CONGRESO FUTURO

REPÚBLICA DE CHILE
SENADO

# CHILE
# TIENE FUTURO
## DESDE SUS TERRITORIOS

Comisión Desafíos del Futuro,
Ciencia, Tecnología e Innovación del
Senado de la República de Chile 2018-2022

Biblioteca del Congreso
Nacional de Chile / BCN

*Comisión Desafíos del Futuro, Ciencia, Tecnología e Innovación*

***Sr. Guido Girardi Lavín** – Presidente*
***Sra. Carolina Goic Boroevic** – Senadora*
***Sr. Juan Antonio Coloma Correa** – Senador*
***Sr. Francisco Chahuán Chahuán** – Senador*
***Sr. Alfonso de Urresti Longton** – Senador*

*© Ediciones Biblioteca del Congreso Nacional de Chile*

*I.S.B.N. 978-956-7629-55-8*

*Impreso en Chile por Salesianos Impresores S.A*

***Guido Girardi Lavín***
*Editor general*

***Alfonso Pérez Guíñez***
*Director*

***Felipe Vicencio Eyzaguirre***
*Director Adjunto*

***Marek Hoehn, Mauricio Amar, David Vásquez, Juan Walker***
*Editores*

***José León Blanco***
*Diseño gráfico y diagramación*

***Arnaldo Cesaretti***
*Diseño portada*

*Chile tiene Futuro desde sus Territorios - Comisión Desafíos del Futuro, Ciencia, Tecnología e Innovación 2018 -2022: Guido Girardi Lavín, editor general; Marek Hoehn, Mauricio Amar, David Vásquez, Juan Walker, editores; Santiago de Chile, Ediciones Biblioteca del Congreso Nacional de Chile, 2022. 544 páginas*

***Senado – Chile***
***Comisión Futuro – Chile***
***Comisión Desafíos del Futuro, Ciencia, Tecnología e Innovación – Senado Chile***
***Ciencia y Tecnología - Chile***

***Consejo Asesor Fundación Encuentros del Futuro***

*M. Cecilia Hidalgo, Presidenta de la Academia Chilena de Ciencias*
*Aisén Etcheverry, Directora Nacional de la Agencia Nacional de Investigación y Desarrollo, ANID*
*Álvaro Fischer, Consejo Nacional de Ciencia, Tecnología,*
*Conocimiento e Innovación para el Desarrollo*
*Álvaro Rojas, Rector de la Universidad de Talca*
*Carlos Saavedra, Rector de la Universidad de Concepción*
*Celso Arias, Rector de la Universidad de Atacama*
*Claudio Elórtegui, Rector de la Pontificia Universidad de Valparaíso*
*Darcy Fuenzalida, Rector de la Universidad Técnica Federico Santa María*
*Eduardo Hebel, Rector de la Universidad de la Fontera*
*Eduardo Silva, Rector de la Universidad Alberto Hurtado*
*Emilio Rodríguez, Rector de la Universidad de Tarapacá*
*Ennio Vivaldi, Rector de la Universidad de Chile*
*Federico Valdés, Rector de la Universidad del Desarrollo*
*Hans Richter Becerra, Rector de la Universidad Austral de Chile*
*Harald Beyer, Rector de la Universidad Adolfo Ibáñez*
*Ignacio Sánchez, Rector de la Pontificia Universidad Católica de Chile*
*José Antonio Guzmán, Rector de la Universidad de los Andes*
*Juan Manuel Zolezzi, Rector de la Universidad de Santiago de Chile*
*Juan Oyarzo, Rector de la Universidad de Magallanes*
*Luis Alberto Loyola, Rector de la Universidad de Antofagasta*
*Mauricio Cataldo, Rector de la Universidad del Bio Bio*
*Natacha Pino, Rectora de la Universidad de Aysén*
*Nibaldo Avilés, Rector de la Universidad de La Serena*
*Oscar Garrido, Rector de la Universidad de Los Lagos*
*Osvaldo Corrales, Rector de la Universidad de Valparaíso*
*Patricio Sanhueza, Rector de la Universidad de Playa Ancha*
*Santiago González Larraín, Rector de la Universidad Central*
*Rafael Correa, Rector de la Universidad de O'Higgins*
*Rafael Rosell Aiquel, Rector de la Universidad del Alba*
*Rodrigo Alda, Rector de la Universidad Católica del Norte*
*Rubén Covarrubias, Rector de la Universidad Mayor*
*Teodoro Ribera, Rector de la Universidad Autónoma de Chile*
*Carlos Isaac, Rector de la Universidad Viña del Mar*
*Julio Castro, Rector de la Universidad Andrés Bello*
*Pilar Romaguera, Rectora de la Universidad de las Américas*
*Claudio Ruff, Rector de la Universidad Bernardo O'Higgins*

### *Secretaría de la Comisión*

*Abogado Secretario: Julio Cámara*
*Abogados Ayudantes: Nicolás Montero Carvajal, Magdalena Ascorra García*
*Secretaria Ejecutiva: Paula Sagredo*

### *Consejo del Futuro*

*Amélie Kim-Cheang*
*Juan Walker*
*Hugo Opazo*
*Jessica Soto*
*Valentina López*
*Carlos Vázquez*
*Luis Carrasco*
*Jacqueline González-Garcés*

### *Asesores Jurídicos de la Presidencia de la Comisión*

*Matías Ortiz*
*Miguel Angel Vergara*
*Sebastián Divin*
*Victoria Fullerton*

### *Asesores de la Biblioteca del Congreso Nacional*

*Marek Hoehn*
*Mauricio Amar*
*Felipe Rivera*
*Boris Lopicich*
*Magdalena Cardemil*
*Víctor Soto*
*Mariano Ferrero*
*Leonardo Arancibia*

## *Consejo Asesor Internacional*

*Brigitte Baptiste Bióloga, Rectora Universidad EAN, Colombia.*

*Eduardo Bendek, Senior Research Scientist BAERI/ NASA Ames Research Center, EE.UU.*

*Wendy Hui Kyong Chun, Canada 150 Research Chair in New Media, Simon Fraser University, Canadá.*

*Linda Elkins-Tanton, Vice President of the ASU Interplanetary Initiative, Principal Investigator (PI) of the Psyche mission, selected in 2017 as the 14th in NASA's Discovery program, EE.UU.*

*Yann Ferguson, PhD en Sociología, investigador asociado en el CERTOP, Universidad Jean Jaurès, Toulouse, Francia.*

*Rob Knight, Founding Director of the Center for Microbiome Innovation, Professor of Pediatrics, Bioengineering and Computer Science & Engineering, University of California, San Diego, EE.UU.*

*Hélène Landemore, Associate Professor of Political Science at Yale University, New Haven, Connecticut, EE.UU.*

*Katherine Maher, Former Chief executive officer and Executive director of the Wikimedia Foundation, EE.UU.*

*Marion Nestle, Professor of Sociology and Paulette Goddard Professor of Nutrition, Food Studies, and Public Health at New York University, New York, EE.UU.*

*John Quackenbush, Professor of Computational Biology and Bioinformatics and Chair of the Department of Biostatistics at the Harvard T.H. Chan School of Public Health, Professor in the Channing Division of Network Medicine, and Professor at the Dana-Farber Cancer Institute, EE.UU.*

*Anil Seth, Professor of Cognitive and Computational Neuroscience at the University of Sussex and Founding Co-Director of the Sackler Centre for Consciousness Science, Reino Unido.*

*Doris Sommer, Director of the Cultural Agents Initiative at Harvard University, is Ira and Jewell Williams Professor of Romance Languages and Literatures and of African and African American Studies.*

*Rafael Yuste, Neurobiólogo, ideólogo del proyecto B.R.A.I.N.; profesor de ciencias biológicas en la Universidad de Columbia, Nueva York, EE.UU.*

# CHILE
# TIENE FUTURO
## DESDE SUS TERRITORIOS

**Comisión Desafíos del Futuro, Ciencia, Tecnología e Innovación del Senado de la República de Chile 2018-2022**

CONGRESO FUTURO

Biblioteca del Congreso Nacional de Chile / BCN

REPÚBLICA DE CHILE SENADO

# Indice

***Prólogo*** ..... 13

***Introducción*** ..... 15

***Método de Trabajo*** ..... 37
*Comisión Desafíos del Futuro, Ciencia, Tecnología e Innovación: El conocimiento al servicio de una mejor política*

**Mesas de Expertos para Políticas Públicas basadas en la Evidencia Científica** ..... 69

***Política Espacial*** ..... 71
*Avanzando hacia un Programa Espacial para Chile*

***Políticas de Investigación*** ..... 87
*Vocación territorial de las universidades vs. centralismo investigativo - Desigualdades de la investigación científica de las universidades de Chile*

***Medicina Genómica*** ..... 113
*Conceptos clave, derecho internacional, legislación comparada, planes nacionales e institucionalidad*

***Escenarios Futuros Chile 2050*** ..... 153
*La Inteligencia Artificial y el Cambio Climático en los Escenarios Futuros de Chile al 2050*

***Futuro del Trabajo*** ..... 187
*Desafíos para el Futuro del Trabajo en Chile*

***Data Centers*** ..... 229
*Chile, un jugador de nivel mundial en infraestructura de Data Centers y de Nubes*

***Sistemas Alimentarios Sostenibles y Saludables*** ..... 285
*Chile enfrenta la Pandemia Silenciosa, la Finitud de los Recursos Naturales y el Cambio Climático*

**Mesas de expertos que dieron lugar a la propuestas de estrategias nacionales para la Innovación Tecnológica** ..... 305

***Inteligencia Artificial*** ..... 307
*Iniciativa para Desarrollo de una Estrategia Nacional de Inteligencia Artificial*

***Hidrógeno Verde*** ..... 341
*Iniciativa para el Desarrollo de una Industria de Hidrógeno Verde en Chile*

***Futuro Forestal Sostenible*** ..... 361
*Iniciativa para el Desarrollo Sostenible del Sector Forestal en Chile*

***Acuicultura Nativa*** ..... 417
*Iniciativa para la Promoción de una Acuicultura Nativa en Chile*

***Minería Verde*** ..... 449
*Iniciativa "Chile, Líder Mundial en Minería Verde"*

**Mesas de expertos que culminaron en Proyectos de Ley en temas de frontera** ..... 495

***Neuroderechos*** ..... 497
*Proyecto de ley, iniciado en moción de los Honorables Senadores señor Girardi, señora Goic, y señores Chahuán, Coloma y De Urresti, sobre protección de los neuroderechos y la integridad mental, y el desarrollo de la investigación y las neurotecnologías. (Boletín N° 13.828-19)*

***Plataformas Digitales*** ..... 515
*Proyecto de ley, iniciado en moción de los Honorables Senadores señor Girardi, señora Goic y señores Coloma, Chahuán y De Urresti, que regula las plataformas digitales. (Boletín N° 14.561-19)*

***Campos clínicos*** ..... 527
*Proyecto de ley, iniciado en moción de los Honorables Senadores señor Girardi, señora Goic y Von Baer, y señores Chahuán y Quinteros, que define a los establecimientos de salud como asistenciales-docentes y señala las 17 características de la relación entre la red de salud y las instituciones de educación superior. (Boletín N° 14.088-11)*

# Prólogo

*Presidenta del Senado de la República de Chile,*
*Senadora Ximena Rincón.*

Pocas cosas merecen tanta celebración como el trabajo de aquellos que han puesto su inteligencia y capacidades al servicio de la construcción de un Chile más equitativo, innovador y capaz de afrontar el futuro colocando a la ciencia como punto de partida.

La Comisión Desafíos del Futuro, Ciencia, Tecnología e Innovación del Senado nos ha mostrado, a todos y todas, una manera de enfrentar la política diferente, incluyendo a las universidades y centros de pensamiento no sólo como actores relevantes, sino decisivos para el proceso legislativo. Esta Comisión se ha convertido en un verdadero espacio de confluencia de saberes que permiten proyectar el futuro, enfrentándolo con decisión y al mismo tiempo con gran apertura, asumiendo que los desafíos son enormes y tienen relevancia no sólo para Chile, sino para la supervivencia de nuestra especie en el planeta.

La articulación de una mirada global y local, que asume lo pedregoso e incierto del camino a recorrer para el país y el mundo con mayor participación y democracia, nos enseña que la Comisión Desafíos del Futuro, Ciencia, Tecnología e Innovación es un aporte fundamental para el Congreso Nacional y para el Senado en particular.

Lo que nos entrega esta memoria, que informa sobre los avances en materia legislativa y colaborativa por medio de la comisión en diferentes ámbitos desde 2018 a la fecha, es nada menos que la muestra de que los avances en neuroderechos, Inteligencia artificial, hidrógeno verde, ciberseguridad, política satelital, minería verde, futuro forestal sostenible, entre otros, pueden ser puestos al servicio de las necesidades de la sociedad chilena, para enfrentar el futuro con mayores niveles de predictibilidad y entregando a los parlamentarios mejores y más sofisticados argumentos para darle al país una legislación que se encuentre a tono con los desafíos del presente y del futuro.

En este contexto, hago presente que este trabajo se inició con la creación de la Comisión Futuro por los ex parlamentarios Carlos Cantero, Jovino Novoa, el senador Guido Girardi, quien suscribe, Ximena Rincón y el Senador Francisco Chahuán; sumándose los integrantes actuales: Senadora Carolina Goic, y los senadores, Alfonso De Urresti y Juan Antonio Coloma.

Mención especial para el Senador Guido Girardi, quien, presidiendo la comisión, ha sido responsable de crear este espacio, convocar a los actores relevantes y fortalecer de manera profunda el vínculo entre el Congreso Nacional y la comunidad del conocimiento.

No me cabe la menor duda de que este trabajo será una luz para las legislaturas que vienen, porque en una época de crisis social, de aumento de la polarización política y la creación de ambientes en los que no siempre nos escuchamos unos a otros, esta Comisión ha trazado nada menos que un amplio espacio de convergencia con actores plurales, que por medio del lenguaje de la ciencia, han decidido comprometerse con el desarrollo del país y mirar hacia adelante, incluso más adelante de lo que estamos acostumbrados en la actividad legislativa, con el solo fin de servir al país con la inteligencia y la investigación.

Como Presidenta del Senado de la República de Chile no tengo más que palabras de agradecimiento ante este enorme trabajo conjunto de quienes han querido hacer de este país un lugar mejor, creando las condiciones para una legislación que atienda a las necesidades urgentes por medio de la colaboración entre el conocimiento científico, la política y la sociedad civil.

# Introducción – Chile es una Oportunidad para la Humanidad

*Senador Guido Girardi*

La idea de crear una comisión del Senado para abordar los desafíos del futuro nació en 2011 junto a la Academia Chilena de Ciencias y en un grupo de universidades como parte de una reflexión sobre los profundo cambios estructurales que, en todos los ámbitos de la sociedad - economía, relaciones humanas, etc. -, avizoraban el surgimiento de una nueva civilización que desplaza al mundo creado por la segunda revolución industrial.

Ese ecosistema industrioso, centralizado y jerárquico duró 150 años. Generó un conjunto de instituciones en espejo también jerárquicas y centralizadas -educacionales, políticas, Estados, gobiernos, partidos políticos e ideologías (liberales o sociales) - que posibilitaron su expansión y desarrollo teniendo al capital humano y la mano de obra como principales factores de productividad. Pero ahora esa era comenzaba a agonizar y se requería reflexionar sobre aquello.

Todas las instituciones, las ideologías, socialdemócratas o de derecha, de la segunda revolución industrial, que impulsaron y profundizaron ese mundo cumplieron un ciclo exitoso, porque es innegable que en la segunda mitad del siglo XIX y en todo el siglo

XX - pese a las guerras y desastres nucleares - hubo importantes avances en desarrollo económico y también en la profundización de democracia, los derechos humanos,la expectativas de vida y la disminución de la desigualdad.

En esta época analógica que declina, la velocidad de los cambios estaba sincronizada con la capacidad del cerebro humano, el funcionamiento de nuestras neuronas que generan el pensamiento lo hacen a una velocidad de 120 metros por segundo. Esta era surgió de la consolidación de la sociedad y fue gobernada por la colaboración de los cerebros de todos los seres humanos.

La era digital que comenzamos a vivir opera a la velocidad de los sistemas neuronales artificiales - 300 millones de metros por segundo - la velocidad de la luz, lo que prolonga el tiempo de manera infinita y acorta los espacios pudiendo estar en línea con cualquier rincón del planeta en el mismo instante.

En la era analógica del siglo XX un segundo no era nada, en el mundo digital en un segundo se desarrollan trillones de procesos computacionales simultáneos que pueden cambiar la historia de la humanidad. Esto modifica toda la dimensión de lo que vivimos.

Al mismo tiempo que hemos alcanzado la cúspide del desarrollo tecnológico, con gigantescas oportunidades de futuro, enfrentamos - producto de esas mismas tecnologías - las mayores amenazas. Los próximos años podrían ser los 100 mejores o los peores de nuestra historia. De nosotros depende.

Las mismas tecnologías, particularmente, la inteligencia artificial, sin la cual sería imposible sobrevivir, profundizar la democracia y la libertad, alimentar, transportar, vestir, tener espacios de ocio para el conjunto de la humanidad y continuar nuestra misión evolutiva en la tierra como en el universo, nos amenazan con la superación del humano, con la cancelación de nuestra autonomía, libertad y libre albedrío.

En efecto la evolución futura ocurrirá mucho más rápido, a escala de tiempo tecnológico, no a escala de tiempo de selección natural. Así que, sin duda, en vista de lo mucho que está en juego, no deberíamos aceptar un riesgo ni de 1 en 1000 millones de que la extinción humana nos quite este inmenso potencial o que la inteligencia artificial nos sustituya, nos prive de la capacidad de decidir y nos quite la libertad.

En los próximos años viviremos una era de aceleramiento y de cambios a velocidades exponenciales como nunca antes en nuestra

historia pasada, en una verdadera carrera contra la obsolescencia de todo el chasis institucional.

La primera revolución industrial duró 100 años hasta 1850. Luego vino la segunda revolución industrial de la cual somos hijos, que duró 150 años, desde 1850 al 2000, también llamada la civilización del petróleo. Pasamos rápidamente a la tercera revolución industrial - Internet y las energías renovables - de manera silenciosa y casi imperceptible. Entramos a la cuarta revolución industrial, la era de la inteligencia artificial, que será muy breve. La quinta revolución industrial está ya a nuestras puertas, empujada por las plataformas como Facebook con su migración a Meta. Sera la de los metaversos, la de un mundo virtual paralelo que habitaremos a través de avatares. Y la sexta, será la de la colonización del espacio y de Marte, empezará en unos 20 o 30 años.

Esto grafica la velocidad de las transformaciones, estamos ante un mundo vertiginosamente cambiante y que no es predecible, porque la inteligencia artificial, es la primera tecnología creada por el cerebro humano que escapa de su capacidad de gobernarla. Nadie puede procesar la inmensidad de datos generados y que son el principal factor de transformación.

En el siglo XX el control del poder y la geopolítica estuvo determinado por el control del petróleo, pero los combustibles fósiles comenzaron a declinar y nos dejaron una profunda fractura entrópica: el calentamiento global, que amenaza con nuestra extinción.

Los datos, son el combustible de esta nueva era. No disminuyen, sino que aumentan de manera exponencial. Ahora se duplican cada año y con "Internet de las cosas" tendremos un tsunami de datos. A diferencia de la segunda revolución industrial en que los cambios fueron graduales, con combustibles fósiles que disminuyen con su uso y motores a combustión que movilizaron la segunda revolución industrial, que fueron los mismos durante 100 años, en la civilización de la inteligencia artificial, su combustible los datos y sus motores, los algoritmos, son evolutivos, progresan exponencialmente determinando una era de cambios y aceleramiento sin precedente.

Los algoritmos son extrapolaciones del funcionamiento de la corteza cerebral, emulan a las neuronas y son cada día más potentes. Además, a partir del deep learning del 2012 desarrollado

por Yann André LeCun y Yoshua Bengio, son entrenables, es decir tienen capacidad de aprendizaje, de desarrollo propio y una dimensión evolutiva gigantesca.

El producto de esos motores, los algoritmos con su combustible, los datos, es la inteligencia artificial, la tecnología más potente creada por el ser humano y aumenta 100 veces de un año a otro y en una década se incrementará un millón de veces al año, en 2045 de acuerdo al fundador de la Singularity University, será mil millones de veces más potentes que la de todos los seres humanos juntos, tendencia que será exponencial y generará brechas aun más gigantescas en la sociedad.

En nueva civilización de los datos y de la inteligencia artificial enfrentaremos un profundo cambio de la geopolítica. Ésta ya no está condicionada, como en el pasado, al control de los pozos petroleros y de los combustibles fósiles. La geopolítica del siglo XXI está determinada por el control de su combustible, los datos, al desarrollo de los algoritmos, y la hegemonía de la inteligencia artificial. Datos y algoritmos, ambos se extraen de la corteza cerebral, son el equivalente a los pozos petroleros del siglo XX y el campo de batalla del siglo XXI son los cerebros de los seres humanos.

Este escenario, además, está acompañado de la obsolescencia de todas las instituciones que no tienen capacidad de pilotaje, justamente, porque empieza a emerger un mundo fuera de las instituciones tradicionales.

Al mismo tiempo, vivimos, una profunda crisis ética y social: la desigualdad que se ha transformado en una amenaza para las democracias y en una fuente de estallidos sociales en todos los rincones del planeta. La desigualdad creciente, es consecuencia de un modelo de desarrollo hegemónico injusto, consecuencias de una revolución neoliberal que promovió un modelo que, fue impuesta por Margaret Thatcher y Ronald Reagan cuando en 1980 plantearon que no debía haber sociedad.

Ella afirmó "there is no society". Es decir, el mercado es más eficiente que la democracia para la toma de decisiones y que los consumidores eran más relevantes que los ciudadanos, porque eran más inteligentes. Ese modelo que, además, privatizó el Estado de bienestar a nivel global, condenó a una mayoría de seres humanos a la pobreza. Las clases medias fueron las perdedoras, transformándose en una clase periférica que vive fuera del alcance

de las instituciones y que recelan de la democracia porque no ha sido capaz de resolver los problemas y generar un mínimo de equidad. Para los perdedores del mundo la democracia no les sirve para alcanzar algunos niveles de dignidad.

Ese modelo, generó un mundo que ve amenazada su existencia a causa de la crisis ecológica y la gigantesca fractura entrópica. El cambio climático es consecuencia de la intervención humana que modificó profundamente el metabolismo y los mecanismos que mantienen los ecosistemas del planeta que habitamos.

El capitalismo en la era digital enfrenta una nueva revolución neoliberal, ya no es el mercado que remplaza a la democracia en las decisiones, sino la tecnología y la inteligencia artificial y los algoritmos quienes sustituyen a consumidores y ciudadanos en sus decisiones.

El humanismo liberal, la base de nuestra convivencia y democracia, en que cada persona es única, sujeto de derechos humanos fundamentales, en que cada cual es quien mejor puede dar sentido a su vida, mejor decidir qué comprar, que pareja elegir, que arte ver y por quien votar, está hoy amenazado.

Cada vez más el poder de decisión de los humanos se desplaza a los algoritmos, Cambridge Analítica decidió por quien votar en las elecciones presidenciales de Estados Unidos en las que ganó Donald Trump y en las votaciones por el Brexit. Las plataformas inciden en qué comprar, un porcentaje cada vez mayor de personas eligen sus parejas sexuales por Tinder, transformando el amor en una optimización matemática. Enfrentamos un mundo donde el tecno-autoritarismo promueve el que todos los aspectos de la vida se registren, se transformen en datos y que estos se pongan a disposición del gran flujo de datos. Así un algoritmo le dará sentido a sus vidas y les dirá qué hacer.

Uno de los mayores avances civilizatorios ha sido la consolidación de la sociedad, entendida como el cemento que une, que permite la convivencia de los distintos, la inclusión de la diversidad y la capacidad de generar a partir de ella, creatividad, innovación, solidaridad y una inteligencia colaborativa para resolver los problemas que enfrenta. La sociedad es la base de la convivencia, es el fundamento de los derechos humanos y la democracia. La sociedad existe gracias a las leyes, normas y regulaciones que buscan salvaguardar el bien común, preservan la justicia y la libertad.

En la civilización de la inteligencia artificial habitaremos un nuevo territorio, el mundo virtual, un mundo sin fronteras. Cada vez más estudiaremos, trabajaremos, tendremos salud y nuestros espacios de ocio en el ciberespacio.

La era digital le plantea a la sociedad y a la democracia profundos desafíos para garantizar la gobernabilidad y el pilotaje democrático del futuro. La cuestión es si los derechos humanos y todos los avances civilizatorios y las dignidades, que la humanidad hasta hoy ha conquistado, que han permitido establecer las bases de la convivencia y la emergencia de la sociedad, van a ser también válidos en el mundo virtual, o al entrar en él se extinguirán. Serán válidos en la tierra como en el cielo y en todos los ámbitos donde existan los humanos, sea en el mundo real o en el virtual.

