales de la misma escala. Las inversiones que se desplieguen para aprovechar estas oportunidades no solo

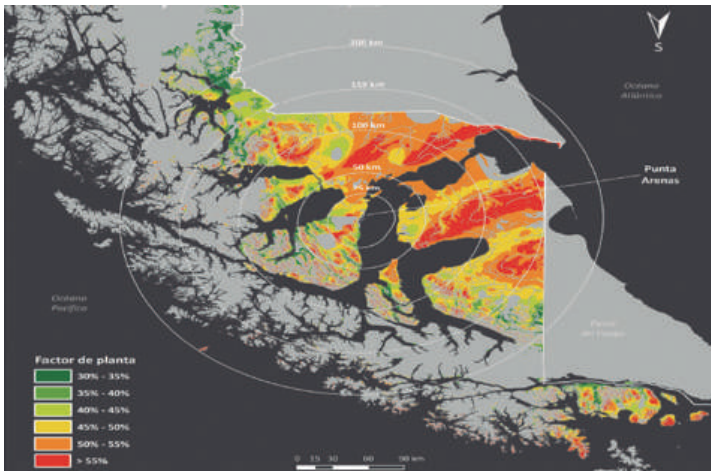
impactarán a las regiones generando empleos directos, sino que crearán complejos ecosistemas económicos en torno a ellas. A medida que el sector se desarrolle, estas regiones fortalecerán su capital humano, generarán innovaciones y proveedores locales, así como observarán el despliegue de mayor infraestructura vial, portuaria, sanitaria y eléctrica que aumentará la calidad de vida de sus habitantes.

La industria del hidrógeno se integrará a otros sectores, potenciando la demanda por servicios, innovaciones, bienes y especialistas. La cadena de suministro del hidrógeno verde requerirá de inversiones significativas en infraestructura, como puertos, desaladoras, plantas de energía renovable, líneas de transmisión y otras, las que crearán hasta el 40% de los empleos del sector hidrógeno verde (GIZ, HINICIO Chile, 2020). Además, esta industria apalancará las capacidades que se han generado en el país en torno a las industrias químicas y manufactureras existentes, creando oportunidades para integrar más segmentos de la cadena de valor e insertar talento local dentro de estos proyectos.

Además de la oportunidad económica, el hidrógeno verde tiene el potencial de hacer más costo-eficiente la ruta de Chile a la carbono-neutralidad que se ha comprometido a alcanzar al 2050. Análisis muestran que su utilización en aplicaciones que son difíciles de limpiar (en inglés, *hard-to-abate*) permitirán entre el 17% y el 27% de las reducciones de GEI necesarias para lograr la carbono-neutralidad (Gobierno de Chile, 2020). Estas incluyen principalmente -pero no están limitadas a- el transporte pesado de carga en ruta, el transporte urbano e interurbano de pasajeros, los camiones de extracción minera y usos motrices y de calor en las industrias y hogares. Este esfuerzo implicará inversiones con retorno positivo. Esto quiere decir que, a largo plazo,

utilizar hidrógeno verde en estas aplicaciones reducirá los costos para las industrias y personas. Una diferencia crítica con otros países es que la producción de hidrógeno verde en Chile, incluso considerando su exportación, no pondrá en riesgo la transición energética local, pues el potencial de producción supera con creces la demanda energética nacional. Chile tiene la capacidad de producir más de 1800 GW de energía eléctrica renovable solo entre Arica y Chiloé, lo que equivale a más de 70 veces el consumo nacional actual. Este potencial es, además, de altísima calidad; en Magallanes es posible encontrar zonas con factores de planta eólicos más altos que en el Mar del Norte europeo.

Figura 4: Mapa de factor de planta eólico en zonas factibles de la Región de Magallanes y la Antártica Chilena.



Fuente: (Ministerio de Energía, 2021).

La vocación exportadora de Chile, desde el salitre que alimentaba al Viejo Mundo en el anterior cambio de siglo,

hasta el cobre que hoy se utiliza para producir vehículos cero-emisión en Asia, ofrece una oportunidad adicional a la de crecimiento local y de reducción de emisiones que el hidrógeno verde presenta. El desarrollo de esta industria en Chile contribuirá a mitigar el cambio climático de manera decisiva, proveyendo de combustibles limpios a las naciones que no poseen suficientes recursos renovables. Esto pondrá al país en una posición de influencia internacional, como toda una nación que ha sido relevante exportadora de recursos energéticos en el pasado. Además, ejemplificará cómo el cambio climático no implica necesariamente un ‘juego de suma cero’ en que los países se movilizarán para repartir pérdidas, sino una oportunidad de generación de valor conjunto y de crecimiento sostenible de largo plazo en regiones que todavía no alcanzan un desarrollo económico maduro.

Por último, esta industria de futuro ofrece una oportunidad de ejercitar las capacidades del Estado para facilitar e impulsar sectores industriales innovadores mediante una política pública orientada por misión. Los resultados que se obtengan permitirán evaluar la efectividad en establecer políticas de desarrollo industrial que apalanquen las capacidades, los recursos y las ambiciones privadas mediante un rol proactivo del Estado en resolver barreras a la inversión y reducir incertidumbres a los desarrollos limpios e inteligentes. Este enfoque de política de Estado podría complementar los focos en estabilidad macroeconómica, transparencia regulatoria y apertura a la inversión y al comercio, que han sido los pilares del desarrollo económico de Chile en las últimas décadas. La necesidad de este tipo de innovaciones se evidencia en la historia reciente: entre los años 2004 y 2019, Chile añadió solo nueve productos a su matriz de exportación en cantidad significativa (Growth Lab, 2021). Si el país aspira a continuar creciendo para reducir sus niveles de pobreza,

ofrecer una mejor calidad de vida a su ciudadanía y jugar un rol positivo en el desarrollo internacional, entonces aumentar la complejidad de su economía y su comercio mediante apuestas estratégicas es esencial.

La necesidad de establecer una política de Estado

Existen diversos caminos para materializar las oportunidades descritas. Una alternativa es confiar en que las condiciones macroeconómicas y de estabilidad de Chile atraerán las inversiones necesarias sin necesidad de acciones adicionales. En el pasado reciente esto ha permitido el despliegue de inversiones significativas en diversos sectores económicos. Sin embargo, la economía del hidrógeno presenta múltiples fallas e ineficiencias de mercado debido a su novedad; fallas de coordinación, asimetrías de información, altos costos de transacción, pocos oferentes y demandantes, entre otros. Por tanto, un enfoque *laissez faire* absoluto pondría en riesgo la materialización de los avances necesarios en el tiempo en que la crisis climática demanda acción.

Otro camino potencial es la circunscripción absoluta de la economía del hidrógeno al dominio una empresa del Estado. Este fue el caso de algunas industrias durante el siglo pasado. No obstante, la simple magnitud del desafío es mayor a lo que es factible para el país de administrar. Como comparación, la Estrategia requerirá US\$ 55 mil millones en inversión cada 5 años entre hoy y 2050, mientras que Codelco -la mayor empresa estatal- contempla un plan actual de inversión de US\$ 40 mil millones a 10 años (Codelco, 2021). Además, esta ruta forzaría al Estado a asumir todo el riesgo de este nuevo desarrollo, el que presenta incertidumbre. Por tanto, un enfoque que excluye la participación de privados hipotecaría

el potencial éxito del país en reducir sus emisiones y levantar una nueva industria.

Dado lo anterior es que la Estrategia Nacional de Hidrógeno Verde define un rol para el Estado como facilitador, coordinador e impulsor de esta nueva industria, mediante un enfoque de política orientada por misión. Esta apalanca la iniciativa, innovación e inversión privada, a la vez que vela por la captura de valor del país en esta nueva industria. Este rol del Estado se construye sobre las fortalezas de Chile para posicionarlo internacionalmente como un polo de desarrollo del hidrógeno limpio, apoyándose en las robustas políticas públicas e institucionalidad construidas en años pasados, y en la confianza que se ha generado en el sector privado respecto de los procesos, capacidades y autoridades. Estas fortalezas son reconocidas y valoradas por los privados en Chile y el exterior.

El desafío del país es, por tanto, ejecutar una política que resuelva las tensiones existentes para generar los beneficios buscados por los *first movers* de esta industria. Estas tensiones incluyen, por ejemplo, desafíos del tipo “dilema del prisionero” respecto de las inversiones en tecnologías limpias y a la regulación y compromisos de reducción de emisiones. Si los gobiernos y compañías se movilizan coordinadamente, el costo total de la transición a una economía baja en carbono será menor que si estos actores se transforman solo gradualmente en el tiempo. Esto, porque las curvas de aprendizaje se recorrerían más rápido y las economías de escala de tecnologías limpias se alcanzarían antes. Sin embargo, los actores individuales también tienen un incentivo a no realizar esfuerzos y aprovechar estos aprendizajes y escalas una vez que otros los hayan generado, realizando *free-riding*. En una economía global competitiva, esta tensión es desafiante de resolver.

Una pregunta que podría surgir frente a esta definición es por qué Chile estableció una estrategia nacional de manera tan temprana, cuando se puede argumentar que no tiene las capacidades de desarrollar toda la tecnología mencionada ni generar las economías de escala globales necesarias. La respuesta es múltiple. Primero, porque es necesario comenzar con anticipación a desarrollar la regulación y los incentivos necesarios para resolver las fallas de mercado que impiden el crecimiento y dificultan la competencia en esta nascente industria. Asimismo, los bienes públicos que necesitará esta industria, como infraestructura e investigación públicas, requerirán tiempo suficiente para diseñarse y desplegarse de manera eficiente. En tercer lugar, el Estado tiene la responsabilidad de velar por el bienestar de la ciudadanía, por lo que debe preparar a la economía nacional para responder ante políticas climáticas que se vuelven cada vez más estrictas y así mantener su competitividad internacional, crecimiento y empleos. Finalmente, los *first movers* tendrán ciertas ventajas que compensarán a sus costos: captarán contratos de exportación de largo plazo que dejarán fuera a otros competidores, influirán en definiciones de normativa y comercio internacional que quedarán instaladas a largo plazo, y capturarán a un mayor número de actores capaces de apoyar técnica y financieramente a esta industria, tales como banca multilateral, talento joven, grandes compañías y filantropía.

Otras tensiones críticas incluyen la necesidad de alinear incentivos para grupos de interés que frecuentemente se encuentran enfrentados, como el Gobierno, el Congreso, la academia, los privados, la ciudadanía y los socios internacionales, y la necesidad de distribuir los costos de la transición de manera desigual en el tiempo. La generación actual asumirá los costos de transitar a una economía descarbonizada, mientras que la generación futura es la que disfrutará de sus

La industria del hidrógeno verde en Chile demandará una inversión, de aquí al 2050, de 55 mil millones de dólares cada cinco años. Solo a modo de comparación, Codelco contempla un plan de inversión de 40 mil millones de dólares en los próximos 10 años.

beneficios. A nivel político, este desfase entre costos y resultados podría producir inmovilidad. Es por esto que la Estrategia Nacional de Hidrógeno Verde fue formulada como una política de Estado que trascendiera a un programa particular de una administración de gobierno. Esta Estrategia ha sido efectiva en alinear actores y producir avances, porque se ha posicionado como una aspiración nacional compartida entre una variedad de actores. Tal compromiso con esta visión no proviene de un mandato legal, sino de la legitimidad otorgada por múltiples grupos de interés a esta ambición, a través de amplios procesos participativos de formulación y rigor técnico. Cuidar de esta legitimidad social, política y económica es necesario para que el objetivo de continuidad se alcance y los costos asumidos por el país rindan los resultados buscados.

La elaboración de una política industrial de alto nivel

El sector energía fue innovador en definir una política sectorial de largo plazo continua en Chile, con participación de la ciudadanía y sector privado, fundada en análisis técnicos y en las tendencias globales. La Política Energética Nacional fue publicada por primera vez en 2016, sentando un precedente. Se espera que en 2021 se publique su primera actualización quinquenal, dando continuidad a los esfuerzos de Estado que trasciendan gobiernos individuales. Esta política orienta el quehacer de las instituciones del sector, así como genera una visión común sobre su desarrollo. La elaboración de políticas

públicas en el sector se ha nutrido de estas experiencias. El rigor técnico, la participación ciudadana, las perspectivas de los privados y las tendencias internacionales las permean. La construcción de la Estrategia Nacional de Hidrógeno Verde siguió estos mismos lineamientos.

La Estrategia fue elaborada en base a los estudios y levantamientos de información existentes en el país. Esto formó fuertes fundaciones sobre las cuales avanzar. Trabajos publicados por el Programa de Energías Renovables y Eficiencia Energética en Chile, de la agencia alemana GIZ, lograron la difusión de conocimiento técnico y la definición de brechas en torno al hidrógeno verde (Vásquez & Salinas, 2019; Centro de Energía UC, 2020; Fichtner GmbH & Co. KG, 2020). La organización de congresos internacionales de hidrógeno verde en 2017 y 2018 en Chile, por parte de esta agencia junto a la Corporación de Fomento de la Producción (CORFO), aportó a generar redes y difundir conocimiento. Parte de esta red fundó, en 2018, la Asociación Chilena de Hidrógeno, la primera asociación profesional y gremial en el país dedicada a este elemento. Finalmente, CORFO entregó insumos y visiones propuestas al Ministerio de Energía en 2019 con el fin de avanzar hacia una Estrategia Nacional, en base a mesas participativas con privados. El momento para construir esta política, por tanto, había sido anticipado.

En 2020 se realizó el proceso de construcción de la Estrategia con los principios de inclusividad, eficiencia y efectividad en mente. La inclusividad se implementó a través de cuatro mesas técnicas con participación de la industria y academia, a las que asistieron 66 organizaciones con conocimiento del tema, resultando en más de 700 acciones propuestas para el cierre de brechas al hidrógeno verde. Además, se realizaron tres talleres ciudadanos con participación de 90

organizaciones civiles, las cuales entregaron definiciones de las oportunidades y requerimientos necesarios que percibían respecto del energético.

La eficiencia fue un objetivo crítico considerando el tenso clima político y social de 2020 en Chile, además de los desafíos que impuso la pandemia del Covid-19 a todo el planeta. Con el fin de lograr mucho con poco, es que el Ministerio de Energía formó un equipo pequeño y ágil para coordinar con otros servicios públicos y liderar el esfuerzo del Estado en esta materia. Ello permitió apalancar las capacidades existentes del Estado, evitar la duplicidad de esfuerzos, maximizando adicionalidad, y orientar los esfuerzos hacia los objetivos para alcanzarlos en los plazos definidos.

Este equipo lideró una mesa con 10 Ministerios y agencias¹ para implementar esta coordinación y así generar una política coherente con los esfuerzos del Estado en diversas aristas, como la Estrategia de Electromovilidad, el Proyecto de Ley de Cambio Climático y las actualizaciones normativas de transportes, entre otros.

Esta Estrategia Nacional es, por tanto, no solo una política sectorial técnica, sino que el resultado del ejercicio de liderazgo adaptativo en y desde el Estado. Es evidencia de cómo la movilización efectiva de actores para enfrentar una oportunidad o desafío complejo debe considerar, al mismo tiempo, los -a veces- contrapuestos conceptos de participación amplia, respeto a las instituciones, abandono de reglas inefectivas y apertura a la innovación (Heifetz, 1998). Esto

1 Ministerios de Energía; Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación; Minería; Economía, Fomento y Turismo; Transporte y Telecomunicaciones; Medio Ambiente y Relaciones Exteriores, junto con CORFO e InvestChile, además de la agencia alemana GIZ.

se reflejó en una construcción gradual de la Estrategia, confiando en las capacidades existentes en los equipos del Estado y respetando las reglas y tradiciones institucionales, terminando en un producto validado y robusto. Al mismo tiempo, se dio rienda suelta al talento, ideas y liderazgos de las instituciones, permitiendo que profesionales tanto jóvenes como experimentados generaran diagnósticos holísticos y conclusiones accionables. La colaboración con organizaciones internacionales, como el Banco Interamericano de Desarrollo y el Banco Mundial, fortaleció este proceso con miradas globales y recursos técnicos.

El concepto final de construcción de esta Estrategia, que fue considerado para maximizar sus probabilidades de éxito e impacto, es el de la alineación con los principios de desarrollo que el país ha seguido en las últimas décadas. Si bien la Estrategia define seis pilares, estos se pueden resumir en los principios de (i) confianza en la innovación, inversión e iniciativa privada; (ii) reglamentación para un desarrollo coordinado, eficiente, y sostenible por parte del Estado, y (iii) apertura al comercio y flujo de capacidades y capitales internacionales. Los objetivos y líneas de acción definidos en la Estrategia se basan en estos principios para ser implementables y efectivos. Buscan apalancar las capacidades existentes e innovar en un grado suficiente para lograr avances, pero en un grado también controlado para que la institucionalidad, el público y los privados, sean capaces de tolerarlo y reaccionar de manera productiva para materializar la oportunidad. Estos cursos de acción se describen a continuación.

AVANCES Y DESAFÍOS PENDIENTES

La Estrategia Nacional de Hidrógeno Verde establece un plan de acción con medidas y objetivos específicos a alcanzar

en el corto y mediano plazo. En este capítulo se exponen los avances que este plan de acción ha logrado en torno a cuatro ejes temáticos: (i) regulación y permisos; (ii) financiamiento e incentivos; (iii) demanda doméstica y asociaciones internacionales, y (iv) desarrollo local. Además de los avances, se delinean los múltiples desafíos que aún queda por resolver y se ofrecen perspectivas para abordarlos.

Nueva regulación para un nuevo energético

El desarrollo de regulación -leyes, reglamentos, normas y procedimientos- por parte de la autoridad usualmente pretende perseguir múltiples objetivos de manera simultánea. Como es el caso de la mayoría de los energéticos, las motivaciones para el desarrollo temprano y ágil de regulación son principalmente proteger a las personas, el medio ambiente, los bienes e infraestructura, así como reducir la incertidumbre y brechas de costo a desarrolladores e inversionistas, para acelerar la ejecución de proyectos y adopción tecnológica. En industrias como las del hidrógeno verde, de alta incertidumbre tecnológica y de gran necesidad de capital, mejora el acceso y las condiciones del financiamiento de proyectos cuando las condiciones regulatorias son claras, estables y positivas. La estandarización normativa a nivel internacional también facilita la emergencia de cadenas de suministro globales.

En contraste a sus claros beneficios, la definición de regulación debe balancear los múltiples y usualmente contrapuestos principios de diseño mostrados en la Figura 5. Si bien los reguladores buscarán maximizar el alcance e impacto de sus desarrollos, es inevitable que estos deban sacrificar algunas características en favor de otras, dados los recursos limitados -presupuesto, tiempo, especialistas- que poseen para esta labor.

Figura 5



Fuente: Adaptado de Pérez-Arriaga. (2013).
Regulation of the power sector.

Los estudios de diagnóstico regulatorio referenciados en la sección anterior entregaron una definición basal de la regulación necesaria para desarrollar el hidrógeno como energético. Complementariamente, en el proceso participativo de construcción de la Estrategia emergieron nuevas perspectivas y experiencias. Así, se definieron las brechas de regulación y normativa que deben ser cubiertas para habilitar el desarrollo seguro, sostenible y eficiente del hidrógeno en Chile. Además, se identificaron más de 100 normas y estándares internacionales que podrían usarse de referencia para construir la regulación local a lo largo de toda la cadena de valor del hidrógeno. En base a esto y a la experiencia institucional y técnica, local e internacional, el Ministerio de Energía definió un plan de desarrollo regulatorio para los próximos años, priorizando las aplicaciones y segmentos que requieren una habilitación más temprana, así como aquellos cuerpos regulatorios que son fundamentales para el desarrollo futuro de la normativa.

Uno de los primeros avances fue ampliar la definición del hidrógeno mismo. Mediante la promulgación de la Ley 21.305, en 2021, se le definió por primera vez como un energético, sujeto por tanto a la potestad regulatoria del Ministerio de Energía, y ya no solo como una “sustancia peligrosa”. Esto se requirió para desarrollar una normativa que se adecúe a los nuevos usos que tendrá este elemento en la escala que se proyecta y de acuerdo con el explosivo incremento de personas que estarán expuestas a este gas en el futuro. Además de estas implicancias jurídicas, esta acción tiene como consecuencia integrar de lleno al hidrógeno dentro de la política pública que el Ministerio de Energía llevará a cabo en las siguientes décadas, además de integrarlo en el imaginario colectivo de fuentes y vectores energéticos. De hecho, la Ley 21.305 estableció también, desde ya, la obligación de fijar estándares de eficiencia energética para vehículos vendidos en Chile, lo que promoverá los vehículos de hidrógeno, entre otros cero-emisión.

El primer reglamento de seguridad para normar el hidrógeno como energético se planea publicar en 2022 y considera la participación de instituciones de los sectores minería, energía, transporte, medio ambiente, salud y defensa. Este trabajo colaborativo y coordinado es un requisito para una normativa robusta y sostenible, pues el hidrógeno es un elemento que cruza diversos sectores. La participación de varias instituciones también complementa con perspectivas y requisitos locales a una normativa que se base en las mejores prácticas y estándares internacionales para cumplir con sus objetivos. En particular, lograr una normativa que prevenga la ocurrencia de accidentes y el impacto de estos, es una prioridad para las instituciones, pues experiencias negativas pueden generar un alto rechazo en el público general cuando ocurren de manera

temprana para nuevas tecnologías, perdiendo la oportunidad de desplegarlas.

Mientras se desarrolla la normativa, la Estrategia plantea habilitar el desarrollo de pilotos demostrativos mediante mecanismos especiales de autorización. Estos proyectos tempranos permitirán generar experiencia y capacidades, las que, a su vez, fortalecerán la normativa y reducirán incertidumbres respecto de las tecnologías y su despliegue en condiciones reales en el país. Múltiples instituciones ya han publicado guías y protocolos para solicitar autorizaciones para el pilotaje de tecnologías de hidrógeno en variadas aplicaciones (Ministerio de Energía y Superintendencia de Electricidad y Combustibles, 2021; Servicio Nacional de Geología y Minería, 2021; Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones, 2021). Estos pilotajes habilitados permitirán que tanto los desarrolladores privados como los funcionarios públicos puedan generar experiencia a nivel técnico, ambiental y social para alimentar futuros procesos de regulación, fiscalización, evaluación y formulación de políticas.

El desarrollo local de normativa y pilotajes se robustece cuando es coordinado a nivel internacional. La utilización de códigos y estándares reconocidos globalmente, como las normas NFPA, ISO, DIN, entre otras, como referencias para el desarrollo de normativa local facilita la ejecución de proyectos por parte de privados y, en efecto, integra el mercado local con el internacional, permitiendo la importación y exportación de tecnologías compatibles y la generación de capacidades humanas homologables. Chile tiene la oportunidad de influir en las discusiones que dan origen a estas normas. Además, participar de plataformas internacionales, como la Agencia Internacional de Energía u otras, abre espacios para que el país sea también un líder que impulse

el desarrollo de normativa para aplicaciones de su interés, tal como el uso de hidrógeno en minería subterránea, sector para el cual todavía no existe una normativa en el mundo. En particular, existe una oportunidad no aprovechada aún para el desarrollo colaborativo de normativa de hidrógeno a nivel latinoamericano, región en la que prácticamente no se cuenta con regulación específica para el hidrógeno como energético.

Reducción de las brechas de costo y habilitación del financiamiento

La escala de las transformaciones necesarias en nuestra economía requiere activar la capacidad de los mercados para desplegar capital, recursos y talento. Sin embargo, para esto es necesario resolver las fallas de mercado que dificultan la transición a sistemas bajos en carbono. Dada la novedad del hidrógeno verde, existen fallas de mercado en forma de asimetrías de información, pues el conocimiento no se encuentra aún difundido entre los actores, baja coordinación, pues hay descoordinación entre los pocos oferentes y demandantes, y altos costos de transacción, pues cada negocio y proyecto es prácticamente una innovación. Además, la economía actual aún no internaliza adecuadamente las externalidades negativas de los combustibles fósiles, lo que genera una asignación ineficiente de recursos.

Es por esto que la Estrategia plantea una línea de acción que reduzca tempranamente las brechas de costo y atraiga a los primeros financistas de proyectos de gran escala. El cierre financiero e implementación de proyectos tempranos demostrará tecnologías, coordinará cadenas de suministro y proveedores, generará confianza y aceptación, así como levantará información y conocimiento que fortalecerá un mercado. La generación de aprendizajes y reducción de ries-

gos habilitarán más proyectos, activando así un círculo de retroalimentación positiva. Con el tiempo, el escalamiento de este mercado reducirá a su vez los costos, cerrando aún más firmemente la brecha con las soluciones fósiles. El logro de estos objetivos requiere de acciones que apunten a resolver necesidades en múltiples plazos: corto, mediano y largo.

Los primeros dos o tres años de implementación de la Estrategia serán determinantes. En procesos de transformación de sistemas complejos, como los energéticos y económicos, se debe vencer una enorme inercia, por lo que los cambios suelen seguir un comportamiento exponencial; lentos en un comienzo y acelerándose una vez que se alcanza una masa crítica (Sterman, 2000). Por lo tanto, comenzar temprana y decididamente a crear y crecer un mercado fortalecerá la posición de Chile en el futuro respecto de sus competidores y maximizará sus oportunidades. Para esto se requiere potenciar la demostración tecnológica mediante proyectos tempranos y fomentar la adopción. Iniciativas como el Primer llamado para el financiamiento de proyectos de Hidrógeno Verde en Chile, lanzado en 2021 por CORFO, para entregar US\$ 50 millones en aporte público a proyectos privados, contribuyen a cerrar la brecha de costo respecto de combustibles fósiles en etapas iniciales. Dado el enorme potencial de Chile en energías renovables y los avances tecnológicos desarrollados en el extranjero, programas público-privados de este tipo fomentan inteligentemente el escalamiento a un relativo bajo costo para el Estado, abriendo camino para la posterior inversión privada competitiva. Adicionalmente, el trabajo de coordinación y nivelación de información de los actores del mercado es crítico. La Aceleradora de Hidrógeno Verde de la Agencia de Sostenibilidad Energética es un ejemplo de programas que facilitan la reducción de estas fallas de mercado, generando redes público-privadas que resultan en

proyectos implementables. Mayores y más amplios incentivos se requieren todavía para desatar el crecimiento del mercado del hidrógeno verde en Chile; en particular, en sectores como el transporte, la minería y las aplicaciones distribuidas. Generar más instrumentos en el corto plazo permitirá resolver este desafío.

Una vez establecidas iniciativas demostrativas, se requerirá avanzar hacia el escalamiento de proyectos para aumentar la competitividad y la profundidad del mercado, así como ingresar al mercado de exportación de hidrógeno verde. Para esto, se necesitará habilitar en los próximos 3 a 5 años financiamiento en condiciones adecuadas para este escalamiento, además de la internalización de las externalidades negativas de los combustibles fósiles. Respecto de lo primero, existe interés de parte de actores por estructurar mecanismos público-privados de financiamiento concesional, incluyendo apoyo de parte de instituciones multilaterales, como el Banco Interamericano de Desarrollo y el Banco Mundial. La implementación efectiva de alguno de estos instrumentos permitiría reducir el costo de capital de manera que privados puedan desarrollar proyectos a escala. Respecto del segundo desafío, existen también avances en Chile. El Ministerio de Energía busca publicar una Estrategia de Instrumentos Económicos para apoyar la transición energética, la que definirá, entre otras cosas, las acciones necesarias para internalizar las externalidades de los energéticos fósiles y así cerrar la brecha de costos entre estos y energético limpios, como el hidrógeno verde. Un desafío pendiente para el mediano plazo será, entonces, la implementación efectiva de las medidas que proponga dicha estrategia. Sin estas dos condiciones mencionadas, la inversión privada en hidrógeno verde demorará su despliegue y es posible que no sostenga su esfuerzo.