Un mundo virtual, el territorio que habitaremos en el futuro, sin democracia, sin leyes, sin reglas, sería una regresión como lo fue California en los tiempos de la fiebre del oro. Sería un mundo gobernado por la ley del más fuerte, la ley de la selva, un mundo sin sociedad.

Facebook, Google, las plataformas chinas son los nuevos continentes virtuales, son los nuevos imperios que se han apropiado de los datos de la mayoría de los humanos. Estas plataformas tienen más habitantes, más poder político cultural y económico que cualquier país del planeta y son gobernados por empresarios que nadie eligió y que están tomando las decisiones del presente y diseñando el futuro.

Las redes sociales están modificando profundamente las relaciones entre las personas. La personalización es parte de su modelo de negocio para optimizar sus estrategias publicitarias. Ellas están formando comunidades virtuales de humanos iguales, que competen ideas, valores. Está emergiendo un mundo de burbujas, de mundos paralelos que no dialogan entre sí, en que sus miembros se auto reafirman en sus creencias. Los vegetarianos se transforman en veganos, los de derecha en extrema derecha. Sólo reciben información de sus temas de interés, reduciendo su universo cognitivo e interaccionan solo con sus iguales.

Las redes sociales, con la personalización extrema, están separando aquello que la sociedad ha unido e integrado. Están reduciendo la diversidad y poniendo en cuestión la capacidad de los distintos de convivir y dialogar, amenazando con poner fin a la

sociedad. Vivimos una multicrisis que genera una "tormenta perfecta".

Ante ese escenario en 2011 nos preguntamos cómo podríamos aportar a la reflexión. Era un ejercicio necesario porque el pensamiento lineal, centralizado y jerárquico del siglo XX no genera un pensamiento abarcativa y no tiene la capacidad de comprender la complejidad de la sociedad de la era digital.

Nuestro desafío era intentar comprender cómo se adecuan las instituciones y la democracia para garantizar la gobernabilidad y el bien común en la era de la inteligencia artificial. Como a partir del conocimiento de la neurociencia, del funcionamiento del cerebro y su capacidad de adaptación a los cambios a través de la plasticidad neuronal, que nos ha permitido evolucionar y alcanzar los actuales niveles de desarrollo, emulando este proceso podíamos avanzar a una plasticidad democrática que nos permitiera revitalizar la sociedad y readecuar la democracia y el chasis institucional a esta nueva civilización.

Uno de los objetivos fundamentales de la democracia es generar pensamiento e inteligencia para resolver los problemas, era evidente que ese pensamiento del siglo XX no era adecuado, no estaba en sintonía ni en sincronía con las necesidades multidimensionales de este nuevo mundo.

Teníamos que crear un laboratorio de innovación social, que permitiera generar pensamiento complejo. Influenciado por el filósofo con el que me formé, Edgar Morin -creador del concepto pensamiento complejo y llamado el pensador planetario - surgió la idea de crear una comisión legislativa en el Senado que uniera lo que está separado: la ciencia, la academia, la filosofía, el arte, la política y la sociedad. Ahí nació la Comisión "Desafíos del Futuro, Ciencia, Tecnología e Innovación" del Senado de la República de Chile.

Y ésta tiene la particularidad, única en el mundo, de permitir la participación de los rectores de las universidades chilenas, de los miembros de la Academia Chilena de Ciencia y de los centros científicos quienes, además, pueden presentar proyectos de Ley que la Comisión debe tramitar. Luego se estableció un convenio de acuerdo para poder asistir a cualquier comisión legislativa del Senado a dar sus opiniones. Ahí empezó la aventura de unir la función, colaborativamente, de políticas públicas con esta

capacidad de incorporar inteligencia que se encontraba distribuida, no concentrada.

En el siglo XX, la inteligencia y la intelectualidad estaba concentrada en sistemas gubernamentales y estatales como los partidos políticos, los parlamentos, en los gobiernos y en la burocracia en torno a ellos. Pero poco antes del cambio de milenio, ese mundo intelectual se alejó de esas instituciones y se distribuyó en la sociedad.

Por tanto, el chasis tradicional se vació de la capacidad de generar inteligencia colaborativa, abarcativa y compleja, que hoy día radica en otras instituciones de la sociedad, fundamentalmente en los territorios, universidades, centros académicos, de pensamiento, de intelectuales. La idea de esta Comisión es recuperar la capacidad de articular o generar una inteligencia colaborativa lo suficientemente compleja.

Definimos la "Comisión Desafíos del Futuro..." como un laboratorio de innovación social, porque tenemos la convicción de que debemos explorar y generar nuevos modelos. Y que, al evaluarlos, irán escalando para transformarse en modelos de desarrollo posible, de modernización de nuestras instituciones, sintonizando con esta nueva era que estamos viviendo.

A partir de eso nació el Congreso Futuro, que ya se ha ido transformando en una institución que abre las puertas a una reflexión de futuro sin límites ni moldes. Buscamos des-elitizar estos procesos y llevar a la sociedad la discusión de los temas de frontera para entender que vivimos en un mundo cambiante e intentar que la capacidad de anticiparse no estuviese concentrada en una élite, sino que tomara conciencia en la ciudadanía.

Estas experiencias dieron paso a nuevas reflexiones que se sintetizan en la idea de un mundo capturado por la inmediatez y el presentismo. Estamos en un mundo donde la promesa digital y la inteligencia artificial, que podría impulsar una mejor humanidad, se ha desvirtuado y se orienta a objetivos riesgosos.

Existe una confrontación política de fondo entre quienes creemos que la inteligencia artificial debe construir una civilización para una mejor humanidad y quienes tienen la visión transhumanista o tecno-autoritaria concentrada en generar nuevos imperios, apropiarse de los datos y aspiran a gobernar el mundo que viene.

Ante esos desafíos, en un mundo donde lo digital presiona

hacia la inmediatez y las redes sociales activan la reacción y no la reflexión, estimamos fundamental que existan centros de generación de pensamiento y para ello se requiere sociedad, colaboración, tiempo, silencio y un espacio multidisciplinario que una lo que está separado.

El objetivo era que esta instancia en el Senado se transformara en un espacio de confluencia, entre la ciencia y la intelectualidad nacional, con la ciencia e intelectualidad mundial, y todos ellos con nuestros decisores y la sociedad civil en un espacio de reflexión y generación de pensamiento nuevo sin fronteras.

Una de las mesas de trabajo temáticas que se expresan en este libro es la llamada "Los escenarios futuros posibles", porque en este mundo cambiante la única manera de hacer previsión es entender que hay muchos futuros posibles, que van a determinarse en función de las cosas que hagamos o dejemos de hacer.

Estos procesos son tan rápidos que, si no hay una capacidad de diseño o de modelamiento de futuros, serán un tsunami que nos sorprenderán, como la pandemia, sin estar preparados, a menos que hagamos un pilotaje democrático justamente de estos procesos.

Cuando hablamos de obsolescencia del pensamiento y de las instituciones, también nos referimos a la obsolescencia de los Estados nacionales, ya que gran parte de los desafíos que tenemos se escapan de la gobernanza de los Estados nacionales. Cuando hablamos de gobernanza en el ciberespacio estamos hablando de un nuevo territorio, de un nuevo hábitat, que tiene fronteras distintas a la de los Estados nacionales, con otra velocidad y otra dimensión.

Entonces, en torno a esta idea de "Los escenarios futuros posibles" generamos primero una capacidad estratégica de anticipación, de reflexión, de intentar modelar los distintos futuros posibles que tenemos a nivel global.

Y creamos otra instancia en ese ecosistema que se llama "Chile tiene Futuro" y que significa hacernos cargo de nuestra propia realidad, además de tener una reflexión global y hacer un aporte amplio respecto a cómo enfrentar y abordar metodológicamente problemas que se escapan de esta dimensión nacional y que nos obligan a comportarnos como ciudadanos del planeta y no sólo de un país.

Tenemos una responsabilidad como ciudadanos del planeta con otros miles de millones de ciudadanos que habitan la Tierra de construir una metodología que nos permita tener una gobernanza planetaria democrática, no sólo de los Estados nacionales.

Para eso estamos trabajando en varios planos como, por ejemplo, ya avanzamos con la Ley de Etiquetado de los Alimentos que busca enfrentar la mayor pandemia que tiene la humanidad y que mata de manera silenciosa a 41 millones de personas al año, muy superior a la tragedia que ha significado el SarsCoV-2. Pero no se habla de ella porque tiene que ver con el modelo de desarrollo, pero que produce cánceres, infartos, accidentes vasculares y muertes por hipertensión o por diabetes. Hicimos una ley que se globalizó - la Ley de Etiquetado – que hoy día ya es considerada por la OMS y la FAO como un modelo mundial.

Entonces nos planteamos, a partir de las dos experiencias del futuro – "Los escenarios futuros posibles" y "Chile tiene Futuro"- y de nuestra relación con las ciencias más avanzadas del planeta, esta idea de hacer una intersección entre la ciencia mundial y la ciencia chilena, junto a la sociedad civil, los territorios y nuestros actores de emprendimiento.

A partir de ello desarrollamos la idea de empezar a generar un marco de pilotaje democrático global, en directa relación con una Ley de Neuroderechos que nació de la alianza con el Dr. Rafael Yuste, director mundial del "Proyecto B.R.A.I.N." en conjunto con los más importantes neurocientíficos a nivel mundial, equipo denominado "The Morningside Group".

Esta iniciativa incluyó a universidades chilenas, particularmente la Universidad Católica y la Universidad de Chile, iniciando una aventura motivada por una potente inquietud: "¿Por qué nosotros no podemos proponer un marco regulatorio que afecta o apunta a temas globales, a temas del planeta?". Porqué si el combustible del siglo XXI son los datos y los motores son los algoritmos, ambos se extraen de los cerebros y por lo tanto la disputa geopolítica del siglo XXI son los cerebros, ese es el campo de batalla geopolítico, por eso la disputa entre la estadounidense Google y la china Huawei, una verdadera "guerra por los cerebros".

Esta guerra es librada con batallas por la atención, porque es el puente levadizo que permite conectarse con los cerebros, con la actividad cerebral, para extraer datos, para modificar o extraer el

conocimiento del cableado del cerebro humano para desarrollar los algoritmos. En consecuencia, la disputa geopolítica es por la atención, facultad que no se encuentra en la corteza cerebral, sino que es muy anterior a la emergencia de ella y comienza su evolución hace millones de años con los primeros mamíferos.

El control de la atención es anterior a eso, debe tener 300 millones de años o más incluso. Por eso se le llama cerebro reptiliano en que, como es para la supervivencia, la atención se activa con contenidos relacionados con la sobrevivencia: alimentación, reproducción, amenazantes, violentos o polarizantes.

Cómo esos contenidos activan el umbral de atención, el modelo de negocio del mundo digital - que controla la inteligencia artificial, las plataformas y las redes sociales - implica que todas funcionan en la misma lógica que es la captura de la atención. En esta disputa fratricida por la atención han desarrollado algoritmos que dentro de las redes y de las plataformas promueven sólo aquellos contenidos que activan la atención. Por lo tanto, amplifican aquello que polariza, extremos, falsos, dudosos, amenazantes, desestabilizadores, odiosos, o que tienen que ver con comer o la pornografía, porque son los que activan la atención y generan rentabilidad para el modelo de negocio digital.

Los contenidos falsos, polarizantes, extremos, son amplificados en la red muy por sobre lo que representan en la realidad, en el mundo analógico. Los terraplanistas y antivacunas son marginales en la sociedad, pero están sobrerrepresentados y sobredimensionados en las redes sociales.

Las redes, hoy en día, constituyen un mundo distópico, pero el ser humano está cableado para la credulidad: necesitamos queremos, tenemos que creer. Por ello surgieron los ritos, las religiones, las ideologías, los partidos políticos, los Estados nacionales. Esa credulidad nos permitió avanzar y aprender como sociedad.

En el mundo analógico este proceso estuvo acompañado de la certificación de veracidad, más en algunos momentos, menos en otros, pero finalmente permitió darle un cauce a la credibilidad que posibilitó los avances evolutivos. Esta certificación de veracidad siempre fue hecha por un órgano intelectual y científico. En el siglo XX estuvo en manos de la prensa que, junto al mundo intelectual, tenía el rol más fundamental. Hoy, en la red, no hay

ninguna certificación de veracidad y la gran necesidad de los humanos de creer hoy día se transforma en una amenaza en un mundo de contenidos falsos y enfrentados.

En este contexto decidimos avanzar en una legislación sobre neuroderechos, experiencia que une a la ciencia chilena e internacional y ya se ha transformado en un referente mundial. No tenemos porqué tener complejos de inferioridad, a pesar de vivir en un país pequeño y marginal, pues también podemos aportar a los grandes desafíos de la humanidad.

En la otra iniciativa, "Chile tiene Futuro", orientada a los temas más locales, además de generar conocimiento nuevo – ese es el rol del Congreso del Futuro – damos la señal de que no sólo podemos exportar cobre, salmones, frutas, vino y litio, sino que también ideas. Y a partir de nuestro territorio y sus potencialidades, identificar cuáles son las posibilidades que se abren para Chile.

Todo esto en un país sin instancias para el pensamiento estratégico. Vemos que, en los debates presidenciales, ningún periodista realizó preguntas del siglo XXI, como si la nostalgia por el siglo XX no nos dejara salir de él.

Por ello nos parece muy importante tener este espacio de pensamiento estratégico, que nos instale en los temas del siglo XXI. Por eso creamos diversos laboratorios, sobre los "Futuros posibles de Chile desde los Territorios". Esta es una instancia de reflexión de frontera, de avanzada, un espacio de intersección y colaboración que emerge del trabajo en conjunto de la academia de ciencias, las universidades chilenas nacionales y regionales, los emprendedores de regiones, los diversos centros académicos y científicos del mundo, con la Biblioteca del Congreso Nacional, generando una cartografía de las vocaciones y oportunidades que generan nuestros territorios para nuestro país de y el mundo.

Así nació en el contexto de una estrategia de reflexión estratégica, "Chile tiene Futuro", los "Los escenarios futuros posibles", la primera idea de crear una mesa de trabajo sobre inteligencia artificial - factor fundamental de cambio geopolítica en el siglo XXI - que, liderada por el Premio Nacional de Ciencias, José Rodríguez, convocó a las principales universidades y a los especialistas en el tema y se transformó en un instrumento validado por diversas instituciones (gubernamentales, empresariales, educacionales, organizaciones civiles) de la sociedad chilena.

Este esfuerzo se tradujo en un documento que entregamos al presidente de la República, Sebastián Piñera, y que permitió establecer las bases de la política chilena sobre inteligencia artificial con la convicción que se trata de un tema central y estratégico para la humanidad, que no va a sobrevivir sin ciencia, tecnología y, particularmente, sin inteligencia artificial.

La Comisión "Desafíos del Futuro..." también impulsó y colaboró en la redacción y tramitación de la Ley que dio origen al Ministerio de Ciencias. Tras un largo proceso de reuniones con la expresidenta Michelle Bachelet y el presidente Sebastián Piñera, finalmente logramos avanzar en su creación que es un producto de esta confluencia intelectual que reúne voluntad política, conocimiento científico y visión prospectiva.

Luego, nos propusimos generar otro tipo de mesas de trabajo como las de políticas satelitales y espaciales. Vamos a habitar otros territorios y explorar otros mundos. Este será el mundo de nuestro futuro, donde cada vez pasaremos más tiempo de nuestras vidas.

Ese mundo debía tener un espacio y por eso creamos la primera mesa de trabajo en esta materia, concentrándose en crear políticas satelitales propias, porque no se puede externalizar ni la soberanía ni el futuro. Debemos tener nuestros propios satélites, no sólo para la vigilancia y el control de los territorios, sino también para el futuro de las telecomunicaciones que serán fundamentalmente satelitales. ¿Por qué entregar esta tarea a grandes empresas sí podemos hacerlo nosotros protegiendo, además, la soberanía y los datos?

Esta idea decantó, a partir de la experiencia de la facultad de ingeniería de la Universidad de Chile, con su proyecto Suchai, en la creación de una política satelital que implicó un convenio con la Fuerza Aérea para producir en Chile, con tecnología de punta, una constelación de satélites propios para ampliar Internet, controlar la seguridad (narcotráfico, incendios forestales, catástrofes naturales) y mejorar la vida de las personas en todos los territorios.

Incentivados por los buenos resultados de las primeras experiencias, decidimos crear otras mesas de expertos. Chile gracias a sus vocaciones territoriales tiene oportunidades gigantescas para colaborar a enfrentar la crisis climática y sus consecuencias. Tenemos en el desierto más irradiado del planeta. Los premios Nobel que han participado en Congreso Futuro, entre ellos Carlos Rubia, afirman que solo desde el desierto de Atacama

se podría satisfacer la demanda mundial y dar energía a todo el planeta. Adicionalmente en la Patagonia subantártica se han medido los vientos más potentes del planeta.

Chile es el primer productor de cobre a nivel mundial, la minería verde, con bajas emisiones, uso de energías renovables, utilización de agua desalada, adecuado manejo de relaves y residuos tóxicos, implementación de minería secundaria y desarrollo de fundiciones de hidrógeno, podría permitir la transición energética mundial proveyendo el cobre para toda la electromovilidad mundial colaborando a disminuir el $CO_2$.

Chile es el primer productor mundial de litio. El litio chileno será fundamental para la transición energética en el planeta, tanto para las baterías que sustenten la electromovilidad, como para el desarrollo de megabaterías para el almacenamiento de las energías renovables.

La extracción sustentable del litio y la agregación de valor que el país requiere para potenciar su exportación es una carrera contra el tiempo. Tenemos una ventana de no más de 20 a 30 años, antes de que sea remplazado por baterías de ion sodio o por el hidrógeno que probablemente será el combustible del futuro a partir de los años 2030 – 2040

A partir del enorme potencial en energías solar y eólica que tiene el país decidimos avanzar en formas de escalamiento y transformarlo en recursos para toda la humanidad por lo que creamos la "Iniciativa de Hidrógeno Verde" (H2V), con más de 100 participantes de todas las universidades además de emprendedores chilenos y extranjeros.

Así como la península arábiga le dio petróleo a todo el planeta, hoy día Chile podría innovar y aportar en revertir esa situación, cuestión que las grandes potencias no pueden hacer, porque siguen atadas a formas antiguas de energía. ¿Cuál es la alternativa para el futuro? Transitoriamente será la electromovilidad, que permitirá trasladar todo nuestro transporte de automóviles, buses, camiones, a energía eléctrica, donde el cobre chileno será fundamental. ¡Esa transición se hará con cobre chileno!

Pero ésta será una transición. Si al 2030 la humanidad no tiene un sustituto efectivo al combustible fósil enfrenta la posibilidad concreta de una extinción masiva. Y sólo Chile le podría entregar energía a todo el mundo y salvar la humanidad. Esa es la misión que tenemos.

¿Qué quiere decir eso? Debemos transformar y aumentar nuestra capacidad de generar energías renovables. No le podemos dejar esa tarea al mercado. Chile tiene la responsabilidad de convocar a los países más desarrollados, a las empresas transnacionales más importantes, a las universidades y a la ciencia mundial para crear en el país el laboratorio que permita almacenar energía solar para transformarla en hidrógeno: la energía más potente que se pueda generar en el siglo XXI, que es infinita porque se produce a partir del sol y agua de mar y seguirá existiendo, a lo menos, durante los próximos cuatro mil millones de años. El hidrógeno tiene mayor poder calorífico que el petróleo, carbón o gas natural. Puede nutrir vehículos, buses, camiones, trenes, aviones o barcos, pero también calefaccionar las viviendas y terminar con la contaminación urbana.

Ante esta responsabilidad ética de Chile con la humanidad creamos esta "Iniciativa de Hidrógeno Verde" y le presentamos su trabajo al presidente Sebastián Piñera, tras lo cual se creó la Comisión de Hidrógeno del gobierno que esperamos se mantenga y vaya avanzando.

La mesa de trabajo sobre Minería Verde con más de 150 participantes trabaja con la misma lógica para aportar a la transición energética, produciendo cobre con cero emisiones de carbono utilizando energía solar, agua desalada e hidrógeno en las fundiciones y para tratar los residuos peligrosos - que hoy se transforman en contaminantes eternos - o utilizando la biorremediación. Transformar a Chile en el centro mundial de la producción de cobre verde para el futuro de la humanidad también es parte de la carta de navegación.

Esta mesa de trabajo fue fundamental para elaborar la propuesta de royalty que presentamos en su representación como indicaciones en la tramitación del proyecto de Ley en el Senado.

El calentamiento global tendrá como una de sus principales consecuencias la escasez del recurso agua, particularmente se verá afectada la agricultura y la producción de alimentos. Difícilmente los ecosistemas podrán alimentar a la creciente población del planeta que alcanzará los 9 mil 500 millones de habitantes el 2050.

Por ello creamos la mesa de Acuicultura Nativa con más de 100 expertos que trabajan en una propuesta para que el océano chileno - gracias a la corriente de Humboldt, el espacio marino más productivo del planeta - pueda alimentar a la humanidad del

futuro. Chile tiene la responsabilidad insoslayable de aprender de la mala experiencia de la salmonicultura y desarrollar cultivo sustentable de especies nativas -algas, mariscos, corvina, congrio, etc.- de altísimo valor nutritivo para todo el planeta.

Bajo la coordinación del Centro de Modelamiento Matemático de la Universidad de Chile hemos constituido la mesa de trabajo de "Chile Banco de Datos y Memoria de la Humanidad". Los datos son el combustible del siglo XXI, con ellos se genera la tecnología más poderosa que el ser humano ha inventado, la inteligencia artificial sin la cual no podremos sobrevivir. Los datos crecen exponencialmente, además de ser el combustible de la inteligencia artificial. En ellos está la memoria de la humanidad.

Los datos por su importancia estratégica deben ser almacenados en forma segura. Son el mayor poder económico, poder político, poder social y son parte de la mayor disputa geopolítica del futuro. Los Data Centers y las nubes de datos son consumidores intensivos de energía, consumirán la mitad de la energía del planeta en el 2040 – 2050, siendo su consumo energético en el contexto del calentamiento global uno los principales factores limitantes para su desarrollo y su almacenamiento se transformará en uno de los mayores desafíos estratégicos a ser resueltos por la humanidad.

Por ello Chile, por su estabilidad y seguridad geopolítica, junto al potencial de energía solar en el desierto de Atacama, energía eólico en la Patagonia subantártica, los mayores del planeta, y las bajas temperaturas en las regiones de Aysén y Magallanes se transforma en un sitio privilegiado a nivel mundial, para ser el banco de datos de la humanidad, así como lo fueron los bancos suizos en el siglo XX. Chile puede ser el chasis que sustente el desarrollo de la civilización de la inteligencia artificial.

La sexta revolución industrial será la colonización de Marte. Y puede ser un buen ejemplo de cómo poner a Chile en el centro de esta discusión. Colonizar significa llevar seres humanos a Marte. Elon Musk ya inició el proceso para trasladar a un millón de personas proceso que se iniciará antes del 2030.

Para habitar Marte se requiere hacer terraformación, es decir, llevar la trama de seres vivos que son el radier y dan sustento a la vida, son las bacterias, los vegetales, hongos. En desierto de Atacama, el más seco del planeta, y en la Patagonia subantártica habitan los seres vivos que pueden vivir en las condiciones más

extremas y son los que podrían sobrevivir en Marte para reproducir condiciones aptas para la vida, sin lo cual sería imposible la habitabilidad de Marte. Por tanto, podemos ser líderes en la astrobiología al desarrollar las bacterias extremófilas, así como los vegetales que podrían sobrevivir en el planeta rojo.

La vocaciones de nuestros territorios nos determinan inmensas oportunidades, no solo para Chile, sino desde ellos se pueden resolver algunas de los principales desafíos y amenazas que enfrenta la humanidad.

El hidrógeno de Chile podría remplazar a nivel mundial los combustibles fósiles. El cobre y el litio podrían permitir la electromovilidad en y el almacenamiento de las energías renovables en el mundo. Nuestros océanos pueden ayudar a alimentar el planeta. Nuestras energías renovables pueden garantizar el funcionamiento del chasis digital y el almacenamiento de los datos de la humanidad para el funcionamiento de la inteligencia artificial. El mundo transitará aceleradamente de la cuarta, a la quinta y a la sexta revolución industrial y Chile puede jugar un rol clave y altruista para una mejor, más ecológica y más justa humanidad.

Si el mundo va para allá, ¿por qué nosotros no orientamos, por ejemplo, nuestras capacidades humanas, nuestras universidades, nuestros científicos y recursos a la concreción de estas vocaciones?

Cada territorio de manera participativa, junto a sus universidades, decisores, empresarios, sociedad civil, debieran definir sus vocaciones y en función de ellas definir qué educación, técnicos, profesionales, doctores, institucionalidad y recursos se requieren. Se necesita un chasis de desarrollo diferenciado. No se puede entregar la misma educación en la Patagonia que en el desierto de Atacama.