Mientras se desarrolla una normativa al respecto, se ha habilitado -a través de mecanismos especiales- el desarrollo de proyectos pilotos demostrativos, los cuales permitirán ganar experiencia y capacidades que, a su vez, fortalecerán la futura normativa y reducirán la incertidumbre respecto de las tecnologías y su despliegue en condiciones reales.

Colaboración internacional y movilización de actores locales

La Estrategia plantea no solo convertir a Chile en uno de los principales productores y exportadores a nivel mundial en la cadena de valor del hidrógeno verde, sino también posicionarlo como un actor de vanguardia y relevancia frente a la comunidad internacional. Tal posición le permitirá tanto atraer talento y recursos para el desarrollo de la industria, como también influir en discusiones regulatorias y comerciales globales. Para materializar esta oportunidad, se han desplegado esfuerzos diplomáticos y de colaboración técnica desde múltiples ministerios, agencias y desde asociaciones privadas. Clave entre estos es la Diplomacia del Hidrógeno Verde lanzada por los ministerios de Relaciones Exteriores y Energía en 2020. Esta iniciativa enmarca diversas líneas de trabajo colaborativo con otras instituciones como InvestChile y CORFO, en temas críticos para el despliegue exitoso de la Estrategia en los ámbitos financiero, comercial, regulatorio, técnico y de investigación e innovación.

La Diplomacia del Hidrógeno Verde ha levantado iniciativas de atracción de inversión y proveedores de tecnología extranjeros, fomento a la apertura del comercio en hidrógeno verde y sus tecnologías, e influencia sobre la estandarización internacional técnica y de certificación del hidrógeno limpio. Además, ha permitido la colaboración técnica entre países y organizaciones, potenciando la producción de análisis y la

investigación e innovación conjunta entre empresas y centros de pensamiento nacionales y extranjeros. Por último, las relaciones de colaboración internacional con otros gobiernos, empresas e institutos, han alimentado con mejores prácticas y estado del arte del conocimiento a los procesos de elaboración de regulación y de políticas públicas en Chile.

Iniciativas que materializan el marco descrito son, por ejemplo, los Memorándum de Entendimiento que el Ministerio de Energía ha activado con Singapur, Corea del Sur, el Puerto de Rotterdam y el Puerto de Amberes y Zeebrugge, para la innovación tecnológica y desarrollo de una cadena de suministro internacional de hidrógeno verde, así como una Asociación Energética junto con Alemania para aprender de los procesos de transición energética en ambos países y conectar sus ecosistemas públicos y privados.

En una gira realizada el 2021 a Europa, el Ministro de Energía también firmó declaraciones junto a los gobiernos de Países Bajos, Francia y Reino Unido, para ampliar los diálogos bilaterales e incluir temas técnicos, comerciales, regulatorios y socioambientales del hidrógeno verde. Por su parte, el Ministerio de Relaciones Exteriores ha profundizado la posición de potencia en energías limpias de Chile y su potencial en hidrógeno verde en diversos foros relevantes, plataformas multilaterales y procesos de negociación, desplegando una diplomacia que potencia la atracción de talento y recursos, la defensa de los intereses comerciales y climáticos de Chile, y el potenciamiento de la creación e intercambio de conocimiento e innovaciones. La posición de Chile ha sido positivamente reconocida en múltiples espacios (World Energy Council, 2021; ESMAP, 2020), pero se requiere proteger y profundizar para que las oportunidades se materialicen.

Las relaciones bilaterales son herramientas críticas para el despliegue de la Estrategia en Chile. Abrir canales de comunicación con países que tienen desarrollos tecnológicos y empresas experimentadas en hidrógeno permite transferir conocimiento y compartir buenas prácticas y aprendizajes, contribuyendo a formar capacidades locales. Asimismo, establecer diálogos fluidos con países que han declarado que serán importadores de hidrógeno limpio permite definir tempranamente todos los requerimientos que el país debe cumplir con tal de posicionarse como proveedor internacional.

Socios tempranos como Singapur y Japón ya han realizado estudios que demuestran la atractiva posición de Chile como proveedor de hidrógeno limpio (KBR, 2021; Institute of Energy Economics of Japan, 2021). La cooperación bilateral con la Unión Europea ha permitido cofinanciar estudios de actores privados para impulsar esta industria (Agencia Chilena de Cooperación Internacional para el Desarrollo, 2021). Actores privados también han relevado el potencial de Chile como futuro proveedor de combustibles limpios (Hydrogen Import Coalition, 2020; Ricardo Energy & Environment, 2019). En un contexto en el que diversos países, como Australia, Nueva Zelanda, Marruecos y otros, han declarado que serán exportadores de este energético, capturar demanda externa de manera temprana asegurará una participación de mercado que impulsará inversiones a gran escala en Chile y lo posicionará como líder. Si bien existen iniciativas públicas y privadas, se requiere aún traducir estas relaciones en programas que resuelvan barreras específicas para el despliegue de proyectos.

Como complemento de las relaciones bilaterales, las plataformas multilaterales son una herramienta efectiva para potenciar la innovación, intercambiar mejores prácticas

y fomentar la demanda internacional. Por ejemplo, Chile participa desde 2015 a través de CORFO y el Ministerio de Energía de la plataforma Mission Innovation, en la que 24 países se comprometieron a duplicar su financiamiento público a la investigación y desarrollo de energía limpia. Después de cumplir esta meta, la organización lanzó, en 2021, misiones quinquenales en torno a tecnologías críticas para el cambio climático, de las cuales Chile es colíder de la Misión de Hidrógeno Limpio junto a Australia, Estados Unidos, Reino Unido y la Unión Europea.

Por otra parte, el intercambio de mejores prácticas fortalece la política pública local y las redes público-privadas. La participación de Chile en foros como la International Partnership for Hydrogen and Fuel Cells in the Economy (IPHE) y la Hydrogen Initiative del Clean Energy Ministerial (CEM), le permiten promover iniciativas de estudio y colaboración, así como influir en discusiones abiertas, como la definición de esquemas de certificación internacional de huella de carbono del hidrógeno (HINICIO & LBST, 2021). Las plataformas multilaterales también pueden impulsar iniciativas regulatorias y comerciales concretas para generar demanda internacional de hidrógeno limpio. Concretamente, organizaciones como el Global Maritime Forum o el World Economic Forum aportan al establecimiento de metas más ambiciosas de descarbonización desde el sector privado. Chile ha ejercido liderazgo en las plataformas mencionadas, contribuyendo al avance global de la industria.

Es crítico para el éxito de la Estrategia que la demanda local pueda activarse, con los fines de aportar a la descarbonización y de generar las capacidades necesarias para luego competir en mercados internacionales. Además, la demanda local ofrece más oportunidades para generar y capturar valor

por parte de empresas y talento locales, pues las aplicaciones requieren de experiencia en los contextos específicos, tal como los sectores minero y urbano. Por último, esta demanda local apalancará las exportaciones del país, las que reducirán su huella de carbono y, por tanto, capturarán más valor en los mercados internacionales que crecientemente valoran los atributos verdes de estos productos. Algunas industrias locales han mostrado iniciativa temprana. Por ejemplo, la minera Anglo American se ha comprometido a alcanzar la carbono-neutralidad en todas sus operaciones en Chile al 2030 y ha manifestado que el hidrógeno verde será una pieza clave de ello. En 2021, la empresa generó y utilizó las primeras moléculas de hidrógeno verde en Chile para aplicaciones en minería.

Otra empresa que ha comprometido su participación en habilitar demanda local es el aeropuerto Nuevo Pudahuel, el que podría recargar aeronaves y equipos que operen con hidrógeno verde a partir de 2030. Por otra parte, el gobierno también ha comprometido el envío de un proyecto de ley para establecer cuotas de hidrógeno verde en redes de gas, con el fin de generar mayor mercado local de manera temprana (Revista Electricidad, 2021). Estos son ágiles avances que direccionan a la industria hacia la energía limpia y local. Sin embargo, se necesitará sostener y complementar estos esfuerzos para concretar las ambiciones de la Estrategia. En particular, en los sectores minero, que significará más del 20% del consumo doméstico de hidrógeno al 2050, y de transporte, que representará más del 35% (McKinsey & Company, 2020).

CAPTURA DE VALOR

Promover un desarrollo industrial que tome en cuenta las capacidades, necesidades, anhelos, fortalezas e intereses de los grupos del territorio donde se inserta para producir y capturar valor aportará tanto a la sostenibilidad en el tiempo como la eficiencia del esfuerzo. Este enfoque se puede aplicar tanto a nivel local como nacional. A nivel local, la aceptación de esta nueva industria por parte de diversos grupos de interés facilitará el desarrollo de proyectos, habilitará un crecimiento más descentralizado y producirá mayor formación y transferencia de capacidades humanas. A nivel nacional, la organización, planificación y gestión de los bienes públicos que requiere esta industria reducirá los riesgos de los proyectos, potenciará nuevas tecnologías y negocios, y generará ventajas comparativas para atraer inversiones y aumentar la competitividad internacional. Para lograr estos resultados en micro y macro escala, se requiere apalancar buenas prácticas actuales y desarrollar nuevos programas e iniciativas cuando estas sean necesarias.

La utilización y el acceso a energía y el agua son temas que preocupan a comunidades a lo largo del país. Desde hace varios años que en el país el diálogo entre desarrolladores de proyectos energéticos y comunidades cercanas ha permitido el fortalecimiento técnico, social y ambiental de las inversiones, para lo que existen mejores prácticas documentadas y mediación del Estado disponible (Ministerio de Energía, 2016). Adicionalmente, la exploración de mecanismos de asociatividad entre los desarrolladores y las comunidades también puede llevar a mejores resultados en aceptación social. Estos mecanismos de vinculación territorial permite a los actores fomentar una más productiva participación comunitaria y ciudadana en los procesos de Evaluación de Impacto Am-

biental, proceso a los que una amplia gama de proyectos de hidrógeno tendrá que someterse dada la regulación existente y la naturaleza de los proyectos (Inodú, 2020). Si bien los impactos ambientales de la cadena de suministro del hidrógeno son relativamente menores a otras actividades industriales (European Industrial Gases Association, 2018), estos deben comunicarse y controlarse según la regulación. Los esfuerzos de vinculación se verán fortalecidos si los proyectos y tecnologías desplegadas aportan a resolver necesidades locales además de tener sentido comercial. Por ejemplo, proyectos de almacenamiento de hidrógeno en sistemas eléctricos medianos y aislados aportarían a una mayor penetración de energías renovables en estos, mientras que proyectos de hidrógeno que impulsen capacidad de desalación podrían generar flujos adicionales proveyendo de agua a localidades cercanas. Si la regulación y las políticas, ordenamientos y planes territoriales propenden a estos proyectos de valor compartido, se promoverá una mayor aceptación territorial de parte de una ciudadanía que se beneficia por el despliegue de esta industria.

Una de las maneras más directas en que la ciudadanía puede experimentar la captura de valor de una nueva industria es la participación en ella como fuerza laboral. Un estudio estima que hasta entre 121 y 156 empleos de tiempo completo equivalente podrían generarse al 2050 por cada mil toneladas de hidrógeno verde producidas al año en Chile (HINICIO & GIZ, 2021). De concretarse, entonces, las ambiciones definidas en la Estrategia Nacional de Hidrógeno Verde, al 2050 se generarían más de 700 mil empleos en la cadena de valor del hidrógeno. Sin embargo, es necesario notar que esta es una proyección de largo plazo, por lo que es riesgoso generar expectativas desmedidas en la ciudadanía sobre el corto plazo. Por esto, es crítico formar capital humano en tándem con las

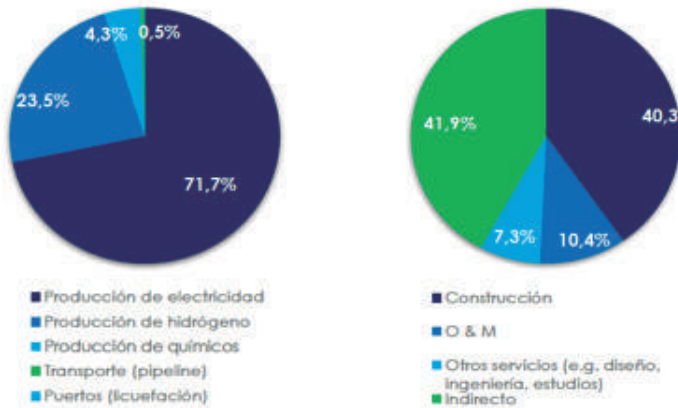
inversiones y desarrollos y no adelantarse de sobremanera. Mientras la industria comienza su crecimiento, se pueden levantar sus necesidades futuras para comenzar a diseñar los programas que formarán a los técnicos y profesionales requeridos. Algunos estudios tempranos indican que existe un cuerpo de técnicos y profesionales en industrias análogas que podrían especializarse en base a cursos y experiencias prácticas para educativos, con el objetivo de reorientar el talento existente, sin requerir nuevos títulos o programas (Bezdek, 2019).

Además de ello, Chile cuenta con experiencia formando especialistas para la construcción y operación de plantas de generación renovable, segmento que requerirá la mayor parte de los empleos de la industria del hidrógeno verde.

En el país se han desplegado esfuerzos tempranos para difundir el conocimiento de esta nueva industria de manera abierta y así contribuir tanto a la nivelación de información entre desarrolladores y ciudadanía, como a la formación de capacidades para integrar la industria. Por ejemplo, CORFO desplegó un curso en línea gratuito y abierto para formar capacidades profesionales con apoyo del Programa Euroclima+ de la Unión Europea², mientras que el Club de Innovación ha implementado la iniciativa Misión Cavendish, la que ha producido uno de los repositorios más grandes de información abierta audiovisual sobre el hidrógeno verde en español. Estos esfuerzos de democratización del conocimiento deben sostenerse si se desea que el país tenga las capacidades humanas para levantar y participar de la cadena de valor del hidrógeno.

2 <https://www.cursosoh2vcorfo.cl/>

Figura 6: Distribución de empleos por segmento y rubro en un escenario modelado. Promedio 2030-2050.



Fuente: HINICIO & GIZ, 2021.

La investigación y desarrollo locales también contribuyen a la generación y captura de valor. Nuevos productos y servicios permiten no solo sofisticar la economía local, sino también resolver desafíos específicos al despliegue del hidrógeno en el territorio. El Instituto Chileno de Tecnologías Limpias adjudicado por CORFO con US\$ 143 millones públicos comprometidos es la inversión más grande de la historia de Chile en investigación y desarrollo, por lo que su implementación ágil acelerará la innovación necesaria para el exitoso despliegue del hidrógeno verde en el norte del país. Adicionalmente, CORFO ha financiado con casi US\$ 7 millones a tres consorcios que persiguen desarrollar tecnologías de utilización de hidrógeno para la minería, con el fin de habilitar nuevas fuentes de demanda y reducir sus emisiones. No obstante estos esfuerzos tempranos para agregar valor local a la cadena del hidrógeno verde, todavía

no se han observado compromisos significativos de parte de las empresas del Estado a participar de esta, una opción existente para capturar la mayor parte de los retornos de manera doméstica. Además, una acción más decisiva en términos de regulación, incentivos o coordinación para fomentar el desarrollo de manufactura a lo largo de la cadena de valor del hidrógeno en Chile permitiría generar mayor empleo y captura de valor.

Por último, el rol fundamental del Estado en la planificación y provisión de infraestructura y terreno para el desarrollo económico es necesario para que la industria del hidrógeno verde pueda crecer y se transformen las ventajas comparativas de Chile en ventajas competitivas a nivel internacional. Para esto, el Ministerio de Bienes Nacionales jugará un rol irremplazable en disponibilizar terrenos fiscales para el desarrollo de proyectos de hidrógeno verde y derivados, tal como lo ha realizado con proyectos de energía renovable convencional.

Asimismo, autoridades a diversos niveles deberán apoyar la coordinación entre privados para materializar proyectos de producción a gran escala, pues estos requerirán extensiones de terreno no vistas en otras industrias, de hasta cientos de miles de hectáreas. Adicionalmente al terreno, el Estado tiene un rol habilitador y articulador en desarrollar la infraestructura de acceso público que habilita la inversión privada. En particular, el desarrollo de puertos que permitan la recepción de equipos y materiales necesarios para los proyectos de hidrógeno, así como la exportación del hidrógeno verde y derivados, requerirá de un rol activo y prospectivo del Estado. Además, los procesos de planificación y licitación de infraestructura nacional de transmisión deberán acomodarse para considerar escenarios de expansión en que el hidrógeno verde juegue diversos roles en la matriz eléctrica, ya sea como

consumo, producción y/o almacenamiento de energía. La planificación temprana de infraestructura reducirá los costos futuros, promoviendo economías de escala, distribución de los riesgos y generación de ecosistemas industriales.

BIBLIOGRAFÍA

- Agencia Chilena de Cooperación Internacional para el Desarrollo (2021). Convocatoria Hidrógeno Verde. Obtenido de <https://www.agci.cl/menu-fondo-bilateral-chile-ue/convocatoria-hidrogeno-verde>
- Bezdek, R. (2019). The hydrogen economy and jobs of the future. *Renewable Energy and Environmental Sustainability*, 4, 1.
- Bloomberg Green (24 de Agosto de 2021). Maersk Makes \$1.4 Billion Green Bet on Methanol-Fueled Ships. Obtenido de <https://www.bloomberg.com/news/articles/2021-08-24/maersk-makes-1-4-billion-green-bet-on-methanol-powered-ships>
- Bloomberg NEF (2019). Hydrogen: The economics of production from renewables.
- Bloomberg NEF (2020). Hydrogen Economy Outlook.
- Centro de Energía UC (2020). Proposición de Estrategia Regulatoria del Hidrógeno para Chile. Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH.
- Codelco (2021). Proyectos. Obtenido de Sitio Web Corporativo: https://www.codelco.com/prontus_codelco/site/edic/base/port/proyectos.html
- ESMAP (2020). *Green Hydrogen in Developing Countries*. Washington, DC: World Bank.
- European Industrial Gases Association (2018). Environmental Impacts of Hydrogen Plants. Bruselas.
- Feldman, D.; Ramasamy, V.; Fu, R.; Ramdas, A.; Desai, J. & Margolis, R. (2021). U.S. Solar Photovoltaic System and

- Energy Storage Cost Benchmark: Q1 2020. Golden, CO: National Renewable Energy Laboratory.
- Fichtner GmbH & Co. KG. (2020). Descarbonización del sector energético chileno Hidrógeno - cadenas de valor y legislación internacional. Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH.
- Gallardo, F.; Monforti, A.; Lamagna, M.; Bocci, E.; Astiaso, D. & Baeza-Jeria, T. (2021). A Techno-Economic Analysis of solar hydrogen production by electrolysis in the north of Chile and the case of exportation from Atacama Desert to Japan. *International Journal of Hydrogen Energy*, 13709-13728.
- GIZ, HINICIO Chile (2020). Cuantificación del encadenamiento industrial y laboral para el desarrollo del hidrógeno en Chile.
- Gobierno de Chile (2020). Contribución Determinada a Nivel Nacional (NDC) de Chile: Actualización 2020.
- Goldman Sachs (2020). Green hydrogen: The next transformational driver of the utilities industry.
- Growth Lab (2021). Growth Lab, Harvard University. Obtenido de Atlas of Economic Complexity: <https://atlas.cid.harvard.edu>
- Heifetz, R.A. (1998). Leadership Without Easy Answers. Harvard University Press.
- HINICIO & GIZ (2021). Cuantificación del encadenamiento laboral para el desarrollo del hidrógeno en Chile bajo un escenario de exportación. Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH.
- HINICIO & LBST (2021). Advisory report on the development of a Green Hydrogen certification scheme in Chile. Prepared for the World Bank.
- HyDeploy Project (2020). Fourth Project Progress Report.
- Hydrogen Council (2021). Hydrogen decarbonization pathways: A life-cycle assessment.
- Hydrogen Council (2021). Hydrogen decarbonization pathways: Potential supply scenarios.

- Hydrogen Council (2021). *Hydrogen Insights : An updated perspective on hydrogen investment, market development and momentum in China.*
- Hydrogen Council (2021). *Hydrogen insights: A perspective on hydrogen investment, market development and cost competitiveness.*
- Hydrogen Council (2020). *Path to hydrogen competitiveness: A cost perspective.*
- Hydrogen Import Coalition (2020). *Shipping sun and wind to Belgium is key in a climate neutral economy.*
- IEA (2021). *Global Hydrogen Review 2021.* International Energy Agency.
- IEA (2021). *Net Zero by 2050: A roadmap for the global energy sector.* International Energy Agency.
- IEA (2019). *The future of hydrogen.* Paris: International Energy Agency.
- Inodú (2020). *Identificación de aspectos ambientales, sectoriales y territoriales para el desarrollo de proyectos de hidrógeno verde en toda su cadena de valor.* Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH.
- Institute of Energy Economics of Japan (2021). *Study on the Economics of the Green Hydrogen International Supply Chain.*
- IRENA (2019). *Hydrogen: A renewable energy perspective.* Abu Dhabi: International Renewable Energy Agency.
- KBR (2021). *Study of Hydrogen Imports and Downstream Applications for Singapore.* Prepared for the National Climate Change Secretariat, Strategy Group, Prime Minister's Office.
- LBST & WEC.(2020). *International Hydrogen Strategies.* World Energy Council Germany.
- McKinsey & Company (2020). *Estudio Base para la Elaboración de la Estrategia Nacional para el Desarrollo de Hidrógeno Verde en Chile.* Elaborado por encargo del Ministerio de Energía.

- McKinsey & Company. (2020). Perspective on Hydrogen. Presentado en el lanzamiento de mesas técnicas de la Estrategia de Hidrógeno de Chile.
- Ministerio de Energía (2021). Identificación de Potenciales Renovables: Caso Eólico. Hidrógeno Verde en la Región de Magallanes y la Antártica Chilena.
- Ministerio de Energía (2020). Estrategia Nacional de Hidrógeno Verde.
- Ministerio de Energía (2016). Guía de Estándares de Participación para el Desarrollo de Proyectos de Energía.
- Ministerio de Energía (2014). Energías Renovables en Chile el Potencial Eólico, Solar e Hidroeléctrico De Arica A Chiloé.
- Ministerio de Energía y Superintendencia de Electricidad y Combustibles (2021). Guía de apoyo para solicitud de autorización de proyectos especiales de hidrógeno. Obtenido de https://www.sec.cl/sitio-web/wp-content/uploads/2021/05/final_Guia-Proyectos-Especiales-Hidrogeno.pdf
- Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones (2021). Decreto 67: Establece requisitos técnicos y administrativos para la autorización de proyectos experimentales. Biblioteca del Congreso Nacional de Chile.
- National Grid (14 de Noviembre de 2021). The hydrogen colour spectrum. Obtenido de <https://www.nationalgrid.com/stories/energy-explained/hydrogen-colour-spectrum>
- Revista Electricidad (12 de Enero de 2021). Gobierno prepara proyecto de ley para impulsar desarrollo del hidrógeno verde. Obtenido de <https://www.revistaei.cl/2021/01/12/gobierno-prepara-proyecto-de-ley-para-impulsar-desarrollo-del-hidrogeno-verde/#>
- Ricardo Energy & Environment (2019). Electrofuels for shipping: How synthetic fuels from renewable electricity could unlock sustainable investment in countries like Chile. Londres: Environmental Defense Fund.
- Servicio Nacional de Geología y Minería (2021). Guía de Implementación de Pilotos y Validación de Tecnologías que Utilizan

- Hidrógeno como Combustible en Minería. Obtenido de https://www.sernageomin.cl/wp-content/uploads/2021/10/Gui%CC%81a-de-Hidro%CC%81geno_web.pdf
- Sterman, J. (2000). *Business Dynamics: Systems Thinking and Modeling for a Complex World*. Mc Graw Hill.
- Strategy& (2020). The dawn of green hydrogen.
- The Economist (9 de Octubre de 2021). Creating the new hydrogen economy is a massive undertaking. Briefing.
- Vásquez, R. & Salinas, F. (2019). Tecnologías del hidrógeno y perspectivas para Chile. Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH.
- World Energy Council (2021). *Hydrogen on the Horizon: Ready, Almost Set, Go?* London.

Minería verde, cobre y minerales estratégicos

*Jorge Cantallopts**

I. MINERALES Y CAMBIO CLIMÁTICO:

El Banco Mundial en la actualización del año 2020 de su trabajo *Minerales para la acción climática, El uso intensivo de los minerales en la transición hacia la energía limpia*”, realiza una estimación de la necesidad de minerales para las tecnologías de generación eléctrica que se requieren para mitigar el cambio climático. Para esto construye escenarios que estiman la cantidad de energía que requeriría el planeta al año 205, con las distintas tecnologías disponibles para su generación y almacenamiento, más sus efectos en las emisiones de gases de efecto invernadero y su implicancia en la temperatura del planeta.

Dependiendo de las tecnologías utilizadas y de las metas de temperatura incluidas, se estima que en total los 17 mine-

* Director de Estudios y políticas públicas de la Comisión Chilena del Cobre (Cochilco).

rales considerados, tendrían un incremento en su uso desde aproximadamente 40 millones de toneladas anuales en la actualidad, a entre 160 a 180 millones de toneladas al 2050.

Los materiales que han sido considerados en estos escenarios son: 1) Aluminio, 2) Cromo, 3) Cobalto, 4) Cobre, 5) Grafito, 6) Indio, 7) Hierro, 8) Plomo, 9) Litio, 10) Manganeso, 11) Molibdeno, 12) Neodimio (Tierra rara), 13) Níquel, 14) Plata, 15) Titanio, 16) Vanadio, 17) Cinc.

El modelamiento de las tecnologías de mitigación que considera el estudio del Banco Mundial son:

1. Energía Eólica (continental y oceánica)
2. Solar fotovoltaica
3. Solar de concentración
4. Hídrica
5. Geotermal
6. Almacenamiento de energía
7. Nuclear
8. Carbón
9. Gas
10. Captura de carbón y almacenamiento

De acuerdo con la estimación del Banco Mundial, el mineral más estratégico en cuanto a su versatilidad tecnológica es el cobre, que es utilizado por cada una de las 10 tecnologías modeladas. No obstante existen algunos de los minerales considerados que dada su escasez relativa y a la falta de sustitutos que pueden ser considerados mucho más críticos.

Por otra parte, la estimación considera solamente los materiales necesarios para la generación y almacenamiento de energía y no incorpora otras plazas de uso de minerales

relacionadas con mitigación ambiental y tecnologías verdes, como es la infraestructura pública urbana, domiciliaria y otros componentes como los chasis de automóviles, componentes electrónicos, bobinados de motores, radiadores de enfriamiento o calentamiento de vehículos y casas, edificios e industrias, entre muchos otros usos de algunos minerales.