La suma de las vocaciones territoriales podrían ser considerados como un proyecto país, que represente una visión común compartida, desde la izquierda hasta la derecha, desde el centro a las regiones, desde las universidades públicas a las privadas, de las nacionales y a las regionales, desde los empresarios a la sociedad civil. Esta sería una carta de navegación consensual que vaya más allá de los gobiernos de turno.

El futuro de Chile está en los territorios y debemos retomar su especificidad porque son únicos su capacidad de anticipar los

climas, conociendo las corrientes que suben desde la Antártida hacia el Atlántico y el Pacífico que podrían anticipar los eventos climáticos a distancia y saber cuándo florecen los cerezos en Japón, por ejemplo.

En este libro entregamos, de cierta manera, "Los escenarios futuros posibles" y la idea de que "Chile tiene Futuro". Lo que constituye una carta de navegación de una visión común-compartida.

La única manera de sobrevivir y de colaborar al desarrollo del planeta es construir una visión común-compartida por todo el espectro político, los territorios, las universidades públicas y privadas, las empresas, el Estado y la ciencia, local y mundial.

Este espacio y esta intersección son fundamentales para generar una estrategia de desarrollo en un mundo ciego y aislado por el sentido de la inmediatez. Es fundamental tener la capacidad de generar pensamiento nuevo y estratégico y modelos de desarrollo que se hagan cargo, justamente, de esta sociedad cambiante.

Estamos elaborando una carta de navegación de cómo Chile puede colaborar para resolver los grandes problemas de la humanidad: hidrógeno verde, con la alimentación a partir de nuestro ecosistema, siendo el centro mundial de data centers, con nuestro cobre verde para la transición energética, con nuestro litio para las baterías del planeta, pero también constituye una hoja de ruta para construir una mejor humanidad y sociedad.

La sociedad es el mayor avance que ha tenido la humanidad, porque su dinámica de interacciones genera inteligencia a través de la integración de lo distinto. La sociedad es el cemento que permite la convivencia. La sociedad es la quilla que permite la estabilidad en el océano de la vida humana.

Hoy vivimos no sólo la amenaza del cambio climático, sino también del fin de la sociedad por el rol dominante de redes sociales que responden a estrategias de negocios destinadas a imponer contenidos hegemónicos que contaminan los territorios del futuro.

La sociedad existe, porque existen derechos garantizados y regulaciones que impiden que se imponga la ley del más fuerte. El gran desafío de la humanidad es hacer que los derechos civilizatorios y humanos garantizados en la sociedad real también se respeten en el mundo virtual que vamos a habitar.

Chile aporta a esta discusión con una pionera reforma constitucional que crea los neuroderechos y los reconoce como derechos humanos. Y a partir de esta Ley de Protección a los Neuroderechos, se creó una regulación para las neurotecnologías que actúan directamente sobre el cerebro.

Y desde esta óptica, tenemos que regular también las plataformas que son los futuros imperios. Si sólo las plataformas americanas y chinas se apropian de los datos y de la inteligencia artificial tendrán un poder incontrarrestable que amenazará la democracia. Ya la están amenazando. Por lo tanto, el gran desafío es que los derechos, garantías y responsabilidades que tienen los seres humanos sean válidas en todos los mundos que habite, real o virtual.

Si un cartero viola la privacidad y lee las cartas reales que se le han confiado puede ir preso. Google, a través de Gmail, extrae los datos de todos los mensajes, los analiza y vende la información como si fuera normal. Lo que es inaceptable. Si en el mundo real se promueve la pornografía infantil, la pedofilia, la violencia, la incitación al odio entonces hay sanciones penales. Si esto ocurre en el mundo virtual no hay ninguna.

Es decir, debemos establecer regulaciones. Tenemos que generar sociedad en el mundo virtual porque hoy día no hay. Y sin ella, no hay inteligencia, futuro, ni la capacidad colectiva de sumar nuestro tiempo de cerebro disponible para generar una mejor humanidad.

Pero, al mismo tiempo, a partir de los datos, las redes sociales establecen perfiles, personalizan, forman grupos donde las personas aceptan ser confinados en un mundo de iguales para recibir sólo información para su confort. Nunca más se relacionarán con personas distintas, ni volverá a aprender porque se aprende del diferente y no del igual. Y esa capacidad maravillosa de la sociedad de interaccionar y articular las diferencias empieza a balcanizarse. Y una sociedad fragmentada, de intereses divididos que no se suman ni dialogan entre ellos, es el fin de la sociedad y de la posibilidad de construir inteligencia colaborativa para el futuro.

Necesitamos, con mucha fuerza, establecer regulaciones para que la humanidad tenga futuro. La única forma de utilizar la inteligencia artificial para construir una mejor humanidad es aprender a convivir con ella y a decidir su futuro. Si no, como ya ocurre, entregaremos todo el poder a las máquinas y ellas decidirán qué comprar; cuales será su pareja (Tinder); por quién votar (Cambridge Analytica)

Creemos que se debe establecer en esta sociedad el humanismo digital o el tecno-progresismo versus el tecno-autoritarismo o el transhumanismo, que plantea el fin de la sociedad y los Estados y de sus 'inútiles' leyes y regulaciones; para ese pensamiento, el

interés individual debe primar sobre el bien común colectivo y la tecnología es la única llamada a regular. En síntesis, un mundo sin sociedad.

Tenemos un desafío mayor en generar una reflexión de cómo adecuar nuestras instituciones y cómo ser garantes de la democracia, del pilotaje democrático del futuro, de un mundo más equitativo.

Un último ejemplo de alerta sobre este futuro que nos acecha. La inteligencia artificial va a terminar con la mitad de los empleos de aquí al 2030 y no hay ninguna palabra al respecto. Cuando se habla de la reforma de pensiones en Chile, es como seguir en el siglo XX. Las soluciones que se discuten son 6 u 8 puntos porcentuales adicionales del empleador para financiar el sistema… pero en un futuro próximo no habrá empleadores. Los seres humanos seremos sustituidos por la robótica y la inteligencia artificial. Los médicos serán reemplazados por algoritmos; los choferes por vehículos autónomos; los periodistas por editores digitales de redes neuronales artificiales....

Tendremos que competir con una brecha gigantesca: formar un médico demora una década o más. A los 30 años un médico se recibe, hace su especialidad y se transforma en un buen oncólogo o un buen imagenólogo. Sólo dos horas tarda preparar un algoritmo que diagnostique y recete tratamientos como los mejores oncólogos y radiólogos del mundo. Esperamos asumir esto también: ¿Cómo vamos a enfrentar esta brecha? Esto requiere de inteligencia.

En este contexto también estamos preocupados por esta dimensión más global de cómo podemos construir una civilización humanista para el futuro, menos antropocéntrica, más conectada con la naturaleza.

Tenemos retos gigantes y eso es parte de los desafíos que debe acometer la Comisión "Desafíos de Futuro...". Y este libro da cuenta de los avances que en esta navegación hemos ido alcanzando y de los horizontes que se avizoran.

Método de Trabajo

# Comisión Desafíos del Futuro, Ciencia, Tecnología e Innovación: El conocimiento al servicio de una mejor política

*Autor: Felipe Rivera*
*Equipo de Asesores, Biblioteca del Congreso Nacional*

La Comisión de Desafíos del Futuro, Ciencia, Tecnología e Innovación (DFCTI) del Senado de la República de Chile, representa una instancia muy singular de la institucionalidad del parlamento chileno, que a diferencia de las otras Comisiones legislativas del Congreso Nacional, no está sujeta a los tiempos de las urgencias parlamentarias, sino que se le ha comendado legislar con sentido de futuro. Dicho mandato lo ha llevado a cabo por casi una década, cumpliendo un rol cada vez más gravitante y valorado por la ciudadanía, que es pensar en clave política y parlamentaria los temas emergentes que marcarán el futuro de nuestra sociedad y del planeta. Por dicho carácter innovador y vanguardista, se ve enfrentada en su trabajo con el tratamiento de temas de frontera del avance del conocimiento científico-tecnológico, problemas sociales emergentes y fenómenos planetarios de alta incertidumbre y potencialmente críticos, que representa un enorme desafío en términos legislativos.

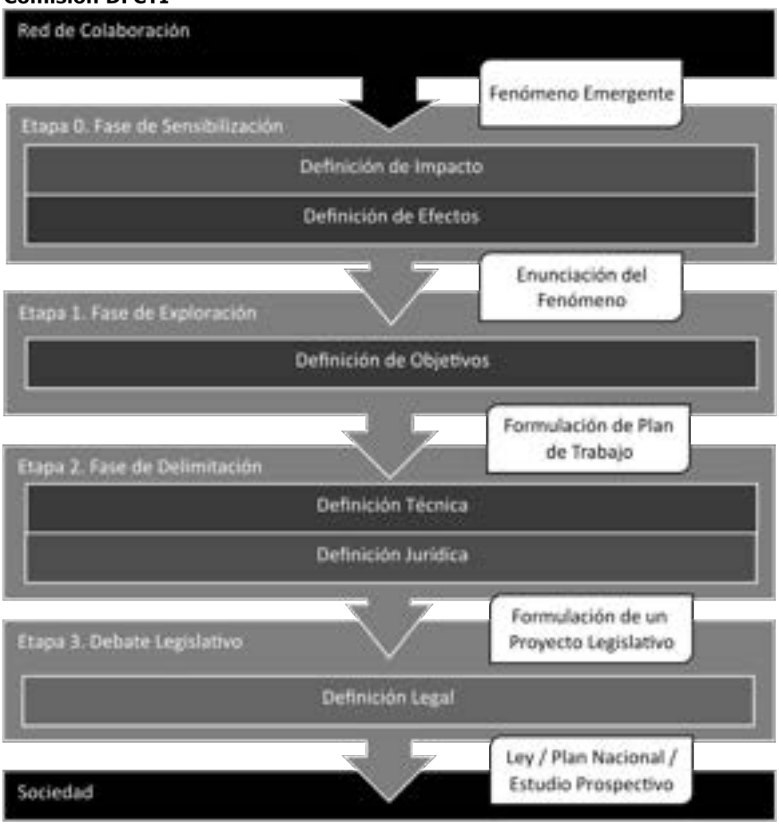
A través de los años la Comisión DFCTI ha venido configurando un modelo singular de funcionamiento, que no solo tiene implicancias en términos de las temáticas que aborda, sino que también del cómo las aborda. Esto ha hecho que la Comisión DFCTI haya

desarrollado una dinámica y procesos propios en su quehacer legislativo, que la hace única y diferente al resto de las comisiones, pues al debate regular de senadores se integran científicos y académicos de los más diversos campos del saber. Esto la ha convertido en un espacio abierto, dialogante, horizontal y de grandes acuerdos nacionales e, incluso, algunos de alcance mundial, granjeándole un prestigio en las comunidades científicas, de innovadores y de la sociedad civil, que se ha traducido en la conformación de una red de colaboradores, que representa un activo del país para mirar, pensar y actuar en clave de futuro.

Esta característica de la Comisión la ha ido transformando en un actor relevante y clave del ecosistema de innovación y desarrollo científico del país, yendo mucho más allá de las funciones legislativas, como ha sido, por ejemplo, la realización del Congreso del Futuro. Es por ello que la Comisión DFCTI se ha transformado en un espacio donde primero se debate y evalúa el impacto de los temas que marcarán la agenda del mediano y largo plazo, que no es otra cosa que la traducción en clave política y legislativa de los avances de la humanidad en los campos de la ciencia y la tecnología. Justamente, mirando esta rica experiencia, es que este capítulo busca describir el proceso mediante el cual la ciencia y la política dialogan.

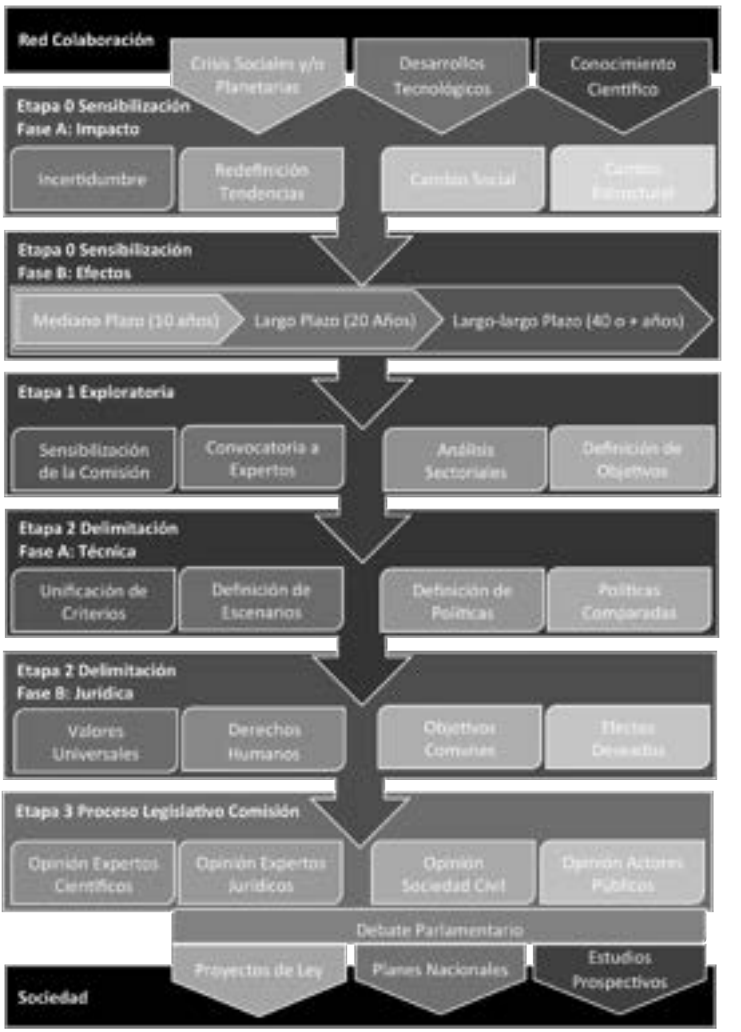
Es cierto que la innovación siempre se resiste a cualquier encasillamiento, y por su carácter siempre refractario a los moldes, tiende a desarmarlos sin someterse a decretos y esquemas. No obstante ello, este capítulo propone un modelo de trabajo que busca ayudar a hacer más fluido el diálogo y el entendimiento entre el mundo político y la comunidad científica y de académicos.

**Diagrama 1: Etapas y definiciones del proceso de trabajo de la Comisión DFCTI**




El diagrama 1 resume el proceso de diálogo entre los saberes científicos-técnicos y la labor legislativa, que hemos definido como "traducción", que presentamos en una estructura de Etapas, que no obstante ser flexibles por las características de los temas tratados, entrega un primer mapa. A continuación se expone el diagrama 2, que es un segundo modelo con mayor detalle del proceso de trabajo de la Comisión DFCTI, que pone el acento en las fases del proceso de trabajo, que más que seguir un modelo mecánico y lineal, habla de los componentes que interactúan y articulan el tránsito desde el saber científico a la acción política mediante leyes.

**Diagrama 2: Etapas y fases del proceso de trabajo de la Comisión DFCTI**




La aceleración de los cambios que experimenta la humanidad, debe constantemente llamar a reflexionar sobre cómo facilitar el entendimiento entre actores políticos, ciudadanos y expertos, pues la legitimidad es un imperativo para las democracias, que se expresa en participación y transparencia. Es por ello, que este modelo del proceso del trabajo de la Comisión DFCTI, permite abrir la caja negra de cómo hacer leyes basado en la evidencia científica, de manera participativa, transparente y con sentido de futuro.

## Características generales del trabajo de la Comisión DFCTI

El trabajo desarrollado para la Comisión DFCTI del Senado, presenta algunas características generales que es necesario reseñar para comprender su alcance y características singulares respecto de otras comisiones del Senado y del Parlamento chileno. De esta manera, las singularidades de la Comisión podrían resumirse en los siguientes puntos:

- Temas de Frontera: La primera y más significativa es que trabaja con temas de frontera del desarrollo científico y tecnológico, lo que supone el reto constante de anticipación y de observación aguda de las potenciales consecuencias y riesgos sociales, económicos, políticos, medioambientales, éticos, entre otros, que estos desarrollos entrañan para el futuro de la humanidad.
- Articulación: Al tratarse de temas emergentes, de alta complejidad, de contornos difusos, a veces inciertos, el trabajo de la Comisión no se orienta a transformar a los Senadores y Senadoras en expertos en dicho tema, sino de transformar dichos avances tecnológicos o conocimientos científicos a una lógica de las políticas públicas. Es decir, busca hacer "traducibles" dichos avances a una lógica política, que permita avanzar en las principales funciones parlamentarias: la formulación de leyes, acuerdos políticos y propuestas de políticas públicas al poder Ejecutivo.
- Creatividad: Este trabajo implica altas dosis de creatividad, trabajo colaborativo y flexibilidad para encarar temas muchas veces desconocidos o que sus consecuencias son todavía imprevisibles. Ello implica que el trabajo de la Comisión transita por derroteros muchas veces ignotos, orientándose en la legislación y la política comparada, la exploración de soluciones en algunas áreas afines que podrían orientar como enfrentar estos avances o, abiertamente, enfrentarse al trabajo creativo que logre entrecruzar los saberes científicos, técnicos, jurídicos, filosóficos e, inclusive, del campo del arte.
- Redes de Colaboración: Otro elemento característico del trabajo en la Comisión, es que al ser campos de alta complejidad y especialización, hay constante presencia de actores científicos, académicos, universitarios, empresariales, gubernamentales y grupos de interés variado. Ello ha transformado a la

Comisión en una Red de Colaboración, donde convergen tanto los investigadores, los desarrolladores (empresariales), los agentes regulatorios y la ciudadanía organizada, siendo el escenario propicio para dialogar, estructurar acuerdos amplios y reducir desconfianzas.

- Ecosistema de Innovación: Finalmente, la Comisión está indefectiblemente vinculada al que, quizás, sea el evento más importante de divulgación científica del país y de América Latina: el Congreso del Futuro. Este representa una instancia de alta legitimidad y valoración social, que vincula al Senado con la ciudadanía. Ello permite conformar un espacio o ecosistema de innovación a nivel nacional e internacional, pues se ha transformado en una instancia de participación de destacados científicos, investigadores e intelectuales a nivel mundial, que ha contado con la presencia de una enorme cantidad de premios Nobel y personas que están marcado la vanguardia del pensamiento humano contemporáneo, que dialoga y comparte impresiones con investigadores y hacedores de política locales.

Como se aprecia, este modelo conforma un sistema circular, pues muchos de los temas tratados culminan con invitados al Congreso del Futuro, o viceversa, temas abordados en el Congreso del Futuro terminan siendo discutidos en la Comisión. Es este rol de bisagra el que le ha dado a la Comisión un prestigio tanto nacional como internacional, que construye legitimidad política e institucional, en un mundo que exige mejores leyes y política.

## Modelo de análisis del proceso de trabajo de la comisión DFCTI

### A. Vinculación parlamento / ciudadanía: red de colaboración

Estar abiertos a los temas emergentes que ameritan respuesta desde la política y el parlamento, implica mantenerse en estado de alerta y contacto permanente con los principales avances científicos y desarrollos tecnológicos, como también, a los principales fenómenos que se muestran como inciertos y con el potencial de generar grandes cambios sociales y planetarios. Para dicho pro-

pósito, la Comisión DFCTI ha conformado una red de colaboración, que, a diferencia de otras comisiones del Senado y Cámara de Diputados, operan más allá de los requerimientos formales de participación ciudadana y exposición de expertos en el trabajo legislativo, pues esta red representa un modelo de gestión del conocimiento y de apoyo permanente. Esta participación no obstante no tener efectos vinculantes (derecho a voto), si es lo suficientemente abierta y democrática para exponer sus puntos de vista y argumentos, entregando sustento a las decisiones de los senadores y senadoras de la comisión. Esto implica la existencia de un proceso que ha permitido hacer fluida la comunicación entre las inquietudes que despiertan los avances científicos y los desarrollos tecnológicos, respecto a los desafíos políticos que estos demandan.

Esta dinámica de trabajo de la comisión basada en una red de colaboración, se caracteriza por su carácter abierto, colaborativo, horizontal y participativo; relación que con el tiempo se ha transformado en uno de los componentes centrales o más relevantes del ecosistema de innovación e investigación científica del país. Este modelo es el principal activo de esta comisión, pues le ha permitido tener siempre una mirada atenta a fenómenos emergentes que impactarán en el corto, mediano y largo plazo.

La red de colaboración está conformada por diversos actores del mundo privado (expertos, consultores, emprendedores, desarrolladores) y público (investigadores, hacedores de políticas); comunidades de interés (ya sean de carácter científico, empresariales, desarrolladores tecnológicos o de la sociedad civil), e incluso, actores internacionales (investigadores y desarrolladores). Estos vínculos se han ido construyendo tanto por una afinidad temática, como por la forma de trabajo de la Comisión, que han generado la confianza necesaria para un diálogo y colaboración fluida.

A diferencia de otros espacios institucionales, la Comisión DFCTI tiene como principal logro, más allá de sus funciones legislativas, haber logrado un diálogo y entendimiento con la comunidad científica y tecnológica, quienes por mucho tiempo no han encontrado recepción a sus inquietudes por parte de los actores políticos en general. Las razones de la dificultad para poder conectar los avances, desarrollos y descubrimientos científico-tecnológicos con el mundo político son diversos, pero pueden mencionarse:

- Los tiempos de la política cada vez son más a corto plazo (ciclos electorales), y los de la ciencia son de mediano y largo plazo (temas de Estado).
- Hay una barrera de lenguaje al no existir códigos compartidos entre la ciencia y la política, por lo que las necesidades y lógicas resultan mutuamente incomprensibles, pues una se basan en el saber y la otra en el poder.
- Hasta la creación del Ministerio de la Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación en el año 2018, no había una institucionalidad que diseñara estrategias y estableciera un diálogo permanente y fluido con el mundo científico, lo que acrecentaba esta distancia entre ciencia y política.
- Si el diálogo lograba fructificar o despertar el interés político o científico, no siempre arribaba a resultados concretos, generando un problema de expectativas.

En este escenario, la Comisión DFCTI ha provisto de un espacio institucional que con el tiempo ha ayudado a facilitar el diálogo entre ciencia y política, lo que se explica por una serie de factores:

- Se orienta a debatir y legislar sobre los desafíos a mediano y largo plazo, por lo que sus tiempos coinciden con los tiempos de la ciencia.
- Ha ido construyendo un espacio de diálogo y entendimiento que, con los años, ha generado códigos compartidos y relaciones de confianza (conocimiento tácito, como lo define Manuel Castells).
- Ha sido un espacio de sensibilización de los políticos y de visibilizar socialmente la importancia de la ciencia para el futuro del país y la sociedad.
- Fue la primera institución pública que acogió y dio tribuna en el debate político a científicos y expertos de manera recurrente, que basándose siempre en la evidencia científica, generó productos reales, como son las leyes.
- Los frutos del trabajo de la comisión son valorados por la comunidad científica, la sociedad civil y el mundo político, pues se sustentan en grandes acuerdos nacionales, que representan una posibilidad de valorización del conocimiento científico, de cohesión social y de legitimidad política.
- La comisión siempre ha sido receptiva a nuevos temas y enfoques, por lo que es un espacio abierto, colaborativo, participa-

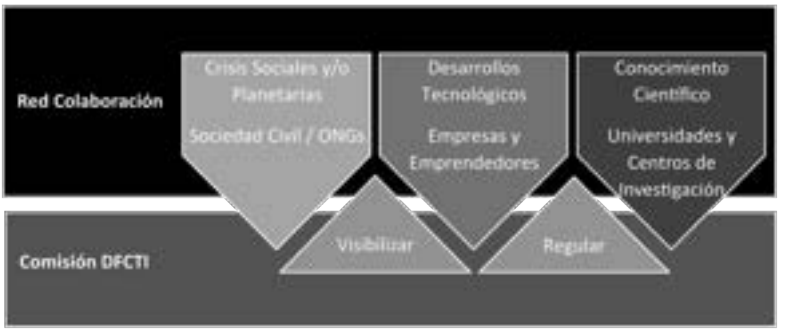
tivo y horizontal donde la comunidad científica tiene derecho a voz en la discusión parlamentaria, entendiendo que su opinión genera efectos concretos.

Como se aprecia, el rol que juega la red de colaboración es crucial, pues cumple tanto un rol de generador y destinatario, es decir, introduce temas al debate político y son los receptores de los "productos" del trabajo de la comisión. Es en esta doble expectativa de visibilizar y desarrollar políticas, que la red de colaboración se ha ido expandiendo y adquiriendo una dinámica y reconocimiento que, incluso, trasciende las fronteras de Chile. Esto se hace manifiesto en la participación constante de las universidades chilenas (tanto autoridades como académicos), la academia de ciencia (con premios nacionales), empresariales, sociedad civil, y académicos y expertos internacionales.