Considerando solamente las estimaciones del Banco Mundial, el incremento en el uso de los metales mencionados en el caso de minerales como el grafito o el litio llevaría a que en el año 2050, el uso asociado a tecnologías de energías limpias represente cerca de un 500% más de uso que los niveles actuales.

Tabla 1: Estimaciones para 16 de los 17 minerales consideradas claves para energías verdes según Banco Mundial

Mineral	Producción Anual 2018 (Miles de Ton)	Incremento al 2050 (Miles de Ton)	% anual el 2050 respecto al 2018
1. Aluminio	60.000	5.583	9%
2. Cromo	36.000	366	1%
3. Cobalto	140	644	460%
4. Cobre	21.000	1.378	7%
5. Grafito	930	4.590	494%
6. Indio	0,75	1,73	231%
7. Hierro	1.200.000	7.548	1%
8. Plomo	4.400	781	18%
9. Litio	85	415	488%
10. Manganeso	18.000	694	4%
11. Molibdeno	300	33	11%
12. Neodimio	23	8,4	37%
13. Níquel	2.300	2.268	99%

14. Plata	27	15	56%
15. Titanio	3.100	3,44	0%
16. Vanadio	73	138	189%

Fuente: Banco Mundial 2020

II. LA DEFINICIÓN DE MINERALES CRÍTICOS

En los últimos años diversos países han desarrollado estrategias tanto para asegurar abastecimiento como para enfocar políticas mineras en torno a los que se han llamado minerales críticos. Si bien no todos usan las mismas metodologías ni criterios para la clasificación es posible distinguir en todas las estrategias el tema del rol que juegan algunos minerales en las tecnologías modernas, tanto en los componentes electrónicos como en las tecnologías claves para la transición a una economía baja en emisiones de carbono.

De las estrategias sobre minerales críticos, la más antigua es la elaborada por la Comisión Europea que tuvo su primera versión en el año 2011 con la identificación de 14 materias primas de origen mineral. Posteriormente se tomó la decisión de realizar revisiones periódicas cada tres años, tanto de los criterios como del listado, por lo que han existido actualizaciones los años 2014, 2017 y 2020 que han ampliado el listado a 20, 27 y 30 minerales respectivamente. Si bien originalmente el principal criterio utilizado era el de riesgo de abastecimiento, en las revisiones posteriores se han incorporado elementos o criterios adicionales, como el costo de extracción, disponibilidad de reservas geológicas y características de dichas reservas, transparencia de los mercados y concentración de los mismos.

Estados Unidos el año 2017 también inició un proceso de elaboración de una lista de minerales estratégicos, la que fue

publicada por el Servicio geológico de Estados Unidos (USGS) en el año 2018. En este listado se incluyen 35 minerales, que excluyen explícitamente los hidrocarburos y que son seleccionados a partir de la siguiente definición entregada en la EO 13817¹:

- Ser esencial para la seguridad nacional y económica de Estados Unidos.
- Existen riesgos de abastecimiento.
- Cumplir un rol crítico para las manufacturas, lo que se puede clasificar como ausencia de sustitutos.

China es un actor clave tanto en la oferta como en la demanda de minerales de todo tipo y el año 2016 también publicó un listado de minerales que pueden ser considerados como críticos. Si bien los criterios de China parecen distintos, en cuanto a que no solamente incorpora el riesgo de abastecimiento, sino que también el potencial que tiene para ofrecerlos. La publicación Plan nacional de Recursos minerales 2016-2020 publica 24 minerales, separados entre minerales energéticos, minerales metálicos, minerales no-metálicos y adicionalmente es posible identificar dos categorías distintas, minerales con riesgo de abastecimiento y minerales donde China posee ventajas estratégicas.

Japón es otro actor relevante en los mercados de minerales que ha publicado un listado de minerales estratégicos, bajo el nombre de “La nueva estrategia de aseguramiento de metales raros de Japón”, que fue publicada en el año 2020. Si bien no existe un documento que permita identificar con claridad los criterios, en la publicación realizada por la Agencia de Recursos Naturales y Energía (METI), se menciona el rol

1 EO abreviatura de Executive Order referida a Decretos Presidenciales.

que juegan algunos metales en la seguridad energética, la eficiencia económica y el desarrollo ambiental sustentable, además de algunas industrias claves como la electromovilidad, la inteligencia artificial y en la llamada Internet de las cosas. Si bien se menciona que se han analizado 35 metales raros, el listado publicado es de 9.

Existen, al menos, otros dos países, que han realizado y publicado análisis sobre estrategias de minerales críticos que son importantes de mencionar dada su similitud con Chile en cuanto a ser países que son de tradición minera, como Australia y Canadá.

Australia publicó en el año 2019 un listado de 24 minerales críticos, considerando el criterio de esencialidad para el desarrollo económico e industrial de la mayoría de las economías emergentes. Australia separa en su análisis aquéllos que son considerados como críticos para las economías industrializadas y aquellos en los que considera que tiene potencial geológico para su explotación minera. Uno de los focos del trabajo desarrollado por el departamento de Industria, Innovación y ciencias de la Comisión australiana de inversión y comercio (Austrade) es la elaboración de estrategias para la atracción de inversiones orientadas al desarrollo de la industria minera.

Finalmente Canadá, es otro país de tradición minera que en el marco de su Plan canadiense de minerales y metales (CMMP), elaboró el año 2020. El estudio de fue coordinado por la agencia de Recursos naturales de Canadá, en consulta con los territorios y provincias y también consultando a los principales socios comerciales de Canadá en el ámbito de los minerales. Como resultado proponen una definición de minerales críticos como aquellos que son:

- Esenciales para la seguridad de Canadá
- Necesarios para la transición de Canadá a una economía baja en carbón
- Una fuente sustentable de abastecimiento para sus socios.

Con esta definición, publican una lista de 31 minerales críticos.

Resumen criterios

	UE		EUA	China	Japón	Australia	Canadá
	2011	2020					
Seguridad nacional y defensa							
Riesgo abastecimiento							
Importancia económica							
Concentración de mercado							
Críticos transición energética							
Críticos para tecnologías estratégicas*							
Críticos para electromovilidad							
Críticos para celdas de combustible- Hidrogeno							
Potencial geológico							

* Robotica, tecnologías digitales, Inteligencia artificial, Internet de las cosas

Fuente: Elaboración propia a partir de los distintos documentos

Resulta evidente la diferencia entre los países con potencial minero de aquellas economías industriales que no cuentan con potencial geológico y que con la estrategia de minerales críticos buscan fundamentalmente mantener abastecidas sus industrias estratégicas. De este análisis podemos diferenciar que el concepto de crítico se tiende a utilizar desde la mirada del abastecimiento, mientras que el concepto de estratégico se asocia a aquellas industrias relevantes para cada país o bloque económico. En ese sentido desde la mirada de Chile como país de alto potencial geológico y de tradición minera, nuestra mirada debiera apuntar a identificar aquellos

minerales estratégicos donde podemos jugar un rol clave. Por otro lado, minerales críticos serían para nosotros aquellos asociados a materias primas claves para nuestro desarrollo, o aquellos minerales relevantes para nuestra economía, pero que podrían transformarse en menos relevantes o incluso en no deseados para el desarrollo del mundo.

Adicionalmente desde nuestra mirada de país minero, también es relevante analizar aquellos minerales que siendo críticos para otras economías, y con historial de extracción en nuestro país, no se están explotando o no tenemos información suficiente sobre sus recursos y reservas.

Con esto, se propone definir como minerales estratégicos para Chile aquellos que son críticos para él la economía global y contamos con potencial geológico y potencial económico y por otra parte definir como críticos aquellos que son importantes para nuestra economía pero que la economía global podría dejar de demandar o nuestro potencial geológico no está asegurado.

Como se ha definido dentro del alcance de este trabajo, está el proponer antecedentes para la elaboración de un plan de minerales estratégico para el desarrollo sostenible de la minería chilena. Para esto analizaremos en detalle los resultados de las seis listas de minerales críticos antes mencionados: Unión Europea, Estados Unidos, China, Japón, Australia y Canadá.

Resumen Minerales

Considerando que no todas las listas utilizan las mismas nomenclaturas para referirse a los minerales, en la Tabla 2 se resumen los minerales por cada lista. En dicha tabla se

han eliminado los hidrocarburos, por cuanto no parecen alineados con las estrategias de economía verde ni asociados a transición energética.

Tabla 2

Etiquetas de fila	UE 2020	EUA	China	Japón	Australia	Canadá	Frecuencia
Aluminio							4
Antimonio							6
Arsénico							1
Bario							2
Berilio							3
Bismuto							4
Borato							1
Cesio							2
Cinc							1
Circonio							3
Cobalto							6
Cobre							2
Cromo							4
Escandio							4
Estaño							3
Estroncio							2
Fluorita							4
Fosforita							3
Galio							4
Germanio							4
Grafito							5
Hafnio							3
Helio							3
Hierro							1
Indio							4
Litio							6
Magnesio							4
Manganeso							4
Molibdeno							2
Niobio							5
Níquel							2
Oro							1
Platino							5
Potasio							3
Renio							2
Rubidio							1
Silicio							1
Tántalo							5
Telurio							2
Tierras raras							6

Titanio							4
Tungsteno							6
Uranio							3
Vanadio							4
Total general	27	35	19	9	24	31	

Analizando de manera más detenida los listados podemos clasificar entre aquellos metales considerados como estratégicos, es decir metales que países como Australia, Canadá o China consideran que cuentan con potencial geológico y ventajas estratégicas, de aquellos que las economías industriales como la Unión Europea, estados unidos o Japón y la propia China consideran críticos para las nuevas tecnologías y que presentan riesgo de abastecimiento. Para la separación entre estratégicos y críticos en el caso de China, se utiliza como referencia el resumen del Foro de tecnología de minerales realizado el año 2020 y publicado por el Servicio geológico de China².

Este análisis entrega como resultado un listado de 35 minerales (Anexo), siendo Canadá el país que mayor número de minerales declara como estratégicos, alcanzando esta categoría 31 minerales. Australia por su parte clasifica 24 y China a 4.

Los minerales que son clasificados como estratégicos por las tres listas son Las tierras raras, el Antimonio y el Tungsteno.

En el caso de las listas de minerales críticos de La Unión Europea, Estados Unidos, Japón y China, es posible distinguir 45 minerales, de los cuales los que están presentes en las cuatro listas son el cobalto y el litio. Mencionados en al

2 ps://www.cgs.gov.cn/gzdt/dzhy/202012/t20201223_660862.html

China es un actor clave tanto en la oferta como en la demanda de minerales de todo tipo. En 2016 publicó un listado de estos que pueden ser considerados como críticos, según criterios como riesgo de abastecimiento y potencial que tiene para ofrecerlos.

menos tres están el aluminio, antimonio, fluorita, fosforita, grafito, niobio, platino, tántalo, tierras raras tungsteno.

III. CHILE Y EL POTENCIAL GEOLÓGICO

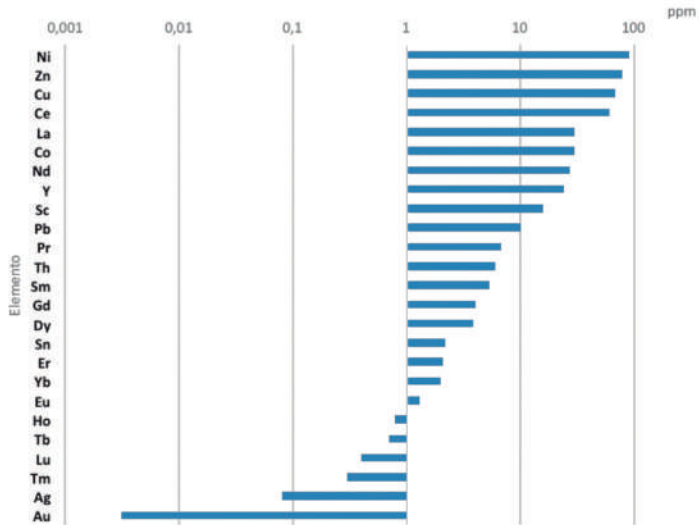
Es común escuchar sobre el importante potencial geológico de Chile. De hecho el instituto Fraser, en su reporte anual suele posicionar a nuestro país dentro de los con mayor potencial geológico. Sin embargo, no es posible establecer un verdadero parámetro de dicho potencial sin agregar algunos parámetros estratégicos. R. Taylor y T.A. Steven en un artículo de 1980³ definen el potencial geológico como una concentración natural de un material, líquido, sólido o gaseoso en la corteza terrestre, que permite que su extracción sea económicamente factible. Sin embargo, se suele utilizar también el concepto de potencial geológico sin considerar los elementos económicos, teniendo en cuenta fundamentalmente elementos geológicos.

Otro elemento importante a considerar para definir el potencial geológico de un territorio específico, es la escasez o abundancia relativa de un mineral, conceptos que se pueden definir nuevamente desde una mirada puramente química, o bien considerando factores económicos, los que pueden ser muy variables a lo largo del tiempo.

3 Principles of a resource/reserve classification for minerals: - Mines, Survey - 1980

Es por esto que es preferible utilizar el concepto de potencial geológico asociándolo a alguna pasta en particular ya que el concepto de potencial, escasos o abundancia es muy relativo. El Gráfico 1, muestra la presencia química estimada de algunos de los principales elementos de interés económico. Es interesante ver como elementos que hoy aparecen de alto interés como los las Tierras raras, particularmente los lantánidos (lantano a lutecio), además del itrio y el escandio no son elementos menos abundantes que el plomo o el oro, solo que es poco común encontrarlos en concentraciones suficientes como para que la extracción sea económicamente viable (Cochilco, 2016).