Esta red de colaboración alerta temas de frontera respecto a tres ámbitos que la comisión aborda, que no obstante estar entrelazados entre sí, diferenciamos por efecto del campo desde donde emergen:

- Avances del Conocimiento Científico, que proviene preferentemente del mundo universitario y/o académico (centros de investigación).
- Desarrollos o Innovaciones Tecnológicas, que provienen preferentemente del mundo empresarial y/o de emprendedores.
- Crisis Sociales y/o Planetarias, que proviene preferentemente de mundo de la sociedad civil u organizaciones no gubernamentales (ONG's).

**Diagrama 3: Modelo de vinculación con la red de colaboración**



Lo interesante de la comisión, es que independiente de la proveniencia de la alerta sobre fenómenos emergentes, al conformarse en red, tiene la característica de crear un espacio de encuentro y diálogo multinivel y multiactor, que permite el tratamiento complejo y exhaustivo de los temas. Incluso, cuando los temas se relacionan con comisiones temáticas del Senado, se ha desarrollado un trabajo conjunto, poniendo a disposición de la corporación la red de colaboración.

Esta etapa representa un primer filtro, que da cuenta del posicionamiento o primera aproximación de los temas de frontera en el campo de la política y las políticas públicas. Este primer proceso por tanto no es lineal, pues se ha dado tanto de manera formal como informal, es decir, se han presentado solicitudes a la comisión, como también, un tema en prensa, coloquios o por invitados al Congreso del Futuro han despertado el interés legislativo de la Comisión.

## B. Etapa 0. Sensibilizar y Visibilizar el Fenómeno Emergente para la Comisión DFCTI

Como ya se señaló, a diferencia de otras comisiones del Senado, la Comisión DFCTI no trabaja con la presión permanente del ejecutivo de promulgar leyes, y como sus temáticas están relacionadas con el futuro, su esfuerzo se vincula a dimensionar (legislativamente) el impacto de los desarrollos científicos y tecnológicos en la sociedad y el planeta. Este carácter anticipatorio o de vanguardia, ha llevado a que muchas veces trabaje de manera conjunta con otras comisiones dependiendo del tema y sus implicancias, cumpliendo muchas veces el rol de bisagra entre el mundo de la ciencia y los desarrollos tecnológicos, con el mundo político. Es por ello que la gran mayoría de los temas abordados en los debates de la comisión, son definidos y construidos en la propia instancia, a diferencias de las otras Comisiones, que trabajan preferentemente con proyectos de ley del Ejecutivo.

¿Cómo llega la comisión al convencimiento de que un tema es relevante para el futuro del país y de los ciudadanos? Es lo que trataremos de develar. La integración de un tema o problema al trabajo regular de la Comisión DFCTI, implica, en un primer término, poder establecer o dimensionar cuál es su relevancia. Este cálculo no responde a criterios arbitrarios, sino que debe la Comisión DFCTI llegar al convencimiento que dicho fenómeno tendrá

un impacto en la vida de las personas, el orden social o el equilibrio medioambiental, como también, la temporalidad de los efectos del fenómeno emergente.

A continuación, analizaremos ambas fases del proceso de visibilización de un fenómeno, que permite sensibilizar a la comisión sobre su importancia para el futuro.

### B. 1. Impacto de los Fenómenos Emergentes: Profundidad de los Efectos en el Bienestar Humano, Orden Social y Equilibrio Medioambiental

Como se ha señalado, la Comisión DFCTI debe arribar al convencimiento de la relevancia de un fenómeno emergente. Uno de los criterios para llegar a dicha conclusión, es calibrar la profundidad del impacto del fenómeno emergente en el bienestar de las personas, el orden social y equilibrio medioambiental. En esta primera etapa, más que hacer un modelamiento, se trata de poder establecer con claridad que dicho fenómeno emergente tiene el potencial de generar transformaciones significativas. Bajo estos parámetros, es importante poder transmitir a la Comisión la envergadura de su potencial disruptivo del fenómeno emergente. A este respecto, puede establecerse una gradiente de potencialidad de impactos que puede resumirse de la siguiente forma:

- Incertidumbre: en tanto su impacto es indeterminado, pues no han sido mensuradas sus potenciales consecuencias en el bienestar, el orden social o equilibrio medioambiental. Dentro de estos fenómenos están aquellos que representan una total novedad para la reflexión humana, pues exigen abrir un campo inexplorado de la reflexión, por lo que calibrar su impacto, implica la definición del fenómeno mismo.
- Redefinición de tendencias: conlleva un impacto medio, en tanto es una bifurcación en las proyecciones que mostraba un fenómeno, siendo dicha variación el carácter emergente que lo vuelve menos predecible. Dentro de estos fenómenos emergentes es relevante definir si dicho cambio de tendencia es permanente, si este se acrecentará o se vuelve un fenómeno no paramétrico, para de esa forma poder calibrar el tipo de demanda política que ello implica. Dentro de los fenómenos que cabrían en esta categoría están, por ejemplo, las transformaciones de la matriz energética, los cambios en el sistema económico por efecto de las criptomonedas, entre otros.

- Cambio Social: implica un potencial de profundidad de cambio alto, pues conlleva una redefinición significativa de la vida de las personas, del orden social y del equilibrio medioambiental. Este tipo de fenómenos marcan un quiebre entre un antes y un después, ya que superan las capacidades adaptativas del orden social, generando nuevas dinámicas sociales. Ejemplo de este tipo de fenómenos son, por ejemplo, la cuarta revolución industrial, el desarrollo de la genética, entre otros.
- Cambio Estructural: implica un potencial de impacto muy alto, pues redefine la totalidad de la experiencia humana e, incluso, de la vida en el planeta. Conlleva un nuevo paradigma de cómo entender a las personas, la vida, el orden social y el medio ambiente, con enormes impactos en todas las esferas de la vida. Dentro de estos fenómenos podemos mencionar, por ejemplo, la crisis climática y la inteligencia artificial, entre otros.

**Diagrama 4: Modelo de profundidad impacto de un fenómeno emergente**

Definida la profundidad del impacto del fenómeno emergente, la Comisión DFCTI puede mensurar la importancia del fenómeno que enfrenta, y el tipo de respuesta política que demanda. Esto representa una primera línea de base sobre la que se erige una segunda pregunta, que en estricto sentido es paralela a la profundidad del cambio, como es la temporalidad del impacto.

### B. 2. Efectos de los Fenómenos Emergentes: Temporalidad de la Ciencia y de la Política

A diferencia de otras comisiones del Senado, la Comisión DFCTI se mueve y piensa en otra temporalidad, que como su nombre lo

señala, está orientada hacia los desafíos del futuro, los que son preferentemente a mediano y largo plazo. La política, por lo general, está atravesada por lógicas de corto plazo, marcadas por los ciclos electorales. Ello ha llevado que los tiempos de la ciencia no encuentren un correlato en las lógicas políticas. Esta distancia temporal entre ciencia y política no es infranqueable, sino que hay que construir puentes de entendimiento, respetando sus lógicas y códigos. Por ello es que los códigos de la Comisión DFCTI no son polarizados o basados en una lógica del antagonismo, sino que surgen de espacios de acuerdos políticos transversales que, dependiendo de los efectos esperados a mediano y largo plazo, pueden ser abordados como un problema de tipo social, de Estado o de carácter planetario.

**Diagrama 5: Modelo temporal de la ciencia y la política**

Buscando fórmulas para el entendimiento entre ciencia y política, hemos encontrado un símil entre la temporalidad política y la de las ciencias, entendiendo que la Comisión DFCTI trabaja con fenómenos emergentes con efectos a mediano y largo plazo.

- Corto Plazo: hemos tomado como temporalidad los 4 o 5 años, porque se corresponden con los ciclos electorales. Esta temporalidad también condicionan las investigaciones científicas por criterios políticos, que se expresa en la priorización de líneas de investigación a través de fondos concursables, buscando efectos inmediatos a través de la investigación acción.
- Mediano Plazo: Cuando los efectos de un fenómeno emergente se presentan a mediano plazo, más que la urgencia, lo que se busca desde la lógica política es un acuerdo social para el desa-

rrollo, pues los efectos políticos de dicho acuerdo no los cosechará quien gobierna. En el caso de la ciencia, implica poder anticipar el comportamiento de un fenómeno o sus efectos pues hay un conocimiento acumulado suficiente para tomar decisiones basadas en la evidencia científica.

- Largo Plazo: Hablar de veinte años en política, representa llegar a acuerdos en torno a un tema de Estado, en tanto rompe totalmente con los ciclos electorales, que se entronca más con la idea de un modelo de desarrollo o progreso socialmente compartido. En el caso de la ciencia, esto implica el establecimiento de consensos científicos, donde una comunidad de investigadores es capaz de proyectar un fenómeno a largo plazo, con una base teórica robusta, modelos experimentales, mecanismos de seguimiento del fenómeno, generar grandes volúmenes de datos, entre otras características que hacen fiable anticipar los efectos de dicho fenómeno a largo plazo.
- Largo-largo Plazo: Desde el punto de vista de la lógica política, este tiempo es lo que el historiador francés, Fernand Braudel, llamaba larga duración, que dice relación con la estabilidad de las estructuras históricas (civilización), por lo que los códigos que organizan esta temporalidad se basan en acuerdos que se presentan, incluso, como universales e inalienables, como es el caso de los derechos humanos, los cuales buscan orientar al conjunto de la humanidad. En el caso de la ciencia, implica un tiempo paradigmático en el sentido de Kuhn, pues guarda relación con los marcos de ordenamiento del mundo, aquellos elementos que entendemos como estructurantes del conocimiento (visión de mundo), que implican, al mismo tiempo, un sentido del saber (episteme).

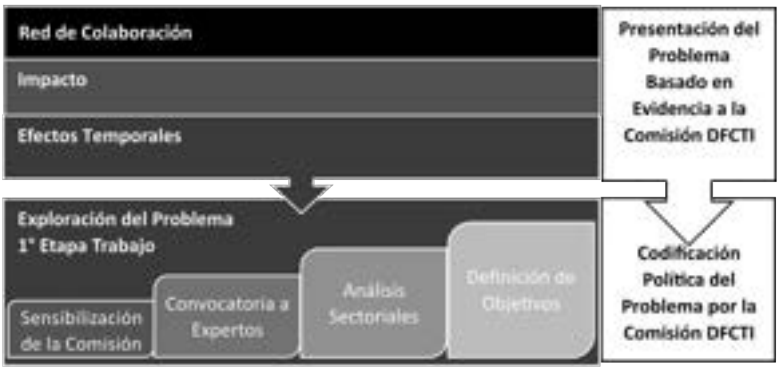
Desde el punto de vista del diálogo entre el saber científico-técnico y el quehacer político, el conocimiento académico tiene que poder delinear claramente cuáles son los efectos (escenarios) que nos plantea un fenómeno emergente, distinguiendo entre aquellos efectos de mediano y largo plazo. Ello facilita no sólo entender su sentido de urgencia y el tipo de respuesta que amerita, sino también, el tipo de lógica política sobre la que deben fundarse. Mientras más cercanos sean sus efectos y más profundos sus impactos, ello conllevará una respuesta de corte más político técnico, y mientras más alejados sean los efectos y su impacto profundo, implicará una respuesta más cercana a la regulación del derecho

internacional en el marco del Sistema de Derechos Humanos.

## C. Etapa 1 de Trabajo de la Comisión DFCTI: Exploración del Fenómeno Emergente

Detectado un fenómeno emergente por la red de colaboración, procede a traducirlo en términos de su impacto para las personas, sociedad y medioambiente, la Comisión codifica el fenómeno como una preocupación política transformándolo en relevante para el trabajo parlamentario. Es el momento en que la Comisión empieza su trabajo, definiendo los contornos y explorando posibles respuestas políticas.

**Diagrama 6: Etapa 1 de trabajo de la Comisión: exploración**




Despertado el interés y preocupación de la Comisión DFCTI, hay una serie de procesos que lleva a cabo ésta que conforman la primera etapa de trabajo de la comisión, donde se busca calibrar el tipo de iniciativa política y legislativa que es viable dentro de los márgenes que establece la ley y la división de poderes del Estado. Este proceso tiene diversas etapas o momentos, que plantean diversas formas de llegar a definiciones estratégicas respecto al trabajo parlamentario, que pueden dividirse en:

- Sensibilización de la Comisión: Este proceso puede darse por diversos causes, ya sea por una enorme masa crítica que advierte de los riesgos o potencialidades de un fenómeno emergente; por una convicción política de los miembros de la comisión; por liderazgos particulares de un investigador que logra sintonizar con las preocupaciones de un miembro de la comisión. Pero independientemente del trayecto, refiere a la toma de

conciencia de los senadores o senadoras respecto a la relevancia política del tema.

- Convocatoria a Expertos: Una vez sensibilizada la Comisión DFCTI de la importancia del fenómeno, buscará en su red de colaboración (o a través de ella) el apoyo de expertos en el fenómeno emergente sobre el que ha centrado su preocupación. Esta apertura busca generar una primera instancia de debate participativo y abierto para poder definir qué tipo de iniciativa puede impulsar o promover.
- Análisis Sectoriales: Muchos de los temas tienen implicancias profundas en diversos campos o dimensiones de la experiencia humana, por lo que el tratamiento por temas o campos especializados facilita la delimitación más precisa de los impactos y efectos temporales, facilitando la capacidad de respuestas sectoriales. La mayor complejidad de un tema u objetivos políticos perseguidos, ello tiende a expresarse en mayor cantidad de grupos sub-temáticos, que permite una mirada más integral del fenómeno analizado.
- Definición de Objetivos: Delimitado el fenómeno y las posibles respuestas para abordarlo, se deben definir los objetivos políticos y legislativos con que lo abordará la Comisión DFCTI. Esta definición de objetivos trazará las líneas de trabajo: jurídico, políticas públicas o prospectivos; como también, de productos a esperar: normas, planes nacionales o escenarios futuros. Estas definiciones ayudan a orientar el trabajo y ajustar las expectativas de la red de colaboración, pues, aunque la Comisión es un actor central del ecosistema de innovación chileno, sus facultades están limitadas por el carácter presidencial de nuestro sistema político de iniciativa exclusiva del Poder Ejecutivo en materia de gasto público. Aun así, la Comisión constituye una instancia crucial que hace visible, en clave política, materias que han anticipado o precedido muchas de las reflexiones que posteriormente han definido la agenda política.

El Producto Esperado de este proceso que va desde la sensibilización a la definición de objetivos, cuenta con la participación activa de los miembros de la comisión, pues es aquí donde se construyen las confianzas políticas y técnicas, se decide si abordar o no un fenómeno, los términos en que se va a trabajar (objetivos) y quiénes participan en este proceso. El producto esperado de esta etapa es un plan de trabajo orientado a satisfacer los requeri-

mientos de los objetivos acordados entre los técnicos y los parlamentarios miembros de la Comisión DFCTI.

Una vez establecido este proceso, se encomienda a los participantes convocados, el trabajo de delimitación técnica del fenómeno, y en paralelo, la definición de los principios jurídicos con los que abordarlo.

## D. Etapa 2 de Trabajo de la Comisión DFCTI: Delimitación Técnica y Jurídica del Fenómeno Emergente

La segunda etapa de trabajo de la Comisión DFCTI está compuesta por dos procesos, que por un tema analítico presentaremos de manera separada, pero que conforman un sistema, es decir, se influyen y determinan mutuamente, representando las dos caras de una sola moneda.

La principal diferencia entre estos procesos es la lógica con que cada uno construye sus argumentos. En el primer caso, es la evidencia científico-técnica para la toma de decisiones la que determina su lógica interna (fase técnica); en el segundo caso, es la ética como fundamento jurídico la que le da sustento (fase jurídica). Una ley sin fundamentos basados en la evidencia científica, es simplemente un precepto moral sin arraigo en la realidad; y una ley basada exclusivamente en esta última, sin participación social ni discusión democrática, es una norma tecnocrática, no enraizada en la vida y sentido de las personas. Es a partir de la amalgama entre ambas realidades, ciencia y ética-política, que una norma resulta legítima. Por ello, es crucial entender este proceso como unitario, no obstante analizarlos de manera diferenciada.

**Diagrama 7: Etapa 2 de trabajo de la comisión: Delimitación**

Otro elemento importante de señalar, que justifica la diferenciación entre estos procesos o fases, es que en el caso de la fase técnica, priman las opiniones de los expertos en los fenómenos

analizados, a diferencia de la segunda fase, la jurídica, que se sustenta en la capacidad de enunciación de un marco legal o regulatorio, centrado en principios de la tradición legal, por lo que se priorizan las opiniones de los expertos en materia jurídica y de políticas públicas (abogados, constitucionalistas, jurisconsultos, politólogos, etc.).

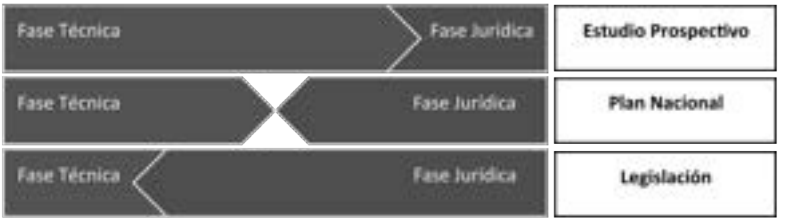
De esta manera, una vez definidos los objetivos de trabajo de la Comisión, estos se traducirán en términos de líneas de trabajo (legislativa, políticas públicas o estudios prospectivos), que harán que prime una u otra fase, ya sea la técnica o la jurídica:

- Legislativa: El conocimiento científico-técnico se supedita a los códigos jurídicos, pues el producto es de base legal expresado en una ley de la república que regule jurídicamente el fenómeno abordado.
- Plan Nacional: El conocimiento científico-técnico tiene un peso equivalente al saber jurídico, pues el producto es una propuesta de política pública (regulación) al poder Ejecutivo basada en acciones y resultados esperados.
- Estudio Prospectivo: El conocimiento científico-técnico tiene un mayor peso que el saber jurídico, pues el producto es un estudio de escenarios futuros basados en la evidencia empírica disponible.

No obstante ambas fases ser complementarias, lo técnico y lo jurídico tienen pesos variables dependiendo del producto esperado, pero ambas representan caras de un mismo proceso, y son imprescindibles en el trabajo de la Comisión DFCTI. La diferencia entre estos productos legislativos, de políticas públicas o prospectivos, es el peso diferencial que le cabe a los argumentos técnicos o jurídicos.

Si los objetivos definidos por la comisión son de corte legislativo, la enunciación legal del fenómeno reviste mayor peso en el trabajo que la exposición de la evidencia, pues su fin último es la armonización legal. En sentido contrario, los estudios prospectivos al no tener un fin normativo inmediato, buscan generar conocimiento y anticipación de los efectos de un fenómeno, desarrollando capacidades públicas para abordarlo a futuro, por lo que el conocimiento técnico y científico tiene mayor peso. En una situación intermedia están los planes nacionales o estratégicos, que buscan promover acciones legislativas por parte del ejecutivo, en tanto las iniciativas exclusivas, por lo que hay mayor equilibrio entre la argumentación técnica y la jurídica.

**Diagrama 8: Preeminencia de criterios técnicos o jurídicos de los objetivos**




En esta etapa, por tanto, el objetivo está puesto en la construcción de productos políticos basados en la evidencia científica, donde el destinatario puede ser directamente el poder legislativo (leyes), la sensibilización del poder Ejecutivo (planes nacionales), o generar competencias futuras y reflexión de la sociedad en su conjunto (estudios prospectivos) para enfrentar escenarios futuros complejos y poder actuar de manera previsora.

### D. 1. Fase Técnica

La fase técnica consiste principalmente en el trabajo de los expertos de la red de colaboración en torno a los temas o fenómenos emergentes, una vez que la Comisión se ha sensibilizado con el tema y ha decidido tomar dicho fenómeno e introducirlo al trabajo regular de la comisión en términos de objetivos, como se ha señalado en la Etapa 1. En esta Etapa 2, por tanto, el trabajo recae principalmente en los expertos, quienes dan forma al fenómeno en lo que respecta a sus características actuales, impacto y temporalidad, que se expresa en escenarios futuros (impactos en el tiempo).

Esta fase técnica consta de dos dimensiones, una que podríamos definir como teórica-empírica, y una segunda, que es la dimensión técnico-política:

Dimensión Teórico-Empírica: Esta dimensión remite a la definición del fenómeno a estudiar en términos conceptuales y de comportamiento empírico. Podría definirse esta dimensión de la fase técnica como la más propia de la investigación científica, donde el conocimiento experto establece los principios que dan cuenta del fenómeno como de la información que debe considerarse válida para conocer y describir el fenómeno emergente. Dentro de esta dimensión encontramos dos componentes:

- Unificación de Criterios: Una vez definido el núcleo del problema y sus campos derivados estratégicos, corresponde aco-

tarlo de manera conceptual, es decir, realizar el ejercicio teórico de unificar criterios, que resulta de vital importancia para establecer un lenguaje común y facilitar el entendimiento entre los participantes provenientes de diferentes campos profesionales. Además, es importante acotar la discusión a los objetivos trazados en la etapa 1, que posibilite orientar la discusión y la recopilación de antecedentes al plan de trabajo.

- Definición de Escenarios: Esta fase corresponde al uso de la información empírica para modelar o definir las probabilidades de escenarios, encontrando respuestas atingentes desde la ciencia y la política para contrarrestar sus efectos potencialmente más perniciosos y amplificar los más beneficiosos. Acá es donde se recopila y analiza la información empírica disponible, como también, se revisan las metodologías expresadas en modelos de análisis y proyecciones.

Dimensión Técnico-Política: Una segunda dimensión dice relación con las acciones a desarrollar en términos de políticas públicas (leyes, acciones gubernamentales, planes de acción, planes estratégicos, etc.), donde el acento está puesto en términos de los efectos esperados de las medidas a tomar respecto del fenómeno emergente. Dentro de esta dimensión caben dos tipos de actividades, expresadas en dos componentes:

- Definición de Políticas: La definición de políticas públicas o actos legislativos (regulación legal), dice relación con los efectos esperados de determinadas acciones públicas, que como se señaló anteriormente, basándose en la evidencia, reduzcan riesgos y amplifiquen beneficios. Muchas veces al ser fenómenos emergentes, no existe suficiente evidencia para evaluar ex-ante dichas políticas, por lo que se trabaja con modelamientos o ejemplos de otros campos para su aplicación sobre estos fenómenos.
- Políticas Comparadas: Dentro de esta dimensión técnico-política, también se consideran la experiencia internacional en materia de regulación o tratamiento que se le ha dado al fenómeno (u otros que sirvan de modelo) en otros países. Como se mencionó, acá cabe tanto la experiencia comparada en la regulación del fenómeno en específico, así como, la búsqueda de otras áreas o campos que puedan servir de orientación para avanzar en el tratamiento del fenómeno.

Por lo general, en esta fase se nombra un coordinador general, quien preside el grupo conformado por la red de colaboración. Asimismo, se dividen los temas estratégicos o áreas, ya sea organizando el debate u orientando la discusión, para comenzar a decantar las conclusiones a las que arribe el grupo de expertos.

**Diagrama 9: Dimensiones y componentes de la fase técnica**

El Producto Esperado de esta fase, es la delimitación del fenómeno emergente que se pretende regular, pues, basado en dichos criterios es que la fase jurídica puede avanzar en la enunciación legal, que, a su vez, puede ir desde una reforma constitucional hasta un simple decreto. De esta manera, todos los criterios teóricos, metodológicos y empíricos (datos) representan informes técnicos que dan sustento a la propuesta, pero el producto debe expresarse en clave de políticas públicas o legales, es decir, acciones tendientes a un objetivo socialmente deseado.

### D. 2. Fase Jurídica

La fase jurídica consiste en construir una argumentación legal con aquellos principios de la filosofía política y el derecho, que orientan las leyes y las políticas públicas entregando argumentos jurídicos a las acciones que se pretende emprender, de modo que resulta necesario e imperativo hacerlo. Es por ello que el repertorio principal de argumentos a los que alude esta fase, son preferentemente a valores éticos universales y objetivos socialmente legítimos. Como se verá, los valores universales son planteados como anteriores al ser humano (ética), o como valores socialmente legítimos que dan forma y consistencia a la vida en sociedad, ya sea a través de un pacto social (contrato) o como sentidos compartidos que generan cohesión social (valores).

Esta fase implica en traducir la evidencia empírica y el conocimiento científico a un lenguaje político legislativo, es decir, al argot de las leyes y la legalidad. Aunque no todos los productos u

objetivos planificados se orientan a proyectos de ley, como ocurre con los planes nacionales y los estudios prospectivos, el lenguaje jurídico tiene la virtud de entregar principios de legitimidad de los fines perseguidos, jerarquizar las acciones, y armonizar con las disposiciones legales generales. Como se aprecia, la lógica jurídica entrega un modelo de traducibilidad política del saber científico, que parte con su justificación ética y de ordenamiento de las acciones en función de objetivos socialmente perseguidos a través de acciones legalmente reguladas.

Son justamente estas dos dimensiones las que organizan esta fase, que podríamos definir como la dimensión ética, y una segunda, que denominamos dimensión de objetivos sociales o socialmente legítimos (acuerdos racionales/valóricos).

Dimensión Ética: Esta dimensión tiene sustento en la filosofía política y del derecho, que buscan pensar aquellos derechos o principios asociados a las acciones que se busca emprender, de modo que se vuelve imponderable atender a los argumentos sobre la intervención legal o regulación normativa que se pretende implementar. Es por ello que el repertorio principal a los que alude, son preferentemente a valores éticos que se presenten como anteriores al ser humano, de ahí su carácter universal e inalienable.

Estos valores universales son de amplio espectro, y están en la base de las organizaciones políticas y sociales. Por términos prácticos o para facilitar el carácter expositivo de este texto, diferenciamos los valores universales en dos: primero los valores soberanos, vinculados a la idea moderna de soberanía nacional; y segundo los Derechos Humanos, como una forma internacional de codificación de los valores universales:

- Valores Soberanos: Dentro de la dimensión ética están los valores que son presentados como innatos o representativos de un pueblo, nación, sociedad o régimen político (democracia, libertad, igualdad, etc.). Regularmente se utilizan para dar sustento a principios jurídicos, puesto que representan grandes axiologías de una época que hicieron posible la institucionalización de un orden social (Estado). No obstante tener diversas expresiones jurídicas y políticas en el mundo, todos remiten a los mismos principios universales que están en la base de la conformación de los Estados modernos, como es la soberanía y la autodeterminación de los pueblos.
- Derechos Humanos: Los Derechos Humanos son una forma

específica de valores universales, los que se han ido desarrollando vinculados a organizaciones internacionales como las Naciones Unidas, quienes han asumido la tarea de ir codificándolos desde la Declaración Universal de Derechos Humanos de 1948, dando forma a un cuerpo coherente de normas de derecho internacional, los cuales han ido adquiriendo progresivamente una aceptación global.

Los Derechos Humanos no son patrimonio exclusivo de las Naciones Unidas, sino que se han transformado en una fuente de legitimidad política para Estados e instituciones en diferentes lugares del planeta, que inspirados en sus valores y sin renunciar a la soberanía, han buscado orientar su acción en dichos principios. Es por tanto a través de la codificación internacional de los Derechos Humanos que los Estados pueden armonizar sus legislaciones y políticas públicas a un marco valórico globalmente compartido, entregando principios, orientaciones y límites a la acción de los Estados.

Dimensión de Objetivos Sociales: Una segunda fuente desde donde se extraen principios éticos en forma de valores sociales compartidos dice relación con Objetivos Sociales Legítimos (acuerdos racionales), que provienen de la vertiente contractualista del derecho, que, a diferencia de los valores universales y los derechos humanos, son particulares de una sociedad en un momento determinado, pues representan consensos mayoritarios respecto de hacia dónde orientar las acciones para el logro de determinados fines compartidos. Estos fines pueden ser tanto abstractos, como puede ser el desarrollo o el bienestar, como también pragmáticos, como puede ser la renta básica, ingresos per cápita u otro indicador cuantificable.

La tradición contractualista se asienta en la capacidad racional de los pueblos para ejercer la soberanía, que se expresa en la capacidad de autonomía de una sociedad para fijar objetivos racionales que se expresan en dos dimensiones complementarias:

- Objetivos Compartidos: Esta dimensión entraña una promesa de futuro, que se expresa a través de objetivos instrumentales o pragmáticos que se orientan a solucionar un problema específico que aqueja a la sociedad. Su criterio de validación es el arreglo entre medios y fines, en tanto representan metas que se organizan de forma racional, es decir, acciones que deben generar determinados efectos, los cuales deben ser evaluados pe-

riódicamente, estableciéndose responsabilidades, presupuesto, entre otras medidas para garantizar su logro.

El arreglo racional entre medios y fines para lograr un objetivo socialmente compartido (común), se caracteriza por el rol central que juega el conocimiento en una sociedad en la definición de hacia dónde se quiere llegar y cómo poder hacerlo de la manera más eficiente y eficaz. La ciencia en esta dimensión, por tanto, juega un rol insustituible, pues es el conocimiento la materia prima con la cual una sociedad construye tales objetivos. Esto se materializa de dos maneras, ya sea mediante estándares técnicos o bajo la figura de "decisiones basadas en la ciencia".

- Valores Comunes: Son los grandes acuerdos sociales que están en la base de la cohesión social, en tanto representan los principios sobre los que se organiza y se hace posible la vida en sociedad, para lo cual apelan a grandes valores socialmente compartidos. Cada sociedad es la resultante de una historia singular sobre la cual se han erigido instituciones, grupos humanos, pueblos, naciones u otras formas de organizar la vida en común, que se expresan en valores comunes que sirven de elemento aglutinante para la cohesión social (cultura). Bajo este parámetro está el planteamiento de que la acción humana no es independiente del contexto que le proveen los marcos de referencia de valores, los cuales se proyectan socialmente como acciones, las que resultan significativas (provistas de sentido) para las personas.

  Estos valores tampoco representan un compartimento estanco, sino que como todas las ideas que componen un repertorio cultural, están sujetas a tensiones y cambios fruto de los acuerdos a los que vaya arribando una sociedad para hacer plausible una idea de sociedad y vida en común. No obstante esta diversidad de respuestas gubernamentales, es posible encontrar dos ámbitos donde este tipo de principios se materializan. El primero dice relación con aquellos bienes que son considerados como comunes, los que pueden ser tanto de base estatal, regional, local o comunitaria, que se transforman en tales en tanto representan un patrimonio común, es decir, algo que amerita ser protegido y resguardado no solo materialmente, sino también su uso e importancia para las formas de vida de dicha colectividad. En segundo lugar, está aquel ámbito que dice relación con las estrategias de relaciones entre grupos humanos en aque-

llos países que reconocen una composición diversa en términos étnicos y/o nacionales.

Dependiendo de la complejidad del producto, implicará la mayor o menor apertura a los especialistas en derecho, pues una reforma constitucional tiene muchas mayores implicancias legales que un estudio prospectivo. Es decir, a mayor complejidad del instrumento jurídico, mayor será la participación de especialistas legales; en sentido contrario, a menor complejidad jurídica, menor participación de jurisconsultos. Valga advertir que, en el caso de los proyectos de ley, la participación de especialistas jurídicos es muy relevante, en especial en la armonización legal, tomando generalmente el liderazgo de la traducción de las conclusiones a las que arriben en la fase técnica a un lenguaje legal. Generalmente, dependiendo de la complejidad, quien redacta una primera propuesta es un experto o grupo de expertos de la red de colaboración, que luego es sometida a debate con otros especialistas para consensuar su redacción.

**Diagrama 10: Dimensiones y componentes de la fase jurídica**

El Producto Esperado de esta fase, dependerá de los objetivos que ha definido la comisión (legislativos, políticas públicas o prospectivos), por lo que los productos variarán en su énfasis y características en base a dicha definición. El principal producto, no obstante, siempre será el proyecto de ley, pues dicen relación con la función legal establecida en la ley para el parlamento: legislar. Estos proyectos de ley deben cumplir por tanto el trámite legislativo regular, que se describirá a continuación, que son la base de la discusión parlamentaria. En el caso de los planes nacionales y los estudios prospectivos, la Comisión DFCTI ha impulsado importantes temas de la agenda pública de futuro, que a través de su publicación y difusión pública han sentado las bases de actuales y pasadas iniciativas. A diferencia de los proyectos de ley, estos productos son de carácter político, es decir, son validados por los se-

nadores miembros de la comisión a través de la discusión política, representando grandes acuerdos nacionales, pero no tienen fuerza legal o vinculante para los otros poderes del Estado.

### E. Tercera Etapa de Trabajo de la Comisión DFCTI: Debate Legislativo

La principal función del Congreso Nacional estipulada en la ley, es la función legislativa, es decir, aprobar las leyes que ordenan y regulan el funcionamiento de la República. Esta función es imperativa e intransferible, por lo que la Comisión DFCTI no puede eludir esta responsabilidad. Es importante tener esto en cuenta para comprender que, con la necesaria participación y apertura del trabajo de la comisión a su red de colaboración, son los miembros de ésta los responsables últimos de las leyes que se aprueban. Los senadores y senadoras, deben votar a conciencia y sin coacción, por ello es importante el trabajo técnico (decisiones basadas en evidencia) y jurídico (consistencia legal), que facilita el acuerdo y consenso político.

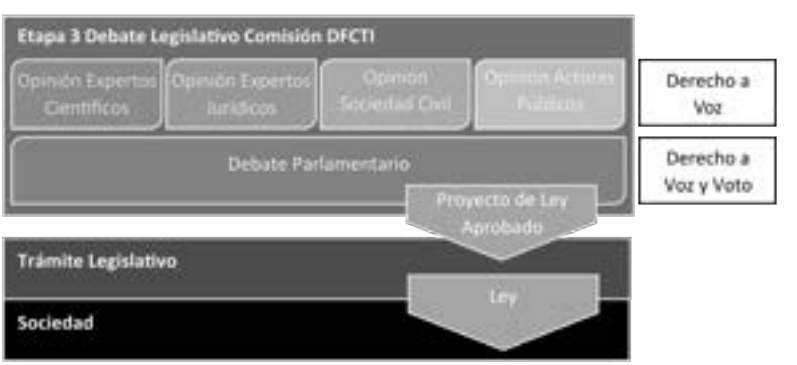
Esta tercera etapa se centra, por tanto, en el debate parlamentario propiamente tal, que es la discusión política de objetivos que se han definido como legislativos, es decir, que su producto final es promulgar leyes. A este respecto, los proyectos de ley entregados por la etapa 2 de delimitación técnica y jurídica, son sometidos al ejercicio regular del trabajo parlamentario, a tener en cuenta: dar a conocer el contenido del proyecto a una comunidad más amplia que la red de colaboración, como es la ciudadanía en general interesada en la temática. De esta manera se invita a quienes quieran dar su opinión sobre el proyecto, ya sean expertos científicos (nacionales o extranjeros), expertos juristas, sociedad civil (organizaciones ciudadanas, empresas, sindicatos, organizaciones gremiales, entre otras), y actores públicos (ministerios, agentes reguladores, oficinas estadísticas, divisiones de estudios, etc.).

Esta apertura del debate, entrega voz a todos quienes quieran plantear reparos o consideraciones respecto a la efectividad del proyecto de ley o validez de sus objetivos perseguidos. Así también, es una instancia de debate entre los grupos que elaboraron el proyecto (fase técnica y jurídica) y actores externos que no participaron de dicho trabajo para aclarar dudas o conciliar criterios. A partir de este debate abierto, transparente y participativo, los

miembros de la Comisión DFCTI podrán formarse una opinión libre y fundamentada respecto del proyecto en discusión y tendrán la posibilidad de votarlo a conciencia. Si este es aprobado, pasará al trámite legislativo regular.

En el caso de los Planes Nacionales o Estudios Prospectivos, al no ser un producto asociado a las funciones legislativas, sino un instrumento político que utiliza el parlamento para establecer un diálogo con el poder ejecutivo y la ciudadanía, el proceso de validación de los productos de la etapa 2 presenta características diferentes respecto a los objetivos legislativos. Al no estar regulados por ley estos productos, este proceso es más flexible en términos de los procesos de participación y el tipo de resultados que se espera de ellos. En general, el proceso de participación y debate se ha llevado a cabo en la etapa 2, por lo que comúnmente esta etapa consiste en la validación parlamentaria de los planes nacionales o estudios prospectivos; en otros casos, si el producto ha sido elaborado por expertos científicos y jurídicos, se tiende a invitar a dar su opinión a otros actores que no han estado involucrados, como la sociedad civil y los actores públicos vinculados al fenómeno emergente. En todo caso, si la Comisión de DFCTI considera que necesita más antecedentes o información para hacerse una opinión fundamentada, no habrá inconveniente en abrir nuevamente la discusión.

**Diagrama 11: Debate legislativo de Leyes**




En el caso de los planes nacionales o estratégicos, estos instrumentos son de interlocución política con el poder Ejecutivo, pues señalan caminos técnicos y legales para avanzar en determinados temas, apelando a los consensos técnicos y jurídicos. Al ser de atribución exclusiva del Presidente de la República los proyectos

de ley que incurren en gasto público, los planes nacionales son una forma de sensibilizar al poder Ejecutivo para que integre estas temáticas en los proyectos de ley que presente, o que considere su estudio para avanzar en dicho sentido.

Los estudios prospectivos, por otra parte, apuntan a sensibilizar y hacer visibles fenómenos emergentes o desarrollar competencias sociales para enfrentar contextos de alta incertidumbre. A diferencia de los planes nacionales, estos productos apuntan a la sociedad en su conjunto, como también, al poder político gubernamental. Estos estudios se basan en escenarios probables de riesgo y oportunidad, desarrollando estrategias para afrontarlas y la resiliencia, así como también, maximizar sus efectos positivos y minimizar aquellos negativos. Son trabajos eminentemente científicos, basados en modelos y metodologías prospectivas.

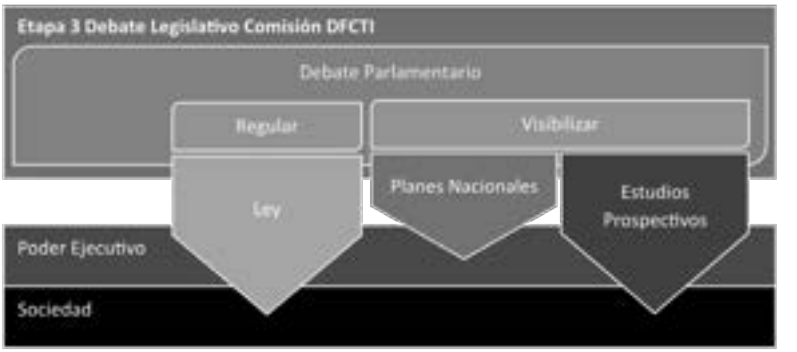
Los Productos Esperados en esta etapa, el principal y tradicional de la labor legislativa son leyes, es decir, que un proyecto de ley sea aprobado en su trámite legislativo y sea una ley de la República. Casos de leyes tratadas en el contexto de la Comisión DFCTI en conjunto con otras comisiones, han sido, por ejemplo, la Ley de Etiquetado, la Ley de Derechos Neuronales, entre otras. Cada vez más se repite la consigna de legislar basándose en la evidencia, por lo que este tipo de productos que articula a la academia y la política serán más recurrentes, lo que permite hacer mejor política y a la ciencia impactar en la vida de las personas.

**Diagrama 12: Debate legislativo de planes nacionales y estudios prospectivos**

En el caso de los planes nacionales y los estudios prospectivos, sus documentos deben ser un compendio del saber científico, técnico y jurídico, que permita avanzar en la sensibilización política y ciudadana sobre los temas de futuro. Es a través de estos pro-

ductos que la comisión se ha ido transformando en un actor clave en el ecosistema de innovación e investigación científica del país. Esta legitimidad, por ejemplo, ha antecedido debates de enorme trascendencia, como ha sido, por ejemplo: la Política Satelital, la Inteligencia Artificial, el Hidrógeno Verde, la Minería Verde, entre otras; que han llevado al Ejecutivo a tomar dichos temas y llevarlos a propuesta políticas, teniendo como antecedente el trabajo de la comisión.

**Diagrama 13: Objetivos de cada producto**




Recapitulando, podemos establecer que la Comisión DFCTI persigue dos objetivos con los productos que realiza, uno establecido por ley, que remite a la función legislativa, es decir, regular normativamente un fenómeno. Y un segundo objetivo, no regulado por ley, de visibilizar fenómenos emergentes que en el mediano y largo plazo serán estratégicos o claves en las posibilidades de desarrollo, orden social y bienestar de la ciudadanía. Entre esta clase de productos, los planes nacionales apuntan a un diálogo con el poder Ejecutivo, y los estudios prospectivos, apuntan al desarrollo de capacidades de la sociedad en su conjunto. Es este carácter sistémico, donde las preocupaciones de las comunidades que conforman la red de colaboración entienden y valoran el rol de la comisión como un agente relevante y crucial del ecosistema de innovación y desarrollo científico del país, que se ve fortalecido y reconocido por la ciudadanía, por los esfuerzos de transformar a la ciencia en un factor clave del diseño de políticas públicas, como ocurre con la realización, desde hace ya 10 años, del Congreso del Futuro.

## Consideraciones Finales

Este modelo del proceso de trabajo de la Comisión DFCTI representa un esfuerzo para mejorar el diálogo entre política y ciencia. Mientras más fluido sea este diálogo, mejores serán las políticas, pues al basarse en la evidencia científica, los márgenes de error se reducen y se amplifican los efectos positivos de las políticas. Pero estos puentes entre el saber científico y la lógica política no son sencillos de construir, pues deben generarse códigos compartidos, confianzas mutuas, expectativas acordes a las funciones definidas para los poderes del estado, la experiencia de traducibilidad del saber científico en lógicas jurídicas, entre otros elementos.

La experiencia de la Comisión DFCTI, por tanto, representa una experiencia exitosa y reconocida socialmente de cómo lograr vías de entendimiento y de resultados con impacto social. Además, ha hecho visibles fenómenos que luego han resultado prioritarios de la agenda política. Es por ello que tratar de sistematizar esta experiencia, busca hacer más fructífero el trabajo de la comisión con la comunidad científica y lograr mejores leyes.

Entendemos que este modelo no representa un chaleco de fuerzas, sino de caminos que pueden ampliarse, mejorarse o redefinirse en función de las dinámicas entre la comisión y la red de colaboración para enfrentar fenómenos emergentes, con enormes implicancias futuras que siempre desafían a las capacidades del presente. Pero no obstante ello, creemos que este modelo puede ayudar a hacer más fácil el tránsito desde la detección de un fenómeno de impacto en la vida de las personas y en el orden de la sociedad, y una respuesta política que maximice sus efectos positivos y reduzca los negativos. Los riesgos a los que está sometido el mundo contemporáneo no resisten la improvisación o políticas basadas en la intuición. Los errores en el frágil equilibrio precario del presente, pueden ser tan caros que pongan en duda, incluso, la viabilidad de la vida humana en el planeta. Es por ello que la demanda por una política basada en la ciencia es un imperativo ético y racional de supervivencia de la humanidad.

Primera parte

# *Mesas de Expertos para Políticas Públicas basadas en la Evidencia Científica*

Política Espacial

# Avanzando hacia un Programa Espacial para Chile

*Autor: Francisco Martínez Concha*
*Decano de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas,*
*Universidad de Chile*

## Chile puede y debe tener Innovación y Desarrollo de Tecnología Espacial

La industria espacial, nacida en 1960 con el lanzamiento de TIROS-1 y que tuvo durante muchos años a Estados Unidos casi como único proveedor, se está desarrollando a tasas de crecimiento anuales de un 2%, esperándose que para 2020 represente un monto cercano a los US$ 280 billones. El impacto de esta industria sobre el PGB Global se estima en un 18%.

Actualmente el número de satélites operativos es cercano a 1.500 satélites. La empresa Space X ha solicitado permisos de comunicaciones a la FCC para 12.000 satélites en los próximos cinco años, por lo que se está previendo una explosión en el ámbito espacial. En este contexto, Chile tiene varias ventajas competitivas globales que se pueden agrupar en dos grandes áreas:

1) Geográficas.
2) Tecnológicas.

Las ventajas geográficas son principalmente su ubicación y distribución. En el hemisferio sur hay más océano que tierra, y menos países aún que vayan desde casi el ecuador hasta la antártica. La

bajada de datos es clave y Chile tiene estas características que lo hacen único.

En las **ventajas tecnológicas destaca el gran conocimiento adquirido e infraestructura instalada gracias a la astronomía**, que en Chile se ha convertido en una actividad relevante, desarrollando capacidades afines a las requeridas para los servicios espaciales que están a la espera de incentivos para proveer servicios espaciales globales. A modo de ejemplo, la limpieza de los cielos del norte de Chile, clave para la observación astronómica, es también de utilidad para proveer comunicaciones ópticas. Pero las comunicaciones ópticas no sólo requieren desarrollos en los satélites, sino también capacidades en tierra, las que afortunadamente ya están instaladas en Chile gracias a los telescopios. Además, por los radio-telescopios tenemos gran experiencia en antenas y sistemas de recepción de alta calidad, los cuales son clave para la descarga de datos en frecuencias microondas, y que tienen ventajas apoyando satélites de órbitas polares desde la zona sur del país. También **gracias a la astronomía, Chile ya está conectado al mundo por un sistema de comunicación de fibra óptica, lo que facilita el transporte al mundo de datos descargados en Chile.**

Por otro lado, la tecnología espacial está experimentando grandes transformaciones. **La irrupción de satélites estandarizados, denominado Cubesats, ha reducido el tiempo y los costos de poner sistemas satelitales en órbita, acelerando los ciclos de innovación**. Nuevos conceptos de lanzamiento, como por ejemplo la reutilización de cohetes, buscan bajar los costos y acelerar el acceso al espacio, generando nuevas oportunidades para naciones emergentes.

El conocimiento desarrollado en Chile gracias a la astronomía facilita la incursión en los satélites estandarizados de menor tamaño o nano-satélites (satélites de 1 kg a 10 kg), los cuales pueden formar constelaciones con grandes capacidades. No son muchos los países que pueden desarrollar y operar constelaciones. Hoy sólo una empresa norteamericana (PlanetLabs) desarrolló y opera una constelación de nano-satélites. Una empresa Argentina (SateLogic), que está construyendo 6, es el único ejemplo latinoamericano. Sin embargo, ningún país de la región tiene este conocimiento. **Chile tiene la oportunidad histórica de dominar las constelaciones de nano-satélites, ya que tiene la capacidad tecnológica y las ventajas geográficas para ello.** Es importante men-

cionar aquí el desierto de Atacama y la Antártica chilena, como territorios que también ofrecen condiciones aptas para la simulación y preparación de misiones espaciales a Marte o a la Luna, que son de relevancia mundial en la exploración y conquista del espacio. En este sentido, **las aplicaciones derivadas del control de sistemas robotizados de exploración y explotación pueden ser de gran interés para la minera nacional**. Finalmente, servicios globales también pueden ser de utilidad para Chile y podrían ser utilizados como puntos de partida para el desarrollo de la industria espacial local.

**La importancia estratégica de los datos en áreas tan claves para Chile como la agricultura de precisión (Chile Potencia Agroalimentaria) o la minería inteligente, así como el aporte para la prevención y gestión de desastres naturales, justifican que Chile invierta en desarrollar esta área que hoy se estima clave en el avance de la innovación digital.** Estas inversiones deben cubrir al menos tres áreas: 1) Investigación e innovación, 2) Formación de recursos humanos, y 3) Incentivo al desarrollo de empresas que innoven en productos y servicios aprovechando la disponibilidad de datos.

Las ventajas antes expuestas, junto a la capacidad científica y tecnológica nacional, pueden y deben aprovecharse para generar en Chile ventajas competitivas que permitan participar con éxito en la **industria del espacio**, en particular en la **industria geoespacial**, es decir, la ligada al uso del espacio para observación y monitoreo de la Tierra (EO- Earth Observation)) a través de satélites.

Los beneficios para Chile de un programa espacial como el propuesto en este documento se basan en el desarrollo del mercado de observación de la Tierra, el que se proyecta en el año 2020 para América del Sur en US$ 10.246 millones, es decir, 13,5% del total mundial. Si Chile participara sólo en un 15% de ese mercado, esto representaría cerca de US$ 1.537 millones, aproximadamente un 0,44% del PIB.

### 1. Beneficios de un Programa Espacial para Chile

Se dispondrá de **data terrestre accesible** y **de bajo costo**, lo que permitirá los siguientes beneficios:

- Independencia y soberanía en la información y el conocimiento. El desarrollo de tecnología propia nos permitirá tener pleno

control de los satélites, lo que nos otorga autonomía real en proyectos estratégicos del país.

- Desarrollo de aplicaciones en ámbitos civiles, tanto públicos como privados. En el ámbito público, el desarrollo espacial aportaría con el apoyo de tecnología espacial a programas estratégicos a nivel país, tales como planificación territorial y de infraestructura, recursos naturales y ambientales, manejo de riesgos y desastres naturales y aquellos provocados por el hombre, entre otros. En el ámbito privado, además de posibilitar la generación de importantes oportunidades de negocio en la industria satelital (empleo de mano de obra altamente calificada, logística, recursos económicos, y de comunicaciones, etc.), nos dotará de tecnología de frontera para el desarrollo de áreas claves para la economía del país (minería, agricultura, manejo de recursos naturales, etc.).
- Permitirá la apertura de nuevas áreas de investigación y servicios. Investigación en áreas vinculadas a la captura, calibración y validación de datos Geoespaciales mediante sensores terrestres multiparámetros (G-Data), así como también asociadas a su almacenamiento y procesamiento de datos Geoespaciales (Centro de Integración y Análisis de Datos Geoespaciales), lo que incluye sistemas dinámicos de información terrestre (datos con cobertura espacial y temporal). Esto además abriría nuevas oportunidades de desarrollo tecnológico e industrial del país, en áreas como procesamiento de datos derivados de la percepción remota, desarrollo de sensores, instrumentos, antenas, sistemas de software y estructuras para uso espacial.
- Colaboración internacional en temas espaciales. El desarrollo de constelaciones en nanosatélites nos dará una base sólida para generar redes de colaboración internacionales a las cuales podamos hacer aportes concretos y a la vez, recibir los beneficios de los demás países.