Gráfico 1. Concentraciones de elementos en la corteza terrestre según Wedepohl (1995), a escala logarítmica



Fuente: Cochilco basado en Wedepohl (1995).

Estudios completos sobre el potencial geológico específico en Chile no son muy abundantes, lo que se podría explicar en parte por el desequilibrio entre algunas minerías versus otras en el desarrollo minero a lo largo de la historia de Chile. Este marcado desequilibrio, enfocado principalmente en la minería del oro, la plata y el cobre tiene antecedentes prehistóricos.

Si bien en las últimas décadas se descubrió un yacimiento de óxido ferrico explotado desde hace 12.000 años en las cercanías de Taltal, la que constituye la mina de más antigüedad encontrada en América, y existe una serie de otros antecedentes sobre la explotación de yacimientos de hierro y cuarzo (Castro, V. et al 2012)⁴ en épocas prehispanicas, la mayor parte de los registros se enfocan en antiguas explotaciones de cobre, oro y plata.

Las primeras evidencias de trabajos en oro y cobre en Chile estarían fechados entre 500 y 1.000 AC, posteriormente hay evidencia de importante trabajo en el plata período conocido como El Vergel 1.100 d.C. Y 1.500 d.C (Campbell, 2005. Campbell, 2015)⁵.

El llamado hombre de cobre descubierto el año 1899 en las cercanías de Chuquicamata y con fecha de datación en torno al año 500 d.C.⁶ que fue encontrados con herramien-

4 2012 2012, Revista Chungará, volumen 44, N 3. Arica. Castro, V, Escobar M. Salazar. D

5 Campbell, R. 2005. El trabajo de metales en El Vergel: Una aproximación desde la Isla Mocha. Actas del XVI Congreso Nacional de Arqueología Chilena, pp. 379-389. Escapartate Ediciones y Museo de Historia Natural de Concepción, Concepción. Campbell, R. 2015. Entre el vergel y la platería mapuche: el trabajo de metales en la araucanía poscontacto (1550-1850 d.c.). Chungará vol 47 n4. Arica

6 2016, Nota Área de Antropología: De Calama a Nueva York: las desventuras del hombre de cobre: Museo Nacional de Historia Natural

La gran minería del cobre comienza su desarrollo hacia finales del siglo XIX con importantes campañas de exploración geológicas y luego con el comienzo de la explotación industrial de los yacimientos de Chuquicamata, El teniente y Potrerillos, en las primeras dos décadas del siglo XX.

tas , reafirma que la minería del cobre era una actividad ya conocida desde antes de la llegada de los Europeos.

Ya en nuestra historia más reciente la explotación de minerales de plata en Chañarillo a comienzos de la década de 1830 en la región de Atacama, muestra los primeros antecedentes de minería a mayor escala en nuestro país, los que prontamente fueron creciendo a partir de la explotación de yacimientos de Carbón en la zona de Lota, a partir de la mitad del siglo XIX.

La gran minería del cobre comienza su desarrollo hacia finales del siglo XIX con importantes campañas de exploración geológicas y luego con el comienzo de la explotación industrial de los yacimientos de Chuquicamata, El teniente y Potrerillos en las primeras dos décadas del siglo XX. Desarrollos que fueron de la mano con el crecimiento industrial de Estados Unidos.

Este desequilibrio en nuestro desarrollo minero, ha permitido de todas maneras tener un muy profundo conocimiento sobre las franjas metalogénicas de los Andes centrales, que explican la mayoría de los yacimientos importantes de hierro, cobre, oro, plata y molibdeno de nuestro país. (Cochilco, 2016 Franjas metalogenicas de los Andes centrales).

El buen nivel de exploración y explotación de estos minerales ha permitido que Chile juegue un rol protagónico en varios de estos mercados, lo que se refleja en su participación de mercado y estimación de recursos y reservas.

Tabla 3

Mineral	Participación Producción	Participación Reservas
Hierro	0,6%	S/I
Oro	1%	1,4%
Plata	6,4%	5,2%
Cobre	27,8%	22,9%
Molibdeno	20,5%	7,7%

Elaboración Cochilco a partir de USGS, WBMS y otras fuentes

Potencial en otros minerales

En los últimos años se han realizado distintas iniciativas con el fin de identificar el potencial geológico de Chile en otros minerales. Es así como por ejemplo la Universidad Adolfo Ibañez lanzó una plataforma llamada “Plataforma de Información para la diversificación, crecimiento y sustentabilidad de la pequeña y mediana minería en Chile con foco en la Región de Atacama” el año 2017. Dicha plataforma desarrolló un modelo y una aplicación informática sobre el potencial geológico minería polimetálica de la Región de Atacama.

Posteriormente la Iniciativa Chile Polimetálico, liderada por la Corporación Alta ley realizó uno de los barrios más completos sobre el potencial geológico de Chile en ámbitos distintos a los metales ya mencionados en el apartado anterior.

Otra fuente de análisis de potencial geológico, son las composiciones de los concentrados de mineral que se producen en nuestro país. Para esto, la existencia de una normativa respecto a la exportación de concentrados de cobre, permite tener una muy buena estimación sobre los contenidos de otros minerales en los embarques de dichos concentrados. Cochilco en los últimos años ha desarrollado varias publicaciones que entregan algunos antecedentes al respecto.

Particularmente durante el año 2021 se ha publicado el documento de trabajo “Exportación de concentrados de cobre: caracterización de condiciones comerciales”, que en un contexto bastante más amplio entrega antecedentes sobre los elementos pagables y penalizables de los contenidos de los concentrados de cobre de un período específico. Adicionalmente se utilizarán algunos reportes internos de Cochilco sobre los mismos temas.

Para la elaboración de una lista de potenciales minerales estratégicos utilizaremos fundamentalmente estas dos fuentes, Chile Polimetálico y “Exportación de concentrados de cobre: caracterización de condiciones comerciales” publicado por Cochilco el 2021.

Chile Polimetálico

El trabajo del proyecto Chile Polimetálico, se inicia el año 2018 y sistematiza una serie de fuentes relativas a potenciales espacios de extracción de minerales distintos a los tradicionales. Para esto recopila y sistematiza información sobre catálogos de exploración publicados por Cochilco, sistematización de información de distintas fuentes sobre residuos mineros, potencialidades de recuperación de elementos de valor desde

proyectos de remediación ambiental y potencialidades desde la minería submarina.

La Tabla 4 muestra la frecuencia con la que aparecen mencionados distintos minerales en las fuentes utilizadas. En la tabla se eliminaron los minerales tradicionales ya desarrollados en el apartado anterior, que son el cobre, molibdeno, plata, hierro y oro.

Tabla 4: Frecuencias Chile Polimetálico

Mineral	Catastro Cochilco	Escorias fundición	Minería submarina	Polvos fundición	Relaves	Ripios	Frecuencia
Plomo	■		■	■	■		4
Cobalto	■		■		■		3
Cinc	■		■	■			3
Manganeso	■		■			■	3
Tierras raras	■		■		■		3
Renio		■			■		2
Silíce		■			■		2
PMG*					■		1
Titanio	■						1
Caolín					■		1
Gallo						■	1
Aluminio						■	1
Óxido de Hierro		■					1
Germanio				■			1
Alúmina		■					1
Indio						■	1

* *Minerales del Grupo Platino*

Del análisis se desprende que los elementos de valor con presencia en la mayor cantidad de procesos están el plomo, el cobalto el cinc, el manganeso y las tierras raras.

Destaca también la presencia de renio tanto en relaves como en escorias de fundición.

Análisis contenidos de exportaciones de concentrados

Un análisis realizado por Cochilco el año 2021 que sirvió de antecedente para la elaboración del informe de exportación concentrados “Exportación de concentrados de cobre: caracterización de condiciones comerciales”⁷ da cuenta de una serie de contenidos declarados en las exportaciones de concentrados de cobre y subproductos de este. Si bien, el listado que es posible obtener de los contratos de comercialización de concentrados es aún más extenso, la realidad más concreta se refleja en las declaraciones de los contenidos de cada embarque. Estas declaraciones contienen elementos que, dependiendo su concentración, características químicas y capacidad específica de tratamiento de las fundiciones a las que se exporta pueden ser pagables o penalizables.

Se entiende por contenido pagable, aquellos elementos presentes en un embarque de concentrado que están en concentración suficiente para poder ser recuperados y comercializados por la fundición específica a la que se exporta. Es importante destacar esta definición, ya que no todas las fundiciones o complejos industriales, fundición-refinería del mundo tienen la tecnología suficiente para recuperar todos los elementos existentes en un concentrado de cobre, ya sea por no contar con instalaciones específicas, o bien porque las concentraciones de ciertos elementos no logran financiar dichas recuperaciones.

7 <https://www.cochilco.cl/Mercado%20de%20Metales/2021%2006%2002%20Exportaci%C3%B3n%20de%20concentrados%20de%20cobre%20-%20Caracterizaci%C3%B3n%20de%20condiciones%20comerciales.pdf>

Se entiende por contenido penalizable, aquellos elementos presentes en concentrados de cobre o subproductos, que son considerados contaminantes en los procesos de fundición. También, se consideran penalizables algunos elementos que afectan la capacidad de recuperar cobre u otros elementos pagables, lo que se explica principalmente por interacción química de algunos elementos en algunos procesos que afectan su recuperación.

Si bien existen elementos que pueden ser considerados como pagables o penalizables, la Tabla 5 da cuenta de la presencia de estos elementos en los concentrados de cobre exportados en Chile en el período 2019.

Tabla 5: Elementos contenidos en Exportaciones de Concentrados de cobre de Chile 2020

Elemento	Pagable	Penalizable
Cobre		
Plata		
Oro		
Arsénico		
Molibdeno		
Alúmina		
Cloro		
Antimonio		
Mercurio		
Cinc		
Cadmio		
Azufre		
Hierro		
Fluor		
Oxido de magnesio		
Bismuto		
Silicio		

Fuente: Cochilco

Como se aprecia en la Tabla 5, existe una importante cantidad de elementos penalizables, que aparecen en las listas de elementos estratégicos. En la sección siguiente analizaremos las intersecciones entre las distintas listas con el fin de identificar una lista amplia de elementos estratégicos para nuestro país.

El caso del litio en Chile

Es posible que haya surgido la inquietud sobre el caso particular del litio, el que no aparece mencionado explícitamente en ninguna de las fuentes utilizadas como un mineral de potencial en Chile, lo que resulta particularmente llamativo por cuanto de acuerdo a las estadísticas del Servicio geológico de estados Unidos (USGS), Chile posee la mayor cantidad de reservas conocidas con un 43% del total mundial y ocupó el segundo lugar en producción con un 21% de participación de mercado⁸ el año 2020. La razón es simplemente porque la mayor parte de los análisis sobre potencial geológico en Chile, se basan en las franjas metalogénicas tradicionalmente estudiadas y en las cuales el litio no tiene presencia por cuanto su origen geológico no se condice con la formación geológica de los yacimientos de litio conocidos. De esa misma manera, las exportaciones de cobre y subproductos tampoco tienen identificadas ni siquiera trazas de litio, ya que su origen es completamente dissociado de los yacimientos de litio conocidos. Sin embargo, es clave agregar al litio como un mineral de enorme potencial.

Partamos diciendo que a nivel global existen dos fuentes u orígenes económicamente rentables para el litio. La primera y actualmente la más relevante a nivel global, son las

8 <https://pubs.usgs.gov/periodicals/mcs2021/mcs2021-lithium.pdf>

pegmatitas en minerales de espodumeno, conocido como litio de roca y que se explota principalmente en Australia. La segunda fuente de litio son las salmueras contenidas en los salares, donde el mayor potencial conocido está en el llamado triángulo del litio que lo componen Chile, Bolivia y Argentina.

Como ya se mencionó, el potencial de Chile en cuanto a producción y reservas está demostrado y las cifras del USGS lo ratifican, lo que más que justificaría su inclusión directa como mineral estratégico y de alto potencial para Chile. Sin embargo, para mantener la neutralidad de este análisis basado en antecedentes, se agrega algunos antecedentes que validan el potencial geológico de Chile en litio, más allá de las ya conocidas explotaciones existentes en el Salar de Atacama.

Según un estudio realizado por Sernageomin en Chile en total existirían 16 salares con potencial de explotación de sales de litio⁹. Además del ya mencionado Salar de Atacama que concentra en operaciones de dos compañías, Albelmarle y SQM, el 100% de la producción Chilena de litio a la fecha, existen otros 15 salares que el mismo estudio clasifica según su potencial.

En el grupo prioritario, es decir aquellos con mayor potencial debido a sus concentraciones altas son los salares de : Maricunga, Pedernales, la Isla y Quisquiro.

En el grupo dos es decir con menor potencial, ya sea porque tienen menores niveles de concentración, menores tasas de evaporación, menor extensión o porque están menor

9 Gajardo, Aníbal (2014): "Potencial de litio en los salares del norte de Chile". SERNAGEOMIN. Ministerio de Minería. Santiago de Chile.

estudiados están los salares: Punta Negra, Aguas Calientes Centro, Pajonales, Aguilar, Tara, Parinas y Pujsa. En un tercer grupo están los salares de: Aguas Caliente Norte, Talar y Aguas caliente Sur.

Con estos antecedentes tenemos plena certeza del potencial de Chile en litio, potencial que excede lo ya conocido del salar de Atacama.

IV. PROPUESTA

En la segunda sección de este documento hemos analizado las distintas definiciones tanto de minerales críticos como de minerales estratégicos realizadas por distintas economías. Posteriormente en la tercera sección analizamos algunas fuentes que han sistematizado el potencial geológico de Chile más allá del cobre. En esta sección analizaremos la intersección entre las diferentes listas, tomando como base los universos de minerales críticos y cruzándolo con el potencial geológico de Chile. Es también importante considerar lo elaborado por países como Australia y China en cuanto a minerales estratégicos, es decir aquellos que ellos ya han identificado como una oportunidad de potencial geológico o económico para sus propias economías.