## 2. Programa Espacial para Chile

Para aprovechar los beneficios antes mencionados, esta **propuesta** se orienta al **desarrollo de tecnología espacial**, la **obtención y calibración del dato Geoespacial para asegurar su validación,** y la generación de **información de interés civil, para promover el desarrollo económico**, **y para sustentar políticas**

**públicas y científicas**. En consecuencia, la estrategia de desarrollo de un Programa Espacial en Chile se propone en base a las siguientes líneas de desarrollo:

1) Desarrollo de una **constelación de 9 nanosatélites** con sensores. Desarrollo de un programa satelital que permita y facilite la observación de imágenes y la transmisión de datos de diversas variables atmosféricas, en base a la tecnología de nanosatélites CubeSats. Esto se basa en el exitoso programa de nanosatélites Suchai I de la Universidad de Chile, lo que ha posibilitado el desarrollo local de capital humano en ingeniería satelital y en el campo de la física espacial.
2) Desarrollo de programa **G-Data para la calibración y validación de datos Geoespaciales** mediante **estaciones terrestres multiparámetros**. El programa G-Data instalará cinco Observatorios Multiparámetros, localizados en el Norte, Centro y Sur del país, archipiélago Juan Fernández y en el territorio Antártico chileno, para implementar un sistema de estandarización y calibración de datos Geospaciales que asegure su validación para aplicaciones diversas tanto en el ámbito público como privado.
3) Desarrollo de un **Centro de Integración y Análisis de Datos Geoespaciales** que facilite el almacenamiento, integración y procesamiento de datos geoespaciales. Su objetivo es promover la generación de productos y servicios basados en la integración de los datos satelitales en el espacio y en el tiempo, con los datos terrestres capturados por diversos agentes públicos (sismología, meteorología, contaminación, vulcanología, etc.). Junto con los datos provistos por los satélites propios, sean éstos nanosatélites u otros, este Centro generará también sinergia con los sistemas de procesamiento de datos astronómicos, un área del espacio en que Chile tiene un reconocido lugar a nivel mundial, así como el aprovechamiento de otras posibilidades, tales como el convenio con el **Programa Copernicus** de la ESA (que se presenta más adelante).

La Universidad de Chile entiende que el desarrollo de las capacidades de observación espacial y terrestre, y su procesamiento y disponibilidad de acceso, son materias de importancia e interés nacional. Consecuente con lo anterior, esta propuesta se concibe con carácter inclusivo y de orientación al servicio público. Por ello, uno de los objetivos es la construcción de **redes de colaboración**

con todas aquellas instituciones y entidades que deseen aportar a las distintas áreas que contempla esta propuesta.

La construcción de redes asociativas con universidades, institutos, centros, investigadores, etc., que deseen hacer aportes al proyecto se formalizará mediante la celebración de convenios los cuales darán paso a seminarios regulares, donde se realizará una invitación abierta y se discutirán los temas y formatos de colaboración específica para cada área del proyecto. Asimismo, esta iniciativa contempla actividades de difusión, las cuales cubren tanto el mundo social y político interesado en estas temáticas, como a una audiencia de público más general. **Actualmente, hay 14 instituciones que están colaborando en el programa espacial.**

En definitiva, este programa provee una plataforma que proporciona información validada del territorio, con referencia geográfica y temporal estandarizada para todas las fuentes satelitales y terrestres, y común para todos los usuarios. Esto es, una **plataforma con cobertura espacial y temporal completa del territorio**, la cual será de acceso libre y transparente para el mundo público y privado. Además, ofrece la capacidad de desarrollar investigación experimental en el espacio en diversas áreas, es decir, promueve el **desarrollo tecnológico de frontera**, la **innovación** y el **conocimiento.** Todo ello con una **alta eficiencia económica** si se le compara con las alternativas de la industria satelital convencional.

## Tecnología Satelital

Las mediciones desde el espacio han ido transformando nuestra comprensión de la Tierra, su entorno, el sistema solar y el universo en general. Durante las últimas décadas los sistemas espaciales se han vuelto más sofisticados y más complejos, con costos a menudo que ascienden a miles de millones de dólares. Aunque se espera que esta línea de desarrollo continúe en el futuro, pequeños satélites, cuya masa fluctúa entre 0,1 a 100 kg (picosatélites [0.1-1 kg], nanosatélites [1-10 kg], microsatélites [10 kg-100 kg]) están ganando impulso como un medio alternativo, no sólo para abordar preguntas científicas de manera más rápida y asequible, sino que también para proveer servicios similares a los satélites convencionales. Por lo demás, la miniaturización ha sido una tendencia que

la sociedad ya ha observado en la evolución de la computación (de grandes sistemas a laptops), las comunicaciones (del teléfono convencional al celular), etc. Así, **aprovechando los avances en Inteligencia Artificial (AI), una constelación de satélites pequeños puede realizar el mismo (o mejor) trabajo que un sólo satélite de gran envergadura.**

Dentro de la categoría de los pequeños satélites, han surgido en el último tiempo los satélites CubeSats (Ver figura 1). Éstos son satélites muy pequeños construidos de forma estandarizada, lo que facilita su desarrollo. Este tipo de satélite se agrupa en unidades básicas dispuestas como cubos de largo 10 cm, de 1 kg de peso o menos, los que se disponen y lanzan completamente cerrados en un contenedor en conjunto con otras unidades para formar un grupo de unidades más grande, actualmente estandarizada hasta en 16 unidades.

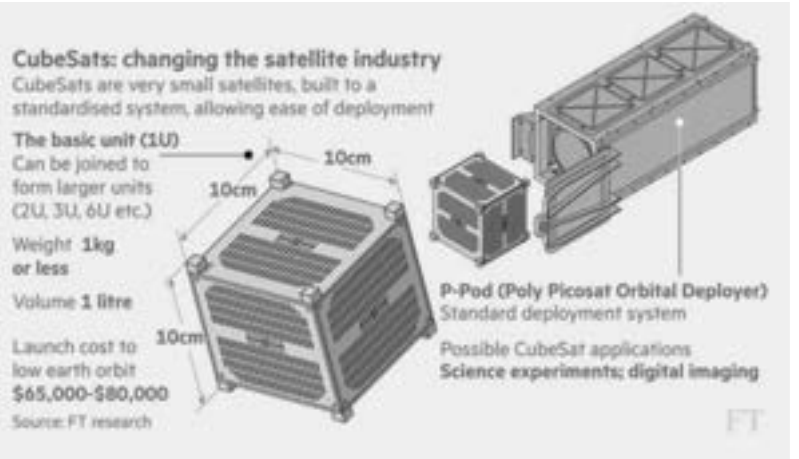



Figura 1: **Descripción de un satélite CubeSat.**

Los CubeSats han mostrado un enorme potencial, pues comparten muchos factores de las innovaciones disruptivas, tales como:

- Bajo costo de manufactura por estandarización de sus componentes y producción en masa, lo que se debe a la utilización de electrónica en miniatura, bajo la lógica de microprocesadores.
- Rápida mejora de las capacidades de los CubeSats, a partir de sus diversos usos de nicho en comunidades de investigación y áreas comerciales.

- Existencia de alta demanda en servicios de observación de la Tierra (EO), en diversas áreas como la agricultura, meteorología y la seguridad.
- Mejor precisión en las mediciones al trabajar en grupos, siguiendo la lógica de los procesadores paralelos y las granjas de servidores.
- Posibilidad asequible de lanzamiento a menor costo que los satélites convencionales, mayores en tamaño y sofisticación.

Usuarios y proveedores comerciales son ahora los principales impulsores del desarrollo de tecnología para CubeSats, y muchas tecnologías o subsistemas pueden incluso adquirirse de forma gratuita por grupos que buscan utilizar CubeSats para abordar objetivos científicos y/o aplicaciones basadas en el espacio.

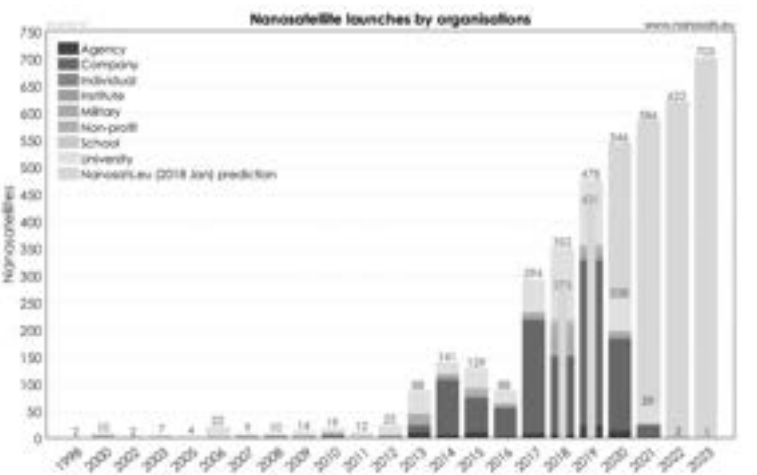



**Figura 2: Número acumulado de CubeSats lanzado por organización. FUENTE: Datos de «CubeSat Database", 2018 (consultado el 28 agosto de 2018, link: https://www.nanosats.eu/).**

Aprovechar el alto potencial de observación y medición que representan los CubeSats. En efecto, en base a constelaciones de 10 a 100 naves espaciales CubeSats, se identifican cuatro áreas que tendrán el mayor impacto en aplicaciones comerciales, civiles y científicas:

- Comunicaciones de gran ancho de banda
- Control de precisión de altitud
- Control de precisión de propulsión
- Desarrollo de tecnología de instrumentos miniaturizados.

## Satélites Convencionales: Programa Copernicus de la Unión Europea

Actualmente se encuentra en operación Copernicus, un programa de la Unión Europea para monitorear la Tierra, su medio ambiente y sus ecosistemas y que pretende brindar apoyo en la planificación de acciones ante las crisis, riesgos de seguridad y desastres naturales o causados por el hombre, así como el desarrollo de servicios asociados a la Observación de la Tierra, por medio del lanzamiento de un total de 14 satélites que incluyen diversos instrumentos como Radar (SAR), Altimétrica y Óptica Multiespectral., con una inversión cercana a los 6.700 millones de euros. La implementación de las componentes espaciales del programa está encargada a la Agencia Espacial Europea (ESA) y a la Organización Europea para la Explotación de Satélites Meteorológicos (EUMETSAT), quienes proveen, además, soporte respecto a materias que conciernen la cooperación técnica internacional del programa Copernicus. Cabe notar que el programa aplica una Política de Datos Abiertos completa y gratuita para todos los usuarios, elemento clave para el desarrollo económico y la economía digital.

La Unión Europea, representada por la Comisión Europea, y la Subsecretaría de Telecomunicaciones de Chile (Subtel), firmaron un convenio el 8 de marzo de 2018 para poder mantener en Chile un repositorio de datos del programa Copernicus. Posterior a ello, el 9 de marzo, la Subtel firmó un convenio con la Universidad de Chile para que sea ésta la que implemente este acuerdo, que permite que los datos de los satélites Copernicus se conviertan en un flujo de datos hacia este repositorio de datos, estimando crecer en los próximos dos años a una tasa de 10 TB por día.

La clave de mantener en Chile un repositorio de datos estriba en el acceso rápido para los usuarios nacionales, tanto públicos como privados, ventaja importante dado el alto volumen de datos y el tiempo y costo en telecomunicaciones que representa obtenerlos directamente desde Europa. Un repositorio nacional resuelve ese problema al mantener una copia actualizada en el territorio nacional que será distribuida sin costo a todos los usuarios nacionales, tanto públicos como privados, permitiendo la generación de nuevos servicios y productos, lo que será un elemento clave en el desarrollo de esta industria en Chile y un apoyo de

gran valor en la gestión de los desastres naturales y a nuevos emprendimientos asociados a la Observación de la Tierra, entre otras muchas aplicaciones.

Para lo anterior, la Universidad de Chile, propone desarrollar un **Centro de Integración y Análisis de Datos Geoespaciales** que facilite el almacenamiento, procesamiento y generación de productos y servicios basados en la integración de los datos satelitales de observación de la Tierra, en el espacio y en el tiempo, con los datos terrestres. De esta forma, este centro facilitaría el trabajo de aprovechamiento de los datos satelitales y terrestres a organismos públicos y privados al integrar datos, capacidad de gestión de los mismos y capacidades importantes de procesamiento que faciliten su uso por parte de los usuarios finales, resolviendo los problemas técnicos que obstaculizan hoy el uso y almacenamiento de los mismos y promoviendo el desarrollo en aspectos claves de nuestra economía como la energía, minería, agricultura y manejo de desastres, entre otros.

## Redes Terrestres de Validación de Data Satelital: G-Data

Un problema altamente desafiante de la Observación de la Tierra (EO-Earth Observation) es que se requiere de mediciones terrestres para calibrar y asegurar que los datos proporcionados por los satélites sean fidedignos.

**Los datos satelitales se han vuelto una herramienta cada día más necesaria para abordar las políticas públicas en los diferentes temas sectoriales (agricultura, agua, minería, navegación, desastres naturales, comunicaciones, clima, planeamientos demográficos, defensa, etc.)**, por lo que el desarrollo de capacidades y competencias en validación y certificación de los datos Geoespaciales es un tema clave, prioritario y de independencia estratégica para el país. Ésta fue una de las conclusiones de los encuentros desarrollados durante el 2017 entre ingenieros, científicos, expertos y especialistas del MOP y de la Facultad de Ciencias Físicas

y Matemáticas de la U. de Chile[1] que dio origen al programa G-Data. Contar con un sistema experto de calibración y validación del dato satelital asegura productos y calidad de la información entregada, tanto de satélites nacionales como internacionales.

El programa G-Data promueve la instalación de cinco Observatorios Multiparámetros, localizados en el norte, centro y sur del país, archipiélago Juan Fernández y en el territorio Antártico chileno, y el desarrollo de un sistema de estandarización y calibración de parámetros de observables en tierra para la validación de data satelital. G-Data tiene así como objetivo principal reforzar e integrar las actuales capacidades observacionales del Estado, con el fin de asegurar la calidad y confiabilidad del dato.

## La Industria Geoespacial

La industria geoespacial se puede clasificar en cuatro grandes segmentos:

- Sistemas de posicionamiento (Sistema Global de Navegación por Satélite-GNSS)
- Sistemas de Información Geográfica- Análisis Espacial (GIS)
- Observación terrestre
- Escaneo tridimensional (3D Scanning)

De acuerdo al reporte del Geospatial Industry Outlook & Readiness Index (y otros reportes internacionales), el tamaño de la industria geoespacial a 2020 será cercano a los US$ 440.000 millones. De ese total, el mercado específico de los servicios de observación de la Tierra, tema de la presente propuesta, se estima en US$ 57.500 millones al 2018 y se proyecta que crecerá hasta US$ 75.900 millones para el 2020. En efecto, la evolución que experimentarán los servicios de observación de la Tierra se muestra en la figura 3.

[1] Los documentos con las conclusiones y síntesis están disponibles en la Dirección de Planeamiento del MOP.

Figura 3: **Mercados de observación de la Tierra.**

América del Sur se estima que llegará a tener un 13,5% de ese mercado, es decir, unos US$ 10.246 millones.

Chile está bien posicionado para tomar una parte relevante de esta actividad, por lo que si alcanzamos al menos un 15% de ese mercado, eso representará del orden de US$ 1.537 millones, es decir, alcanzará al menos 0,44% del PIB para el año 2020.

Por otra parte, los impactos y beneficios en las industrias que utilizarán esta tecnología, tales como minería, agricultura, forestal, energías renovables, alimentos, pesca, turismo, etc. permiten afirmar que este proyecto será una de las plataformas en las cuales se sustentará el salto al desarrollo de nuestro país.

## Presupuesto

El programa considera una fase de **tres años**, después de lo cual se realizará una evaluación de los logros alcanzados. En los tres primeros años se desarrollarán las siguientes tareas:

**Año 1:**

- Lanzamientos SUCHAI II y III. Esto requiere ampliar las capacidades en tierra con estaciones terrestres y servidores para almacenamiento centralizado de datos (acceso público).

- Desarrollo de cohetería y propulsión de alto rendimiento.
- Centro de Integración y Análisis de Datos Geoespaciales. Fase 1: Fundación
- Creación de Observatorio Multiparámetros G-data, con un manejo integrado de sensores en el territorio nacional
- Desarrollo de programas de colaboración asociativa (seminarios, conferencias y actividades de difusión de cobertura nacional).

**Año 2:**

- Lanzamiento de SUCHAI IV, V y VI. Inicio de desarrollo de globo y testeo de capacidades
- Segunda fase del desarrollo de cohetería y propulsión de alto rendimiento.
- Centro de Integración y Análisis de Datos Geoespaciales. Fase 2: Normalización
- Gastos de operación y mantenimiento Observatorio Multiparámetros G-Data.
- Programas de colaboración asociativa (seminarios, conferencias y actividades de difusión de cobertura nacional).

**Año 3:**

- Lanzamiento de SUCHAI VII, VIII, IX y X.
- Programa de supervisión y monitoreo de satélites.
- Asentamiento de programa de cohetería y propulsión de alto rendimiento.
- Centro de Integración y Análisis de Datos Geoespaciales. Fase 3: Consolidación
- Gastos de operación y mantenimiento Observatorio Multiparámetros G-Data.
- Programas de colaboración asociativa (seminarios, conferencias y actividades de difusión de cobertura nacional).

**El programa considera una inversión de US$ 33.3 millones en tres años,** los cuales se distribuyen de acuerdo a lo mostrado en la tabla 1.

| Programa Espacial para Chile –FCFM U de Chile | | | |
|---|---|---|---|
| | Año 1 | Año 2 | Año 3 |
| | MU$ | MU$ | MU$ |
| Programa Nano Satélites | 6100 | 6600 | 7100 |
| Lanzamiento nano satélites Suchai | 1000 | 1500 | 2000 |
| Pruebas con globos | 1000 | 1000 | 1000 |
| Ingenieros de investigación (30) | 1000 | 1000 | 1000 |
| Investigadores de apoyo (30) | 350 | 350 | 350 |
| Instalaciones en tierra (Laboratorios) | 750 | 750 | 750 |
| Desarrollo de Programa de Cohetería y Propulsión de alto rendimiento | 2000 | 2000 | 2000 |
| | | | |
| Centro de integración y análisisde datosGeoespaciales | 4200 | 900 | 900 |
| Inversión + habilitación | 3300 | 0 | 0 |
| Gastos de operación | 350 | 350 | 350 |
| Gastos de personal | 350 | 350 | 350 |
| Mantenimiento | 200 | 200 | 200 |
| | | | |
| Observatorio MultiparámerosG–Data | 4330 | 830 | 830 |
| Sensores | 3000 | | |
| Habilitación parámetros | 500 | | |
| Gastos de operación | 330 | 330 | 330 |
| Gastos de personal | 400 | 400 | 400 |
| Mantenimiento | 100 | 100 | 100 |
| | | | |
| Colaboración asociativa | 500 | 500 | 500 |
| Seminarios (Santiago,Regiones,Territorio Antártico Chileno e Isla de Pascua) | 300 | 300 | 300 |
| Conferencia de difusión al mundo social y político | 50 | 50 | 50 |
| Actividades de difusión de cobertura nacional (colegios, institutos, etc.) | 150 | 150 | 150 |
| | | | |
| Total | 15130 | 8830 | 9330 |

**Tabla 1: Presupuesto Programa Espacial.**

Finalmente, conviene enfatizar que, dado el nivel de madurez alcanzado por las tecnologías involucradas y el potencial uso de la constelación de nano satélites, el programa propuesto provee un ecosistema con múltiples beneficios y a bajo costo.

Políticas de Investigación

# Vocación territorial de las universidades vs. centralismo investigativo - Desigualdades de la investigación científica de las universidades de Chile

*Autores: Felipe Rivera, Mauricio Amar, Marek Hoehn*
*Equipo de Asesores, Biblioteca del Congreso Nacional*

## Antecedentes generales

El presente Informe fue solicitado por la Comisión "Desafíos del Futuro, Ciencia, Tecnología e Innovación" del Senado con el objetivo de ser presentado en la Sesión Especial de la Comisión "Desafíos del Futuro, Ciencia, Tecnología e Innovación": "Encuentro con el Consejo de Rectores de las Universidades Chilenas (CRUCH)" y fue elaborado por un equipo de investigadores/ asesores (arriba individualizados) de la Sección de Estudios en la Biblioteca del Congreso Nacional.

Los datos de este diagnóstico provienen del sitio "Data Ciencia–Dimensiones de la Producción Científica Nacional", elaborado por la Comisión Nacional de Investigación Científica y Tecnológica (CONICYT), así como de los Datos del CENSO 2017 (capital humano y género). Una tercera fuente considerada fue la base de datos de patentes del Instituto Nacional de Propiedad Industrial (INAPI), pero cuyos análisis deberán ser entregados en un plazo mayor.

Con fecha del 5 de abril de 2019 recibimos observaciones sobre un primer borrador entregado de parte de Adrián Palacios, vocero de las Universidades del CRUCH ante la Comisión "Desafíos del Futuro..." del Senado. El presente documento integra dichas observaciones.

Para la redacción de este Informe hemos trabajado con tres hipótesis básicas que enunciaremos a continuación: (1) Existe una

carencia histórica al financiamiento de investigación tanto en ciencias como en humanidades y no se ven perspectivas de mejora, sino de retroceso en tanto el presupuesto para investigación científica disminuyó en 2019 un 4,6% respecto al año anterior. Con una inversión del Estado que alcanza solo al 0,4% –pobre en comparación con los demás países de la OCDE que invierten en promedio un 2,4% – gran parte de la inversión en ciencia y tecnología ha sido dejada a manos de empresas privadas que tienen intereses diferentes a los del desarrollo nacional[1].

Como bien dice Francisco Martínez, parece razonable *"llamar la atención de los políticos respecto de esta grave situación, porque el rol del Estado es insustituible en cuanto a dar un fuerte impulso inicial; nada hemos avanzamos con el discurso de que los privados deberían tomar la iniciativa, más bien esperamos que se sumen a un proceso impulsado por el Estado. La actitud pasiva amenaza con consolidarse como parte de nuestra cultura, postergando estas decisiones año tras año mientras la revolución tecnológica avanza sin esperar a que nos decidamos a integrarnos a ella"*[2].

A esto se suman las críticas e inestabilidad de la Comisión Nacional de Investigación Científica y Tecnológica (Conicyt), encargada de asesorar a la presidencia en el planeamiento del desarrollo científico y tecnológico, y a la que el académico de la Universidad de Chile, Jorge Babul, ha realizado importantes cuestionamientos, no solo al financiamiento sino también a su gestión[3], que en los últimos meses ha sido noticia por el corte a las extensiones becarias para 241 investigadores en el extranjero[4].

(2) El financiamiento de la investigación científica en Chile está marcado por un sesgo a favor de las ciencias exactas (naturales) en desmedro de las ciencias sociales y las humanidades.

---

[1] Amar D., Mauricio (2019): "Las prioridades de la investigación científica en Chile", Biblioteca del Congreso Nacional, Serie Minutas Nº 34-19, 18/04/2019

[2] Martínez, Francisco (2018): "Presupuesto para ciencia, tecnología e innovación: ¿A dónde vamos Chile?" en: URL: http://www.uchile.cl/noticias/148506/presupuesto-para-ciencia-tecnologia-e-innovacion-a-donde-vamos

[3] CNN, 25.10.2018. URL: https://www.cnnchile.com/lodijeronencnn/jorge-babul-por-reduccion-de-presupuesto-para-ciencias-nos-obligan-a-saber-de-todo-pero-no-nos-dan-lo-que-corresponde_20181025/

[4] El Desconcierto, 15.03.2019. URL: https://www.eldesconcierto.cl/2019/03/15/portazo-en-la-cara-a-becarixs-conicyt/

(3) La producción científica nacional refleja una desigualdad del fomento y financiamiento de la investigación en cuanto a su distribución por regiones de Chile.

(4) El capital humano avanzado, es decir, las características de las autoras y los autores de las publicaciones científicas chilenas refleja también una desigualdad por género, siendo solo un tercio de las autoras mujeres.

Para nuestro análisis revisamos datos básicos de la investigación en Chile, basándonos en la información proporcionada por el sitio DataCiencia[5], creado por la Comisión Nacional de Investigación Científica y Tecnología (Conicyt). El sitio visualiza estadísticas sobre las investigaciones realizadas en Chile, caracterizadas por área de conocimiento o disciplina, por institución de educación superior, por región chilena y por género de los investigadores, considerando exclusivamente las publicaciones académicas realizadas en la *Web of Science*[6] (WoS) entre los años 2008 y 2019. *Web of science (wos) es un servicio en línea de información científica, suministrado por thomson reuters, integrado en isi - web of knowledge (wok).*

Si bien estamos conscientes que las publicaciones ISI no permiten visualizar la totalidad de la producción científica nacional, ya que muchos investigadores publican en revistas fuera del Instituto para la Información Científica (*Institute for Scientific Information* – ISI) porque optan por publicar bajo el principio de *Open Access* (Acceso Abierto) en revistas PLOS (*Public Library of Science*) - Biblioteca Pública de Ciencias, pero son las mismas universidades del CRUCH las que evalúan la producción científica de sus académicos contabilizando publicaciones ISI o equivalentes, subestimando otras publicaciones incluso las de su propia institución educativa.

## A. Instituciones de Investigación por Región

En cuanto a la presencia de instituciones de educación superior en regiones (de acuerdo a los datos de 2017), se aprecia una alta concentración de instituciones de educación superior en la Región Metropolitana (Gráfico 1), lo que habla del carácter centralista y

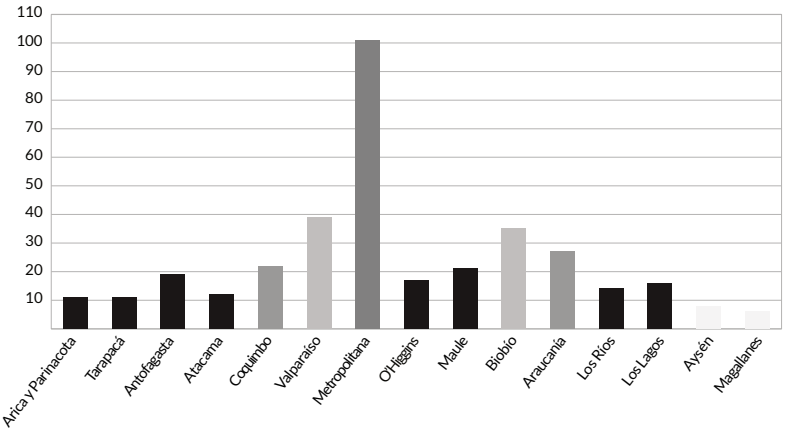
[5] Véase: https://dataciencia.conicyt.cl/interfaz/

[6] Véase: https://clarivate.com/products/web-of-science/

poco regionalizado de Chile (color rojo). De igual forma, aparecen en segundo lugar dos polos de concentración de instituciones de educación superior, como es Valparaíso y Bio-Bío (amarillo).

Aparecen en tercer lugar, por sobre 20 instituciones de educación superior con presencia regional, las regiones de Coquimbo y Araucanía. Es interesante destacar que las regiones amarillas y verdes son contiguas, lo que podría dar pábulo para hablar de polos o centros multi-regionales (color verde). Marcadas en color azul son aquellas regiones que presentan entre 10 y 20 instituciones de educación superior. En el caso del extremo sur, es donde se aprecia el mayor grado carencias de instituciones de educación superior (menos de 10), lo que puede correlacionarse con la menor población de dichos territorios (celeste).

**Gráfico 1: Presencia en Regiones de instituciones de Educación Superior 2017**



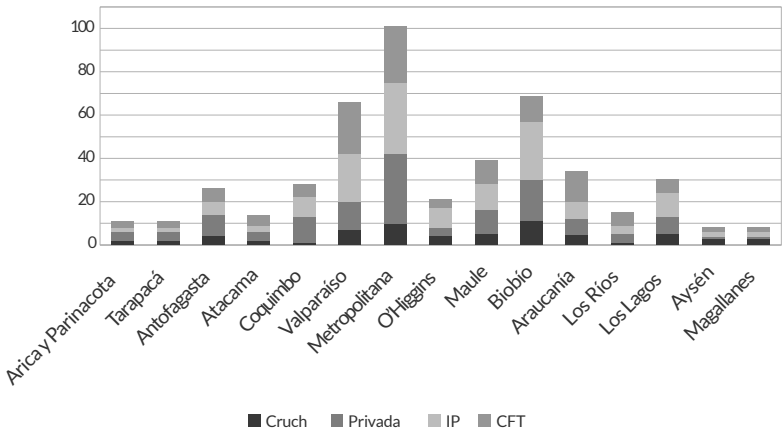

**Fuente: Elaboración propia mediante procesamiento del SIES (Mineduc) 2019**

Si se descompone el tipo de institución de educación superior, se puede comprender de mejor manera el comportamiento del sector en la provisión de educación. A este respecto, lo que se aprecia es la explosión de la oferta privada de educación, como son las universidades privadas posterior a la reforma de 1982, los Institutos Profesionales (IP) y Centros de Formación Técnica (CFT) (hay que recordar que los Institutos Profesionales Estatales son de muy reciente creación y no aparecen en esta muestra).

Cabe destacar que las tres regiones con mayor producción científica, son justamente donde las instituciones CRUCH tienen

mayor presencia, lo que habla que son actores estratégicos en la generación de producción científica en Chile.

**Gráfico 2: Presencia en Regiones de Instituciones de Educación Superior por tipo de Institución 2017**



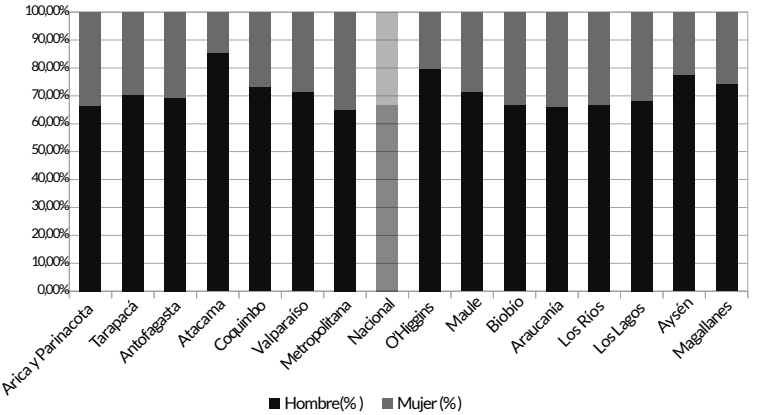

## B. Capital Humano Avanzado en las Regiones de Chile

Respecto de las características de las y los investigadores autores de las publicaciones analizadas, el promedio nacional de mujeres participantes en publicaciones académicas en el período 2008-2019 es de un 33,26%, es decir, un tercio de las publicaciones académicas (Gráfico 3). Del 66,74% de las publicaciones los autores son hombres.

Por el importante peso de Santiago, el promedio de Santiago tiende a coincidir con el promedio nacional. También dentro del promedio nacional, se encuentran las regiones de Arica-Parinacota, Bio-Bío y Los Ríos.

El resto de regiones, con matices, se encuentran bajo el promedio nacional de mujeres que participan en la producción científica. Especial mención merece la baja participación de investigadoras en Atacama, lo que puede explicarse por ser la región con menor producción de publicaciones académicas.

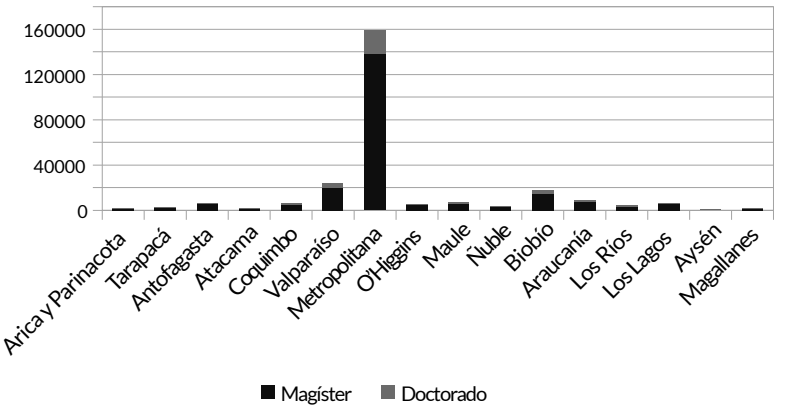
**Gráfico 3: Género Investigadores en Publicaciones Regionales (2008-2019)**




**Fuente: Elaboración propia basado en Conicyt 2019**

Desde el punto de vista del capital humano avanzado, según el Censo de 2017 (Gráfico 4), se vuelve a constatar la enorme preponderancia de la Región Metropolitana en el total nacional de personas con Máster y Doctorados. Si se compara por la producción regional de artículos académicos, nuevamente encontramos a las dos regiones que secundan a la Santiago, que son la de Valparaíso y Biobío. El resto de regiones, la presencia de capital humano avanzado es bastante menor en términos netos.

**Gráfico 4: Población Estudios de Postgrado (finalizados y cursando) total Nacional (Censo 2017)**




**Fuente: Elaboración propia mediante procesamiento del Censo 2017**

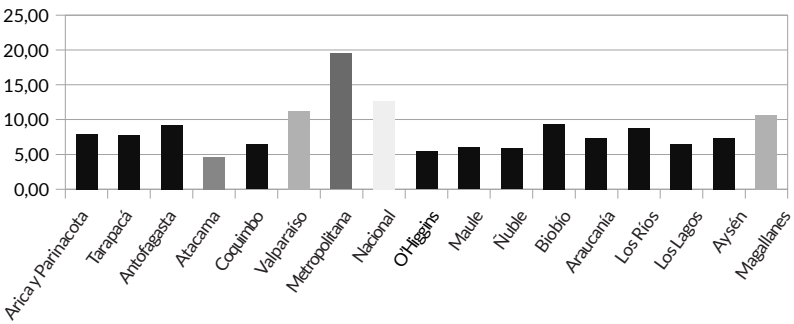
Para un análisis más certero, para calibrar la desproporción que representa Santiago en el análisis, se ajusta mejor el mediar la tasa de capital humano avanzado (personas con Posgrado de Máster o Doctorado) por cada 1.000 habitantes (Gráficos 5 y 6).

Nuevamente encontramos el importante peso de Santiago, que no obstante ajustado, sigue mostrando una supremacía respecto del resto de las regiones.

Cabe señalar que todo el resto de regiones del país, excepto Santiago, están bajo el promedio nacional de la tasa de capital humano por 1.000 habitantes, no obstante, Valparaíso y Magallanes son las regiones que más se le acercan.

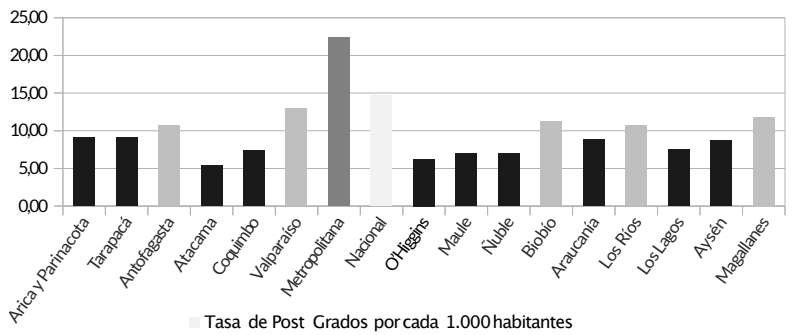
Finalmente, cabe mencionar el caso de Atacama, que es la región con la menor tasa de capital humano avanzado por habitantes, lo que se condice con su menor producción académica.

**Gráfico 5: Tasa de Población con Estudios de Postgrado (finalizados y cursando) por cada 1.000 habitantes por Región (Censo 2017).**




**Fuente: Elaboración propia mediante procesamiento del Censo 2017**

**Gráfico 6: Tasa de Población con Estudios de Postgrado (finalizados) por cada 1.000 habitantes por Región (Censo 2017).**

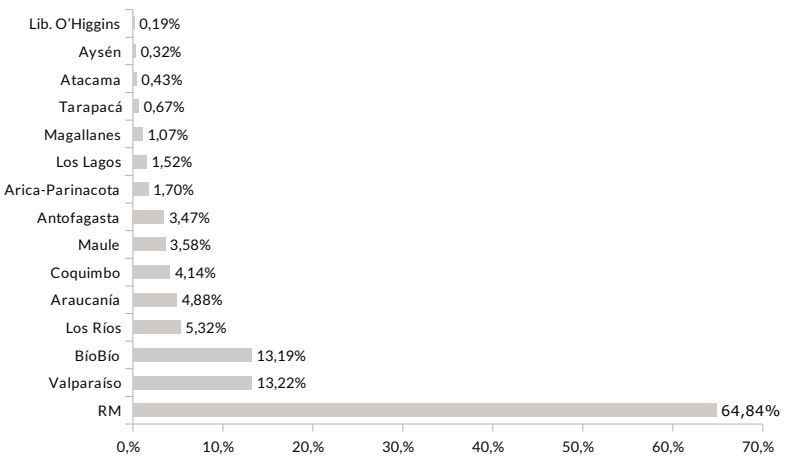



**Fuente: Elaboración propia mediante procesamiento del Censo 2017**

## C. Producción Científica Nacional desglosada por Regiones

Analizando la producción científica nacional (solo artículos académicos publicados en WoS) entre 2008 y 2019, así como sus citaciones, desglosada por regiones de Chile observamos una enorme desigualdad existente entre el financiamiento para investigación que se destina a la Región Metropolitana y el resto del país. La geografía de Chile es una invitación perfecta para pensar la distribución de la investigación de acuerdo con necesidades específicas de los territorios. Sin embargo, Chile se piensa desde Santiago y destina pocos recursos para las zonas que necesitan con mayor urgencia que se piensen sus modelos productivos y ambientales. En el siguiente gráfico, se aprecia que más del 64% de la producción científica en el país se da en la Región Metropolitana, repartiéndose el 53,7% restante entre todas las universidades del país.

**Gráfico 7. Producción científica por regiones 2008-2019 (%)**




**Fuente: Conicyt**

En la siguiente tabla se evidencia la sincronía entre la desigualdad de financiamiento por áreas de investigación y la realidad de cada región. La falta de planificación hace que espontáneamente los recursos tiendan a asignarse a ciertas áreas que tienen que ver con el desarrollo local, sin embargo, de modo general, en cada región se reproduce la desigualdad disciplinaria, siguiendo la tendencia de Santiago. Resulta interesante, en este sentido, que en Aysén y en Atacama se destine el 80% y el 71,7% de

la investigación a Ciencias Exactas y Naturales. Habría que ver cuánto de esto se relaciona con necesidades específicas del territorio y cuanto con cómo las autoridades desde Santiago imaginan las necesidades territoriales.

**Tabla 1. Investigación por área y región 2008-2019 (%)**

| Región | Ciencias Agrarias | Ingeniería y Tecnología | Humanida-des | Ciencias Médicas y de la Salud | Ciencias Exactas y Naturales | Ciencias Sociales |
|---|---|---|---|---|---|---|
| RM | 3,04 % | 10,99 % | 5,12 % | 24,74 % | 45,82 % | 10,30 % |
| Valparaíso | 4,19 % | 19,67 % | 3,95 % | 10,21 % | 56,31 % | 5,68 % |
| BíoBío | 7,51 % | 16,84 % | 3,21 % | 10,54 % | 57,15 % | 4,75 % |
| Los Ríos | 13,25 % | 5,50 % | 4,54 % | 13,66 % | 59,90 % | 3,16 % |
| Araucanía | 11,60 % | 11,29 % | 2,73 % | 30,70 % | 36,48 % | 7,20 % |
| Coquimbo | 6,54 % | 10,00 % | 0,98 % | 5,43 % | 74,92 % | 2,13 % |
| Maule | 11,24 % | 15,38 % | 2,14 % | 21,14 % | 40,89 % | 9,20 % |
| Antofagasta | 2,21 % | 14,32 % | 3,74 % | 9,62 % | 59,26 % | 10,86 % |
| Arica-Parinacota | 1,75 % | 8,34 % | 7,26 % | 20,10 % | 50,74 % | 11,80 % |
| Los Lagos | 20,18 % | 5,28 % | 2,80 % | 15,59 % | 52,17 % | 3,98 % |
| Magallanes | 3,86 % | 7,71 % | 1,68 % | 9,99 % | 66,38 % | 10,37 % |
| Tarapacá | 8,40 % | 7,86 % | 5,09 % | 19,66 % | 50,94 % | 8,04 % |
| Atacama | 1,80 % | 15,42 % | 0,90 % | 5,24 % | 71,71 % | 4,94 % |
| Aysén | 9,35 % | 2,24 % | 1,50 % | 2,80 % | 80,00 % | 4,10 % |
| Lib. O'Higgins | 25,94 % | 15,31 % | 0,63 % | 19,38 % | 33,44 % | 5,31 % |
| Nacional | 5,62 % | 12,89 % | 4,94 % | 22,12 % | 45,52 % | 8,91 % |

**Fuente: Conicyt**

La pregunta por el desarrollo de las disciplinas en escala país no se resuelve simplemente con la idea de que zonas extremas necesitan más ciencia exacta o menos humanidades por sus condiciones geográficas. Más bien, es necesario repensar la productividad científica y las jerarquías al interior del paradigma de producción vigente en virtud de democratizar la toma de decisiones sobre los recursos, la investigación y el desarrollo local. En esta perspectiva, puede que a las regiones más aisladas no sólo les convenga técnicamente sus recursos naturales, sino también cuál es su horizonte de sentido al interior del proceso de desarrollo nacional. Pero eso sería, precisamente, parte de una discusión que el Estado no ha tenido voluntad de dar.[7]

Observamos en el Gráfico 8 una previsible concentración de las publicaciones científicas relevantes en universidades de Santiago, que es expresión del centralismo de Chile (color de barras rojo). Dos regiones aparecen como los centros secundarios de investigación,

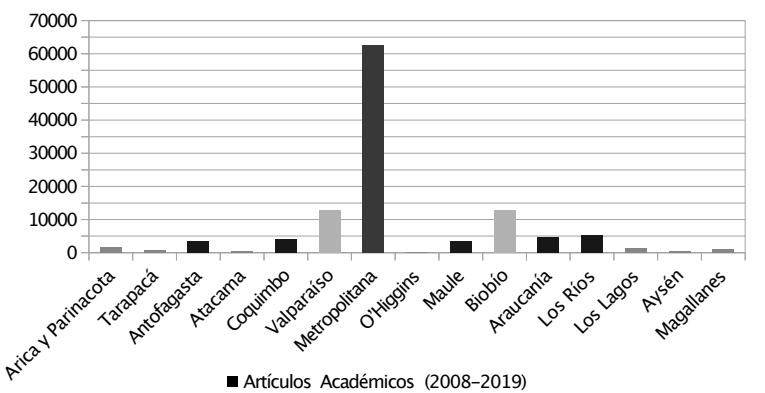
[7] Amar D., Mauricio (2019): "Las prioridades de la investigación...", op.cit.

de acuerdo al volumen de sus publicaciones. Éstas son Valparaíso y Concepción, ambas con alta densidad de instituciones de educación superior, que permite generar medio ambientes académicos complejos (color de barras amarillo). Cinco regiones componen un tercer grupo (Antofagasta, Coquimbo, Maule, Araucanía y Los Ríos), todas ellas con universidades tradicionales que han tendido a especializaciones, centradas preferentemente en recursos naturales (minería, pesca, forestal, agropecuarios, etc.) (color azul).

Las regiones ubicadas en zonas extremas (Arica-Parinacota, Tarapacá, Atacama, Los Lagos, Aysén y Magallanes), y otra región satélite de Santiago (O'Higgins), se observan con bajo volumen de publicaciones. Se da en este grupo que tanto O'Higgins como Aysén tienen universidades estatales de reciente creación (color verde).

Nota al margen: la Región del Ñuble por su reciente creación, no aparece en las estadísticas y es la única región que no cuenta con una Universidad Propia del CRUCH, la única universidad con Rectoría en dicha región es Privada (Universidad Adventista).

**Gráfico 8. Artículos Académicos por Regiones (2008-2019)**



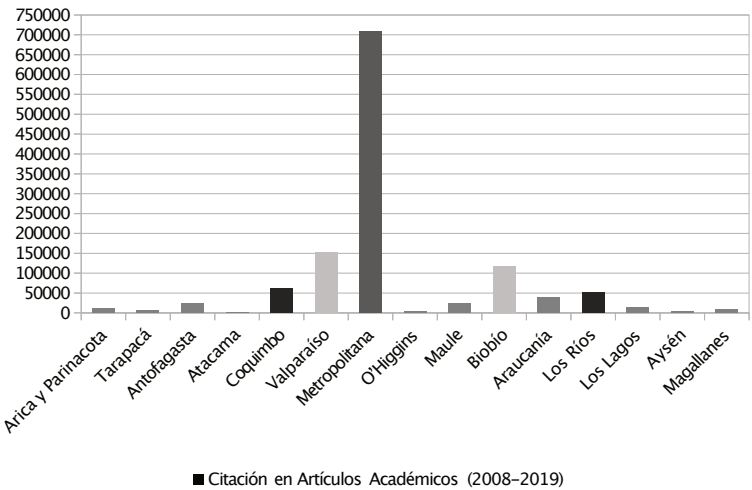

**Fuente: Elaboración propia basado en Conicyt 2019**

Otro indicador muy relevante es el de las citaciones de los artículos académicos anteriormente mencionados. Observamos al respecto en el Gráfico 9 que solo Santiago supera las 70.000 citaciones, lo que resulta previsible, pues es la región que concentra la mayor productividad de artículos académicos (color rojo). Al igual que en el gráfico anterior, las regiones de Valpa-

raíso y del Bio-Bío son las dos de mayor producción después de Santiago (color amarillo). No obstante, ambas tienen una cantidad equivalente de productividad, pero el nivel de citación es mucho mayor en la región de Valparaíso que la del Bio-Bío.

Coquimbo y Los Ríos superan o bordean las 5.000 citaciones, siendo especialmente interesante el caso de Coquimbo, que muestra un salto en este punto respecto de su producción académica (azul). Todas las regiones presentadas en color verde muestran una cantidad inferior a las 5.000 citaciones de sus artículos académicos. Son preferentemente extremas o muy cercanas a la Región Metropolitana.[8]

**Gráfico 9. Citaciones Artículos Académicos por Regiones (2008-2019)**




**Fuente: Elaboración propia basado en Conicyt 2019**

Para una mejor comprensión habría que analizar la proporción de citas por artículo (Gráfico 10), y así medir de mejor manera el impacto de cada región de su producción científica. El promedio nacional de citación por cada artículo académico publicado es de 10,74 citas por artículo.

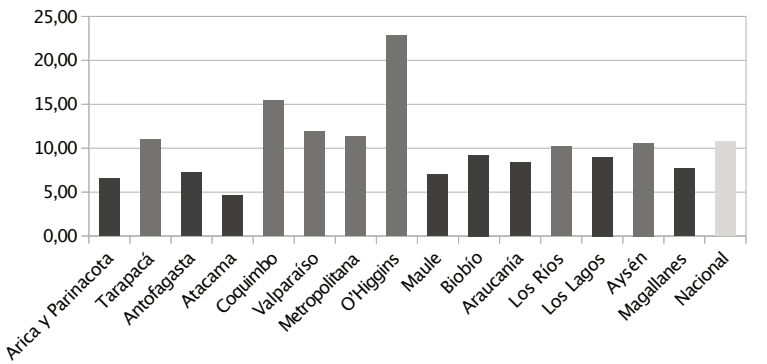
---

[8] Rivera P., Felipe: "Investigaciones realizadas en Chile – Estadísticas de investigaciones publicadas en revistas ISI y SCOPUS, desglosadas por región, tipo de Universidad y por características de investigadores", Biblioteca del Congreso Nacional, Serie Minuta Nº 31-19, 01/04/2019.

En color rojo hemos destacado aquellas regiones que bordean o superan (en algunos casos ampliamente) el promedio nacional de citación por artículo publicado. Cabe destacar en este grupo el impacto de las recién creadas universidades de O'Higgins y Aysén, que se dispara en el caso de la primera (dobla el promedio), y en el de la segunda, de estar en el promedio nacional. Cabe mencionar el caso de la Región de Coquimbo, que tiene un 50% más de impacto que el promedio nacional.

Marcadas en azul son aquellas regiones cuyo impacto (medido como promedio por citaciones por artículos) es menor al promedio nacional. Destacan dentro de estas las zonas extremas y el centro sur. Relevante es el caso de Concepción, que es una de las regiones de mayor producción e importancia, pero que su impacto es menor al promedio del país.