No es el objetivo de este documento elaborar una lista definitiva de minerales estratégico, sino que como se plantea en su introducción, simplemente sintetizar distintas fuentes y poner el tema de minerales estratégicos como una reacción desde un país minero frente a la escasez declarada por aquellas economías que han identificado minerales críticos. Con esto, podemos entonces elaborar una lista exhaustiva de elementos en los que Chile presenta potencial y que son identificados como críticos.

La genómica y la sistematización de la información como herramienta para la vigilancia anticipatoria y de respuesta a enfermedades infecciosas emergentes

*Miguel L. Allende**
*Alejandro Maass***

RESUMEN

La pandemia por COVID-19 ha puesto de manifiesto la vulnerabilidad de nuestros sistemas de salud para enfrentar patógenos nuevos y de diseminación eficiente, como es el virus SARS-CoV-2. En este caso, una ventaja con la que se contó para comenzar un proceso de investigación y mitigación fue la secuencia del genoma del virus a los pocos días de su aparición en Wuhan, China. La secuencia genómica de SARS-CoV-2 permitió desarrollar rápidamente sistemas de diagnóstico precisos, reactivos para el desarrollo de vacunas y estrategias de seguimiento epidemiológico en tiempo real de la pandemia. El esfuerzo mundial para obtener secuencias del virus demostró la existencia de numerosas variantes y he

* Centro de Regulación del Genoma. Facultad de Ciencias, Universidad de Chile.

** Departamento de Ingeniería Matemática y Centro de Modelamiento Matemático. Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas. Universidad de Chile.

Se sospecha que el SARS-CoV-2 era un virus restringido a una especie de mamífero que adquirió naturalmente la habilidad de infectar células humanas por una combinación de cambios genómicos que incluyen mutaciones puntuales en su secuencia y recombinación con los genomas de otros virus.

permitido detectar focos y rutas de transmisión geográfica de ellas. También ha permitido evaluar posibles cambios genéticos en el virus que puedan conferirle nuevas propiedades biológicas. En Chile, instituciones de salud pública y centros de investigación se han sumado a este esfuerzo y se han reunido los datos en un repositorio nacional de secuencias genómicas de virus SARS-CoV-2 (www.cov2.cl). Esto ha sido posible gracias a la existencia de equipos de investigación multidisciplinarios que han desarrollado las ciencias genómicas (biología molecular, genética, bioinformática, análisis de datos y modelamiento matemático) en nuestro país por más de 20 años.

La respuesta de las autoridades de las diversas naciones a la pandemia ha sido altamente variable, pero hace evidente la necesidad de un mayor conocimiento de la biodiversidad y de las amenazas latentes que existen en la naturaleza, incluidas aquellas que involucran potenciales agentes patógenos de transmisión zoonótica. Sugerimos la instalación de un sistema de vigilancia genómica permanente que evalúe la existencia y variación de dichos organismos en nuestro entorno natural y que sirva como sistema de alerta temprana de posibles brotes de patógenos. Este esfuerzo debe ir coordinado con las iniciativas que apuntan a caracterizar la biodiversidad del país, y que, a su vez, se coordinen con las iniciativas mundiales de caracterización genómica de las especies y sus variantes. En paralelo, debemos impulsar un modelo de coordinación

multidisciplinaria de respuesta a desafíos de origen o consecuencia biológica (epidemias, brotes de microorganismos, especies invasivas, desastres medioambientales) que cambie el paradigma de trabajo individual y competitivo por uno colectivo y colaborativo.

SURGIMIENTO DEL VIRUS SARS-CoV-2 Y SU CARACTERIZACIÓN

Hacia fines de 2019 aparecieron en Wuhan, China, los primeros casos de una enfermedad caracterizada como un síndrome respiratorio agudo que se expandió rápidamente por la población local y, luego, mundial. La reconstrucción posterior del inicio de la pandemia resultante, sugiere que el “paciente cero” se contagió en un mercado que se caracteriza por vender animales exóticos para consumo. Los médicos chinos que intentaron identificar al patógeno, en base a tests diagnósticos disponibles para otras enfermedades virales conocidas (SARS, MERS, etc), rápidamente se dieron cuenta de que se enfrentaban a un nuevo organismo. Usaron una estrategia rápida y precisa para identificar y clasificar microorganismos desconocidos, la que consiste en la secuenciación de todo el material genético presente en una muestra. En este caso, se tomaron muestras de los pacientes infectados con el nuevo patógeno, una aproximación usada comúnmente por los científicos que caracterizan sistemas ecológicos microbianos y se conoce como el análisis metagenómico. Todos los organismos vivos en este planeta mantienen su información genética en el mismo tipo de molécula (los ácidos desoxirribonucleico o ribonucleico, ADN o ARN), los cuales podemos caracterizar por su secuencia. La secuencia completa de ADN o ARN de un organismo se conoce como su genoma. Ya existen muchos genomas de organismos secuenciados por lo que, al enfrentarnos a una secuencia genómica nueva, podemos compararla con las que están depositadas en las bases de datos y clasificar

la secuencia desconocida. Los investigadores del sistema de salud chino que secuenciaron el metagenoma de las muestras de pacientes, descubrieron la presencia de un genoma nuevo, de ARN, de alta similitud con secuencias de los coronavirus. Más aún, la secuencia encontrada tenía la más alta similitud con coronavirus caracterizados previamente en murciélagos y en pangolín, aunque claramente, el nuevo patógeno había sufrido recombinaciones (rearreglos en su secuencia genómica) antes de su paso al huésped humano. La secuencia completa del genoma fue puesta a disposición de la comunidad científica mundial a los pocos días de haberse secuenciado y, por el parecido de la secuencia al genoma del coronavirus causante del SARS, se denominó a esta nueva especie SARS-CoV-2 (y a la enfermedad, COVID-19). La disponibilidad de la secuencia fue crucial para desarrollar rápidamente los tests de diagnóstico necesarios para identificar a los pacientes portadores del virus y han permitido, a muchos países, controlar la propagación de la enfermedad. Asimismo, han permitido el desarrollo de vacunas, algunas de ellas basadas en la secuencia de ARN de una de las proteínas del mismo virus y que representan una innovación en nuestro arsenal de herramientas de salud pública.

Los genomas de los organismos sufren constantemente cambios debido a mutaciones espontáneas. Este fenómeno da lugar a la variación genética que, a su vez, es la base biológica para la diversidad que existe entre individuos de una especie y, a largo plazo, constituye la materia prima sobre la que opera la selección natural y la evolución de las especies. Los virus, cuyos genomas son pequeños, se reproducen al interior de las células y también presentan susceptibilidad a incorporar mutaciones en sus genomas. Algunas mutaciones pueden generar variantes que les permitan aumentar su eficiencia de

replicación, su velocidad de transmisión, o cambiar el rango de células hospederas a las que pueden infectar.

Se sospecha que el SARS-CoV-2 era un virus restringido a una especie de mamífero (aún no se sabe exactamente cuál) que adquirió naturalmente la habilidad de infectar células humanas por una combinación de cambios genómicos que incluyen mutaciones puntuales en su secuencia y recombinación con los genomas de otros virus. El SARS-CoV-2 se caracteriza, además, por ser extremadamente eficiente para transmitirse, ya que puede viajar de manera aérea de un individuo a otro. Finalmente, entre sus características biológicas más relevantes, está el hecho que, cuando infecta a una persona, se propaga de manera latente (sin síntomas) por varios días, lo que lo hace muy difícil de controlar desde el punto de vista de la salud pública. Es por esto último que el virus SARS-CoV-2 es un organismo capaz de causar una pandemia en la población humana.

El virus muta continuamente, incorporando cambios sutiles en su secuencia que, en su mayoría, no generan ninguna consecuencia en las propiedades del organismo. Sin embargo, por su alta prevalencia y rapidez de propagación, existe el potencial de que surjan mutaciones que sí alteren las propiedades del virus. Estas mutaciones deben ocurrir en sitios precisos en el genoma donde están codificados los genes virales. Más aún, las mutaciones que generan cambios biológicos deben cambiar la secuencia de las proteínas codificadas en esos genes, de tal modo de alterar las moléculas que ejecutan las funciones propias de la reproducción viral. Obviamente, las mutaciones que perjudican alguna función en el ciclo de vida de SARS-CoV-2 desaparecerán rápidamente. Pero aquellas que presentan una ventaja selectiva, pueden rápidamente aumentar en frecuencia en la población. A aquellos virus que

son distinguibles de otros de la misma especie por cambios en su secuencia se les denomina variantes.

La presencia de mutaciones frecuentes en los genomas del virus SARS-CoV-2, abre la posibilidad de usar esta variabilidad en los genomas como mecanismo para trazar o seguir las rutas de transmisión de la infección, tanto a nivel global como a nivel local. A este tipo de análisis se le denomina epidemiología genómica y consiste en describir el curso con el cual se mueve la infección a través de la población. Usado de manera conjunta con otras herramientas epidemiológicas, es útil para conocer las vías de ingreso del virus a un grupo humano dado y para entender cómo se propaga. Se basa en la secuenciación completa del genoma del virus que ha infectado a una persona y se compara con las secuencias genómicas obtenidas de otros individuos infectados. Luego de la primera secuencia genómica de SARS-CoV-2 obtenida en China, se han secuenciado decenas de miles de genomas virales en todo el mundo. Gracias a que estas secuencias se depositan en bases de datos públicas (e.g., www.gisaid.com) es posible obtener una visión amplia de las variantes y su prevalencia y distribución.

LA CAPACIDAD GENÓMICA CHILENA, UNA BASE SUSTENTABLE PARA LA LUCHA CONTRA EL COVID-19

En Chile, el virus SARS-CoV-2 hizo su aparición los primeros días de marzo de 2020. El Instituto de Salud Pública ha liderado los esfuerzos de secuenciación de genomas del virus en el país y reportó las características de los primeros genomas virales de pacientes arribados desde el extranjero (Castillo et al., 2020a, b). El ISP ha continuado esta tarea al igual que los centros de investigación que poseen capacidades de secuenciación genómica y de análisis bioinformático de

La presencia de mutaciones frecuentes en los genomas del virus SARS-CoV-2, abre la posibilidad de usar esta variabilidad en los genomas como mecanismo para trazar o seguir las rutas de transmisión de la infección, tanto a nivel global como local.

las secuencias. Se formó un consorcio de centros y de universidades para consolidar esta información en un repositorio nacional de secuencias del virus SARS-CoV-2 y se generó una plataforma informática para su visualización y análisis (www.cov2.cl).

Este tipo de iniciativas, que la gran mayoría de los países han asumido desde sus gobiernos e institucionalidad científica y sanitaria, demuestran que la inversión en capacidades tecnológicas y científicas, creadas con diversos fines de investigación básica, pueden ser rápidamente cooptados para su uso en resolver problemas de naturaleza estratégica, crisis sanitarias o ecológicas y amenazas a la seguridad nacional.

Desde hace más de dos décadas que Chile comenzó a invertir en las ciencias genómicas, cuando las autoridades visualizaron que el avance de la agricultura, la acuicultura, la salud e incluso algunos procesos productivos en minería, dependerían cada vez más del conocimiento de las bases genéticas de los organismos. Se intuyó que nuestra competitividad económica se vería seriamente afectada de no contar con el conocimiento y las herramientas que otorga el análisis de los genomas de los organismos que sustentan nuestra base productiva, en agricultura, minería, silvicultura, acuicultura y otras áreas de desarrollo. Al mismo tiempo, el conocimiento del genoma humano, enfocado a caracterizar genéticamente a nuestra población, nos permitiría diseñar políticas de salud eficientes y dirigidas a las susceptibilidades más prevalentes

en el país y a poner a disposición de la comunidad de especialistas y autoridades una herramienta para la medicina de precisión del futuro.

Más recientemente, la gran crisis climática global y la eventual gran extinción de especies que se avecina, nos obligan a actuar rápidamente en términos de caracterizar nuestra biodiversidad y buscar herramientas que nos permitan enfrentarla y mitigarla, herramientas que, por cierto, incluyen la genómica.

La iniciativa Genoma Chile, creada el año 2000 (cuando recién se terminaba el esfuerzo internacional por secuenciar el genoma humano) e impulsada en el gobierno del Presidente Lagos por Eric Goles (Presidente de CONICYT), se anticipó a estas necesidades y financió proyectos orientados al mejoramiento genético de especies productivas como la vid y el durazno, y junto a CODELCO y Nipon Mining, crearon la empresa Biosigma para potenciar el desarrollo de la biotecnología en minería. Más tarde, CONICYT y CORFO financiaron proyectos como el centro de equipamiento mayor en genómica, el Centro de Regulación del Genoma (FONDAP), Chile Genómico (FONDEF) y la participación del país en el consorcio que secuenció el genoma del Salmón del Atlántico (CORFO). El desarrollo de la genómica requirió, asu vez, de un desarrollo paralelo de las técnicas matemáticas e informáticas de análisis que transforman el dato genómico en información biológica. Estas herramientas han debido crecer con ideas de las probabilidades y la algorítmica moderna, ambas muy enraizadas en la ciencia de datos y el cálculo de alto rendimiento. Financiamientos importantes de CONICYT y CORFO en esta dimensión permitieron crear grupos activos en bioinformática y biología de sistemas en el Centro de Modelamiento Matemático (FONDAP y

BASAL) y Fundación Ciencia y Vida (MILENIO y BASAL), por mencionar dos de relevancia al inicio de estas ciencias en Chile, y dotar al país de una infraestructura crítica para las ciencias genómicas como el Centro Nacional de Cálculo de Alto Rendimiento (www.nlhpc.cl).

En el presente, Chile cuenta con una masa crítica de investigadores que pueden abordar proyectos en genómica de gran envergadura (un ejemplo de impacto mundial fue la secuenciación del genoma del salmón), como lo están haciendo muchos otros países del mundo, incluyendo varios de nuestra región. En 2018, un grupo de centros de excelencia impulsaron la iniciativa 1000 Genomas Chile (www.1000genomas.cl), cuyo objetivo declarado es secuenciar 1000 especies chilenas y 1000 individuos de nuestra población, como experiencia piloto para dejar instaladas las capacidades necesarias para abordar desafíos mayores y como antesala para la llegada inevitable de la genómica como herramienta esencial en salud, economía sustentable y protección del medioambiente. Los centros que apoyan la iniciativa 1000 Genomas proponen impulsar este proyecto lo antes posible debido a una serie de circunstancias y oportunidades. Entre ellas, se destacan:

- El aumento de competitividad que implica generar conocimiento científico relevante para las especies que son el sustento de nuestra economía. Gran parte de los ingresos del país vienen por recursos naturales renovables y no renovables, que se basan en la explotación de organismos biológicos (silvicultura, acuicultura, agroindustria, e incluso minería, que aprovecha la lixiviación biológica en su explotación). Es imprescindible conocer estos organismos a nivel genómico y, eventualmente, tener la opción de rea-

lizar mejoramiento genético con base molecular en ellos. El advenimiento de la tecnología CRISPR-Cas (reconocida con el Premio Nobel 2020 en Química) es absolutamente dependiente de disponer de información de los genomas que se modificarán.

- Existe convencimiento por parte de los especialistas que estamos frente a la cuarta extinción masiva de especies a nivel planetario, debido a una combinación de efectos antropogénicos y ecológicos. La pérdida de biodiversidad y degradación de sistemas ecológicos que conlleva, se verá acelerada por el cambio climático que ya parece irreversible. Para poder diseñar políticas de conservación y manejo de especies en riesgo, es imprescindible, nuevamente, contar con información genética y genómica, que complementen la investigación que se realiza en ecología y las ciencias ambientales. La iniciativa 1000 Genomas Chile es parte de un gran esfuerzo global en este sentido (The Earth Biogenome Project, www.earthbiogenome.org) y se espera contribuir con información sobre la especial -y única- vida natural endémica de nuestro país.

- El uso cada vez mayor de los datos genómicos de las personas, para enfrentar sus patologías con una mirada personalizada y precisa, es una realidad en diversos países del mundo. El diagnóstico de enfermedades raras, la elección de terapias adecuadas a los diversos tipos de cánceres, la detección e identificación de organismos patógenos y el diseño de regímenes de alimentación o modo de vida son algunas de las áreas donde la secuenciación genómica de los pacientes puede resultar altamente valiosa. La medicina de precisión será muy pronto una demanda ciudadana y es necesario tener

En el presente, Chile cuenta con una masa crítica de investigadores que pueden abordar proyectos en genómica de gran envergadura, como lo están haciendo muchos otros países del mundo, incluyendo varios de nuestra región.

los equipos capaces de desarrollar e implementar las tecnologías asociadas, entre ellas, la genómica.

- En los últimos 10 años, el acceso a la secuenciación masiva ha aumentado de manera notable, principalmente debido a la disminución de los costos asociados a la tecnología requerida para hacerlo. Los métodos moleculares de secuenciación se han simplificado y se han hecho más eficientes, de manera que muchos centros de investigación en el mundo ya disponen de capacidades propias, operando a un costo accesible. La tecnología se ha vuelto además portátil y versátil, con máquinas de secuenciación miniaturizadas y que pueden ser usadas *in situ*. En el Centro de Regulación del Genoma se han usado, desde hace unos cinco años, los secuenciadores Oxford Nanopore, en los laboratorios y en terreno, como son las experiencias en el Territorio Antártico en enero de 2019 y en liceos de todo Chile como parte de un esfuerzo de divulgación en 2018 y 2019.

- En las últimas décadas, junto con el desarrollo de las técnicas de secuenciación y la acumulación de genomas y otros productos del advenimiento de las ciencias “ómicas”, las matemáticas e informática que dan valor a los datos genómicos han explotado y nutrido de nuevas formas de análisis y capacidades algorítmicas a la bioinformática y biología de sistemas. Para mencio-

nar algunos ejemplos, grupos en Chile son hoy actores relevantes en la creación de herramientas computacionales para la obtención de genomas de alta complejidad en tiempos razonables y a costos muy bajos, han creado sistemas informáticos complejos para generar y simular el metabolismo de genomas y metagenomas que viven en comunidades de microorganismos para usarlos como fábricas celulares, y finalmente desde el uso sofisticado de la ciencia de datos son capaces de producir relaciones virtuosas entre biodiversidad y medio ambiente desde el estudio de datos genómicos.

LA GENÓMICA, UN ELEMENTO CLAVE EN LA ANTICIPACIÓN A EVENTOS COMO LAS PANDEMIAS

Las lecciones que nos ha dejado la pandemia COVID-19 no pueden ser ignoradas si queremos evitar otro colapso mundial como el vivido en 2020-2021. Teníamos la advertencia de otras cuasi-pandemias como las del SARS y MERS, sin mencionar las que causan devastación en el continente africano como el Ébola. La introgresión de la humanidad en los últimos vestigios de naturaleza vírgen nos están exponiendo a organismos con los que no hemos tenido contacto, lo que nos enfrenta a desafíos ignorados aún por la medicina moderna.

¿Qué formas de preparación podemos vislumbrar para que el próximo virus emergente no nos encuentre tan desprevenidos? Evidentemente hay mucho que hacer en el ámbito de la salud pública, el manejo comunicacional de las autoridades; las medidas oportunas de aislamiento de focos de infección; la preparación local de gobierno y empresas para proveer los insumos que se requieren para diagnóstico y tratamiento; la generación de capacidades para producir, almacenar, compartir y analizar datos, etc. Es nuestra opinión, sin embargo, que

este tipo de medidas deben acompañarse de una estrategia que permita anticiparse a las pandemias, en lugar de solo responder a ellas. Ya son famosos los artículos científicos (Cheng et al., 2007; Menachery et al., 2015) que identificaron decenas de especies de coronavirus en los murciélagos de Asia y que advertían sobre un potencial salto zoonótico de dichos virus al humano. Este conocimiento fue posible ya que se hizo un análisis metagenómico de estos mamíferos, para explorar el viroma que albergaban. Similares análisis en otras especies también han revelado potenciales peligros para los humanos. Es decir, una búsqueda sistemática y profunda de microorganismos con potencial patogénico nos dotaría de herramientas básicas de defensa en su contra. Para ello, también es menester caracterizar las especies huéspedes, para conocer cuál es la especificidad de la interacción que poseen. Es decir, pensamos que debe implementarse de manera urgente y global, un plan de caracterización de la biodiversidad, con énfasis en los microorganismos presentes en todos los ambientes del planeta. Esta idea ya ha sido impulsada por investigadores del mundo desarrollado, asociados a los proyectos como el Earth Biogenome Project (EBP) y el Global Virome Project (GVP) (Kress et al., 2020). No debemos dejar pasar esta oportunidad en Chile.

Sin embargo, el conocimiento de la biodiversidad no se limita a la producción de datos que describen organismos y su medio ambiente, ella requiere de un plan estructurado de manejo de estos datos para hacer de su análisis un proceso virtuoso. El éxito de los planes antes descritos depende de manera no menor de nuestra capacidad para generar, acceder, integrar, analizar y gestionar datos producidos por estos consorcios desde todas las áreas del conocimiento.

Según describen los estudios de datos en biodiversidad realizados en Chile para la COP25 (Marquet et al., 2019), se estima que menos del 1% de los datos publicados en ecología son accesibles para la comunidad, y gran parte de estas bases de datos se encuentran dispersas entre privados o segregadas entre distintas instituciones y personas. Es decir, es necesario desarrollar políticas que promuevan el acceso abierto a la información y a herramientas de análisis, así como la colaboración científica en estas materias, más aún, con disposiciones especiales o conductos claros y eficientes de uso en caso de crisis. Estas políticas son materia de discusiones intensas a nivel mundial, muchas plasmadas en las Metas de Aichi, acordadas en 2011 en la Convención sobre la Diversidad Biológica (CBD, 2010).

Pero una pandemia como la que hemos vivido debe hacernos reflexionar con una profundidad aún mayor, lo que significa la interdisciplina y la cooperación científica. Los elementos más bien provenientes de las ciencias naturales, todos necesarios, descritos en los párrafos anteriores, pueden funcionar de manera perfecta. Por ejemplo, podemos disponer de múltiples pre-estudios de biodiversidad de patógenos muy repertoriados genómicamente en bases de datos públicas, incluso clasificados y dotados de sendos índices de riesgo calculados en caso de posibles brotes epidémicos. Sin embargo, en el momento de la epidemia o, peor aún, la pandemia, terminan siendo una enciclopedia en un estante si no somos capaces de multiplicar nuestros esfuerzos para conectar los distintos actores y disciplinas que deben pensar y actuar durante una crisis, prescindiendo del lastre que significan la propiedad y la competencia intelectual. Debemos prepararnos como científicos y profesionales para aceptar el uso de múltiples técnicas e ideas para acometer el mismo

objetivo de salud y estudiar anticipadamente maneras de sincronizarlas de forma virtuosa.

Por otro lado, muchas de nuestras reflexiones deben estar mediadas por el uso de tecnologías, no solo genómicas, pero provenientes del mundo en ebullición de las tecnologías de la información. Podemos soñar, de manera muy realista desde la ciencia producida en nuestro país, con articular sistemas de monitoreo de pandemias -paralelos o simultáneos- que nos permitan evaluar en tiempo real su nivel de riesgo. Por un lado, usando sistemas mediados por la autoridad u organismos privados y públicos, como el monitoreo genómico de la pandemia en individuos o ambientes (como aguas servidas). Por otro, integrando a los mismos ciudadanos, en base a tecnologías de la información, como lo son las diversas aplicaciones de teléfonos inteligentes, que permiten hacer rastreo de proximidad de posibles enfermos. Todo lo anterior en sincronía con múltiples sistemas de predicción/medición de la enfermedad posibles de usar en función del nivel de riesgo vivido: solo testeo de la voz, medición de olores, PCRs o sus alternativas. Todo esto debería ser público y visualizable por una población necesitada de información, para ser parte de la solución de un problema que requiere -necesariamente- avanzar con una conducta de bien común.

BIBLIOGRAFÍA

Castillo, A.E.; Parra, B.; Tapia, P.; Acevedo, A.; Lagos, J.; Andrade, W.; Arata, L.; Leal, G.; Barra, G.; Tambley, C.; Tognarelli, J.; Bustos, P.; Ulloa, S.; Fasce, R. y Fernández, J. (2020). Phylogenetic analysis of the first four SARS-CoV-2 cases in Chile. *J Med Virol.* 2020 Sep;92(9):1562-1566. doi: 10.1002/jmv.25797.

- Castillo, A.E.; Parra, B.; Tapia, P.; Lagos, J.; Andrade, W.; Arata, L.; Leal, G.; Tambley, C.; Bustos, P.; Fasce, R. y Fernández, J. (2020). Geographical Distribution of Genetic Variants and Lineages of SARS-CoV-2 in Chile. *Front Public Health*. 2020 Sep 22;8:562615. doi: 10.3389/fpubh.2020.562615.
- CBD (2010). Decision adopted by the Conference of the Parties to the Convention on Biological Diversity at its tenth meeting. Decision X/2. Strategic plan for biodiversity 2011–2020. Retrieved from: <https://www.cbd.int/doc/decisions/cop-10/cop-10-dec-02-en.pdf>
- Centro de Regulación del Genoma. www.genomacrg.cl
- Centro de Modelamiento Matemático. www.cmm.uchile.cl
- Centro Nacional de Cálculo de Alto Rendimiento. www.nlhpc.cl
- Cheng V.C.; Lau, S.K.; Woo, P.C. y Yuen, K.Y. (2007). Severe acute respiratory syndrome coronavirus as an agent of emerging and reemerging infection. *Clin Microbiol Rev*. 2007 Oct;20(4):660-94. doi: 10.1128/CMR.00023-07.
- Consorcio de Genomas SARS-CoV-2 Chile. www.cov2.cl
- Iniciativa 1000 Genomas Chile. www.1000genomas.cl
- Kress W.J.; Mazet, J.A.K. y Hebert, P.D.N. (2020). Opinion: Intercepting pandemics through genomics. *Proc Natl Acad Sci U S A*. 2020 Jun 23;117(25):13852-13855. doi: 10.1073/pnas.2009508117.
- Marquet P.A.; Altamirano, A.; Arroyo, M.T.K.; Fernández, M.; Gelcich, S.; Górski, K.; Habit, E.; Lara, A.; Maass, A.; Pauchard, A.; Plissock, P.; Samaniego, H. y Smith-Ramírez, C. (editores) (2019). Biodiversidad y cambio climático en Chile: Evidencia científica para la toma de decisiones. Informe de la mesa de Biodiversidad. Santiago: Comité Científico COP25; Ministerio de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación.
- Menachery V.D.; Yount, B.L. Jr.; Debbink, K.; Agnihothram, S.; Gralinski, L.E.; Plante, J.A.; Graham, R.L.; Scobey, T.; Ge, X.Y.; Donaldson, E.F.; Randell, S.H.; Lanzavecchia, A.; Marasco, W.A.; Shi, Z.L. y Baric, R.S. (2015). A SARS-like

cluster of circulating bat coronaviruses shows potential for human emergence. *Nat Med.* 2015 Dec;21(12):1508-13. doi: 10.1038/nm.3985.



Academia Diplomática de Chile "Andrés Bello"
Moneda 1096, Santiago, Chile
www.academiadiplomatica.cl