**Gráfico 10. Proporción de citaciones por cada Artículo Académico publicado por Regiones (2008-2019)**



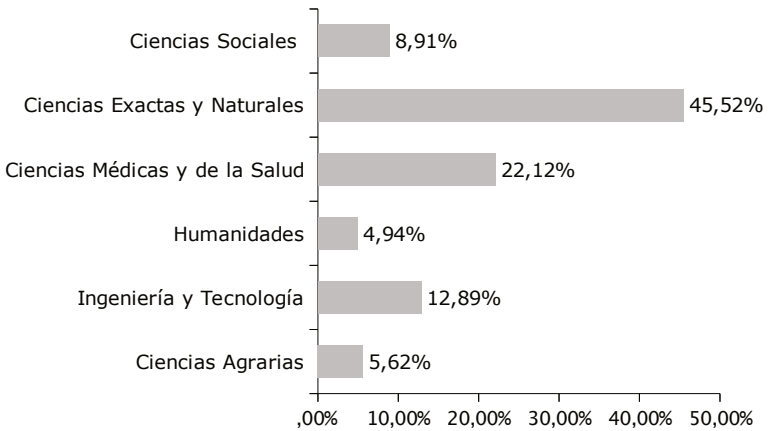

**Fuente: Elaboración propia basado en Conicyt 2019**

## D. Producción Científica Nacional por Área de Conocimiento

Lo primero que debe llamar nuestra atención cuando analizamos la distribución de la investigación de acuerdo a publicaciones indexadas en áreas específicas del conocimiento es que la investigación de todas aquellas áreas vinculadas al conocimiento científico-tecnológico (Ciencias Exactas y Naturales, Ciencias Médicas y de la Salud, Ingeniería y Tecnología, Ciencias Agrarias), representa el 85,73% del total, mientras que la producción científica en Humanidades y Ciencias Sociales llega sólo al

13,85%. Es importante que tengamos en cuenta que esta desigualdad en la producción tiene su fundamento en el financiamiento que se entrega a las determinadas áreas, de modo que se grafica con claridad que del escaso presupuesto destinado a la investigación en Chile, las Ciencias Sociales y las Humanidades tienen un déficit relevante.[9]

**Gráfico 11. Distribución de la investigación universitaria por áreas 2008-2019 (%)**



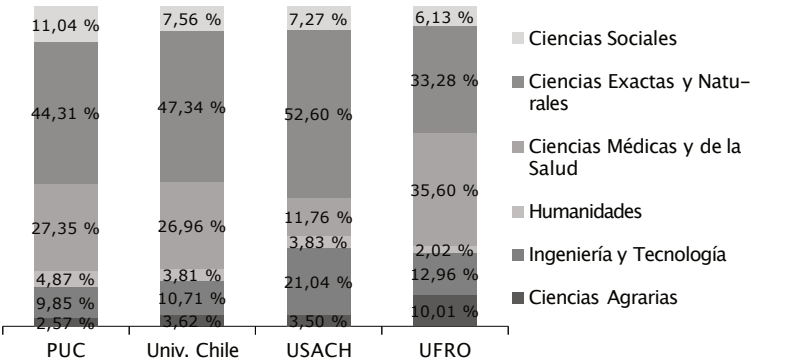

**Fuente: Conicyt**

Esta realidad, evidentemente y como vemos en el siguiente gráfico (Gráfico 12), se da también al interior de la producción de cada universidad. Mostramos acá los datos para cuatro universidades chilenas que siguen el modelo de universidad humboldteana (Pontificia Universidad Católica de Chile, Universidad de Chile, Universidad de Santiago y Universidad de la Frontera de Temuco). Como vemos, el comportamiento de las dos universidades más importantes (PUC y U. de Chile) son bastante similares, aunque la PUC ha destinado mayores esfuerzos a la investigación en Ciencias Sociales y Humanidades.[10]

[9] Amar D., Mauricio (2019): "Las prioridades...", op. Cit.

[10] Idem.

**Gráfico 12. Distribución de la investigación universitaria por áreas en Universidades 2008-2019 (%)**




**Fuente: Conicyt**

Tenemos, entonces, por una parte, la marcada diferencia entre producción científica entre Humanidades y Ciencias Exactas y Naturales, cosa que forma parte de un paradigma de comprensión del desarrollo científico que ignora el valor de las humanidades para el propio entendimiento del desarrollo científico en general. En 2016, en el proceso de creación del Ministerio de Ciencia y Tecnología, investigadores en humanidades protestaron por no ser incluidos en la discusión y diseño del proyecto, intentando visibilizar la desproporción del financiamiento público a la investigación.

En esa ocasión, la académica Claudia Zapata planteó: "*Pareciera que la formación de sujetos críticos y la discusión en torno a los marcos sociales y normativos que nos rigen, con el consecuente aporte que esto significa para la profundización de una democracia tan imperfecta como la nuestra, no es suficiente. Y nosotros reivindicamos eso, el enorme aporte de nuestras disciplinas humanistas y artísticas en la construcción de una memoria social activa, una ciudadanía crítica, con capacidad para incidir en el presente y en el futuro de nuestras sociedades*"[11].

Debido la sobre-representación de Santiago en la producción de artículos académicos, la fisonomía del promedio nacional es muy

[11] El Mostrador, 16.06.2016. URL: https://m.elmostrador.cl/cultura/2016/06/16/cientificos-en-humanidades-acusan-al-gobierno-de-discutir-a-sus-espaldas-creacion-del-ministerio-de-la-ciencia/

similar al de Santiago, que es aproximadamente un 45% de publicaciones en temas de Ciencias Naturales.

Por el peso e importancia de las Ciencias Naturales en la proporción total de artículos, puede medirse el resto de las regiones. Todas las regiones del norte grande y chico tienen producciones en esta área sobre el promedio nacional, algunas considerablemente mayores (Atacama y Coquimbo). Misma situación es observada en el extremo sur (Los Ríos a Magallanes), donde esta área supera ampliamente el promedio nacional, en especial en las regiones extremas de Aysén y Magallanes.

En el caso del centro sur (Valparaíso hasta la Araucanía), O'Higgins, Maule y Araucanía están bajo el promedio nacional. Por contraste, Valparaíso y Biobío tienen una producción superior al promedio. Puede plantearse, a manera de hipótesis, que la cercanía a centro con mayor productividad científica, como Santiago, Valparaíso y Concepción merma la producción científica en esta áreas de las ciencias naturales de las regiones colindantes.

En segundo término, están las Ciencias Médicas y de la salud con un 22% aproximadamente. Solo la región Metropolitana y la Araucanía están sobre el promedio nacional. Un segundo grupo se aproxima al promedio nacional, como son los casos de Arica-Parinacota, Tarapacá, O'Higgins y Maule, que hablaría de un polo en el extremo norte y otro en la zona central. El resto de las regiones muestra promedios muy por debajo del promedio nacional en esta áreas específica. Mención especial en este último grupo, son las regiones de Atacama (5,2%) y Aysén (2,8%) que muestran una brecha enorme respecto del promedio nacional.

La tercera área de conocimiento respecto de su relevancia, con casi el 13% es la Ingeniería y Tecnología. Una primera mirada entrega que éstas se concentran en la zona central en el promedio o superiores, que va desde Valparaíso a la Araucanía. El resto de las regiones del extremo norte y sur tienen promedios muy inferiores al nacional.

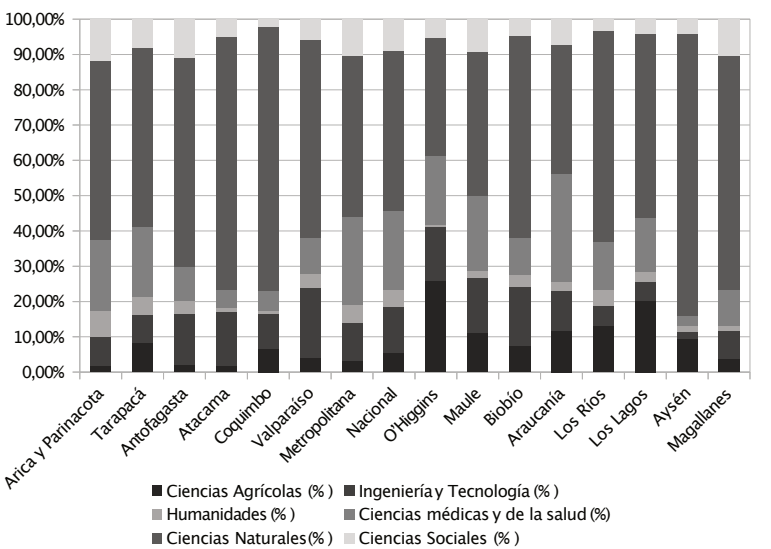
En lo que respecta a las Ciencias Agrícolas, esta representa un promedio nacional cercano al 5%. En todas aquellas regiones más desérticas del norte grande y chico (con la excepción de Tarapacá) y extremo sur (Magallanes), además de los grandes aglomerados urbanos de Santiago y Valparaíso (con la excepción del Biobío), la producción en inferior al promedio nacional. El resto de las regiones muestra promedios que duplican el promedio nacional, y

en el caso de Los Lagos cuadruplica y de O'Higgins quintuplica el promedio nacional.

Las otras dos áreas de publicaciones académicas son las Humanidades con alrededor de un 5% y las Ciencias Sociales con un 9% aproximadamente. En el caso de las Humanidades, hay dos centros importantes, Santiago y el norte grande (Arica-Parinacota y Tarapacá) que muestran promedios superiores al nacional. El resto del país, toda su producción es inferior al promedio nacional.

Para el caso de las Ciencias Sociales, tenemos que el principal respaldo en su peso en términos netos, es Santiago, como las regiones extremas de Arica-Parinacota, Antofagasta Tarapacá y Magallanes, además del Maule en el valle central. Sorprende el relativo bajo peso de las ciencias sociales en los polos regionales de Valparaíso y Biobío. El resto de las regiones del país están bajo el promedio nacional.[12]

**Gráfico 13: Áreas de Conocimiento Regionales por Publicaciones (2008-2019)**




**Fuente: Elaboración propia basado en Conicyt 2019**

[12] Rivera P., Felipe: "Investigaciones realizadas en Chile...", op. cit.

## E. Producción Científica Nacional por Área en Relación al PIB del Sector Productivo correspondiente, por Región

Estas áreas de estudios y producción científica (medida en artículos académicos), debe ser correlacionada con los sectores productivos de cada región, medidos en función de su aporte al PIB regional, entregando un modelo de análisis[13] (Gráfico 14).

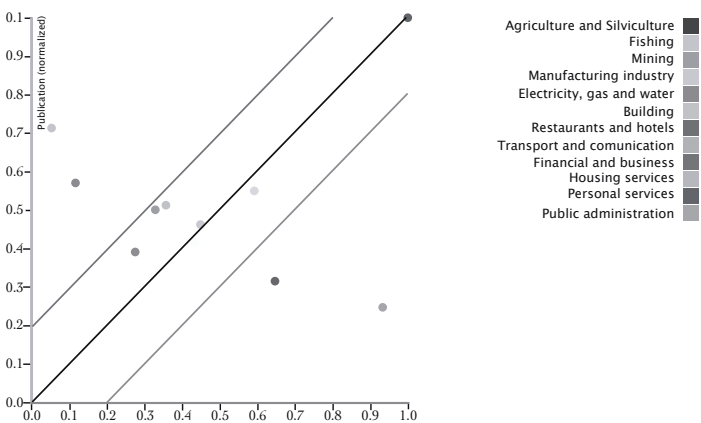
El primer modelo es la zona de Equilibrio, es decir, donde la producción científica encuentra una relación equivalente en términos de su aporte al PIB regional, que se corresponde a la diagonal que nace desde el vértice inferior izquierdo.

Un segundo modelo es el triángulo superior o zona de Investigación+ Desarrollo, es decir, mucha mayor producción científica respecto a la contribución de ese sector al PIB regional, que implica un potencial de crecimiento

Finalmente, está el triángulo inferior o zona de Desafíos Productivos, es decir, sectores productivos cuyo aporte al PIB regional no encuentran el suficiente correlato en el desarrollo en investigación académica.

A continuación se revisarán cada una de las 15 regiones (excluyendo la región del Ñuble, pues para el lapso de tiempo seleccionado para el análisis, esta no existía) (Gráficos 14 al 28).

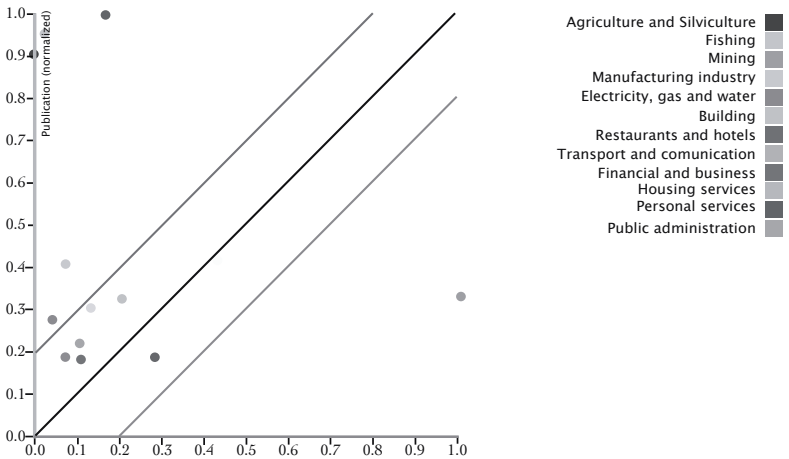
**Gráfico 14: Producción científica y sectores productivos Región de Arica-Parinacota (2008-2019)**




**Fuente: Conicyt 2019**

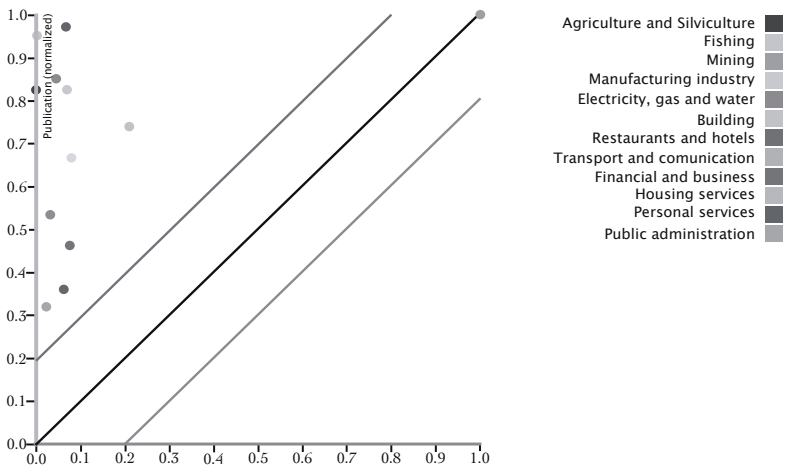
[13] Idem.

**Gráfico 15: Producción científica y sectores productivos Región de Tarapacá (2008-2019)**



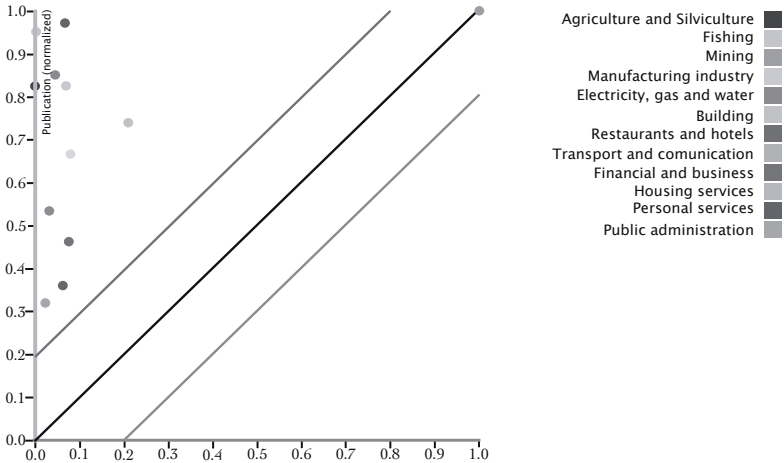

**Fuente: Conicyt 2019**

**Gráfico 16: Producción científica y sectores productivos Región de Antofagasta (2008-2019)**



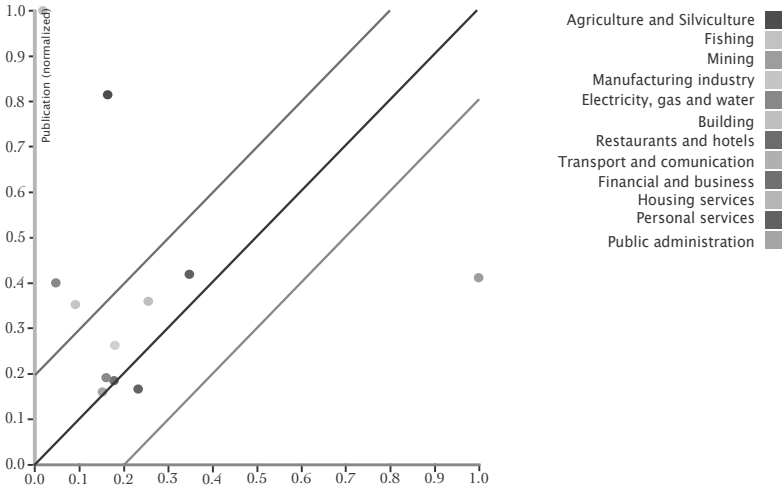

**Fuente: Conicyt 2019**

**Gráfico 17: Producción científica y sectores productivos Región de Atacama (2008-2019)**



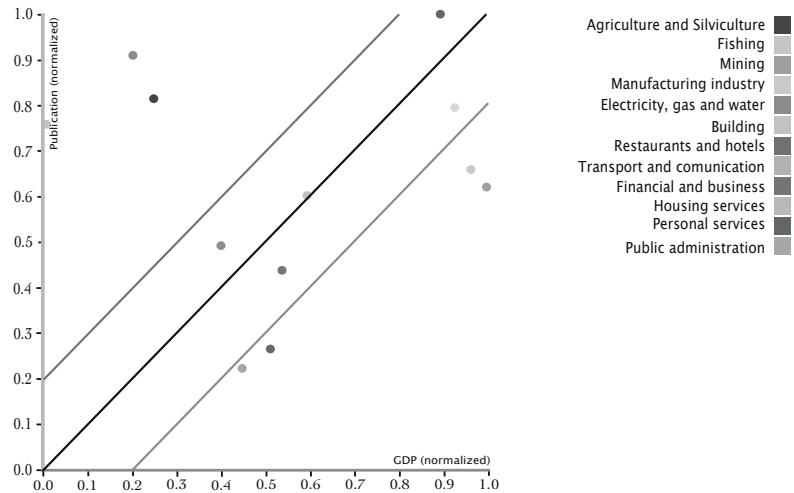

**Fuente: Conicyt 2019**

**Gráfico 18: Producción científica y sectores productivos Región de Coquimbo (2008-2019)**



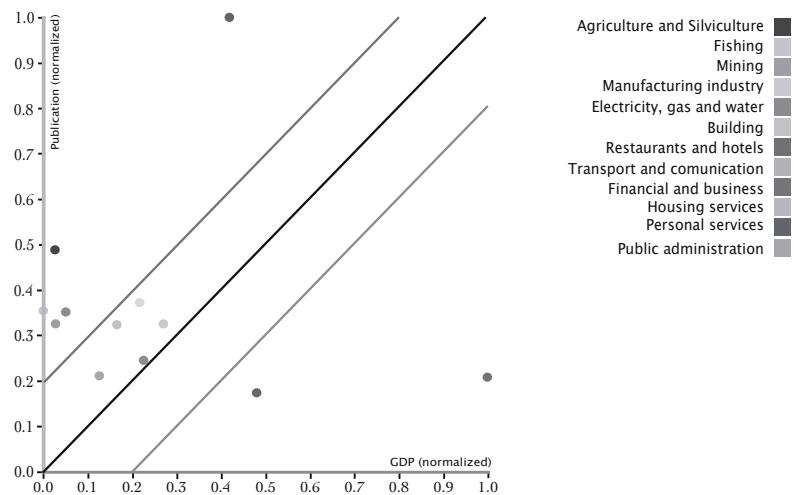

**Fuente: Conicyt 2019**

**Gráfico 19: Producción científica y sectores productivos Región de Valparaíso (2008-2019)**



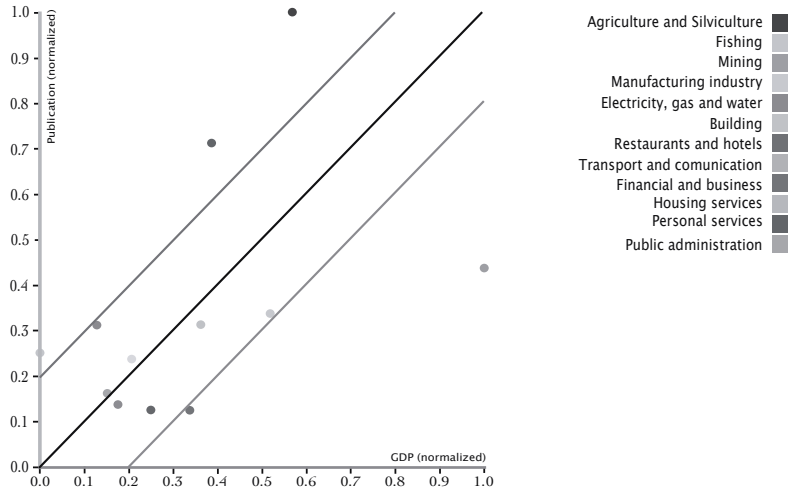

**Fuente: Conicyt 2019**

**Gráfico 20: Producción científica y sectores productivos Región Metropolitana (2008-2019)**



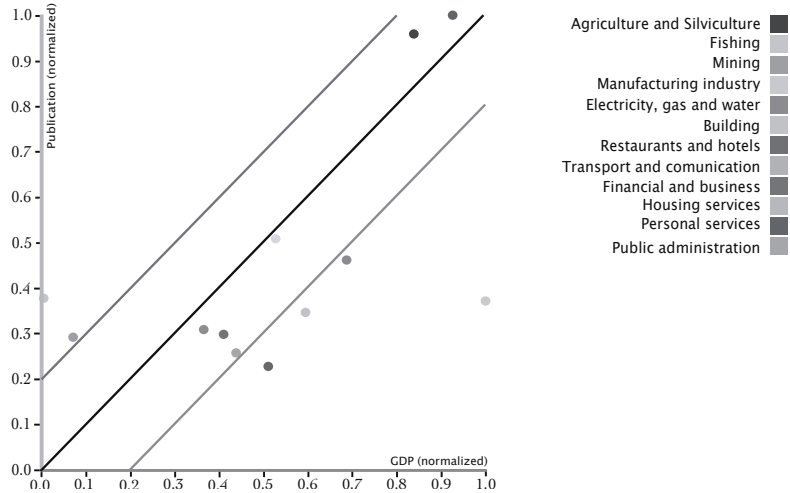

**Fuente: Conicyt 2019**

**Gráfico 21: Producción científica y sectores productivos Región de O'Higgins (2008-2019)**



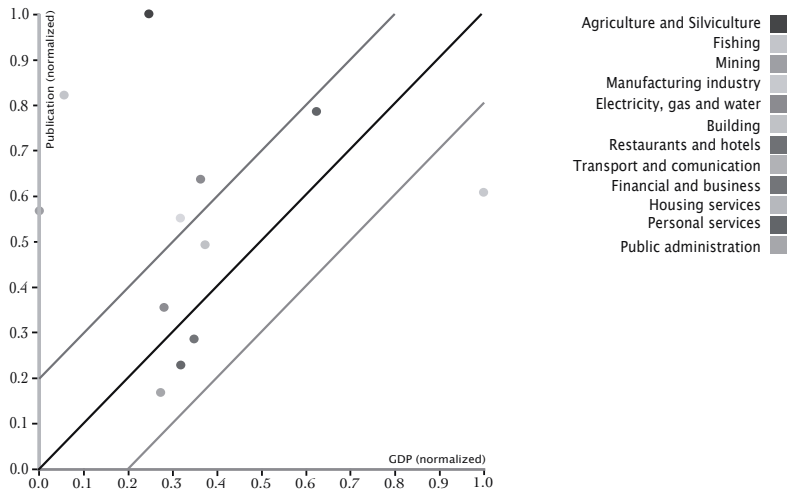

**Fuente: Conicyt 2019**

**Gráfico 22: Producción científica y sectores productivos Región del Maule (2008-2019)**



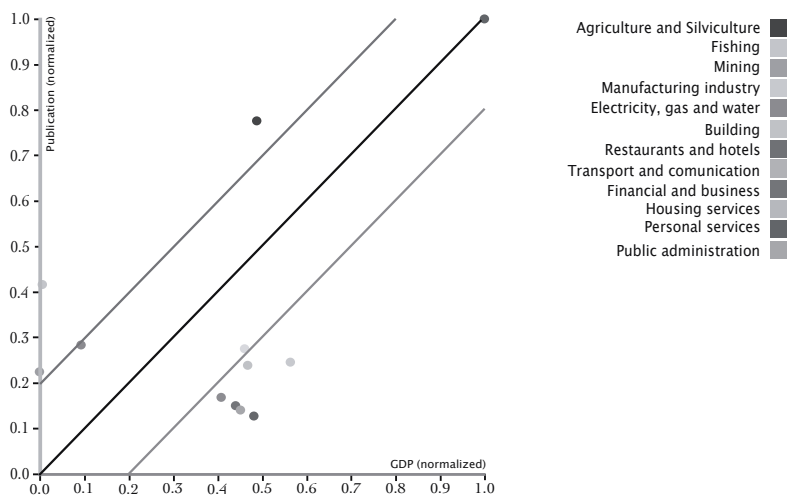

**Fuente: Conicyt 2019**

**Gráfico 23: Producción científica y sectores productivos Región del Biobío (2008-2019)**



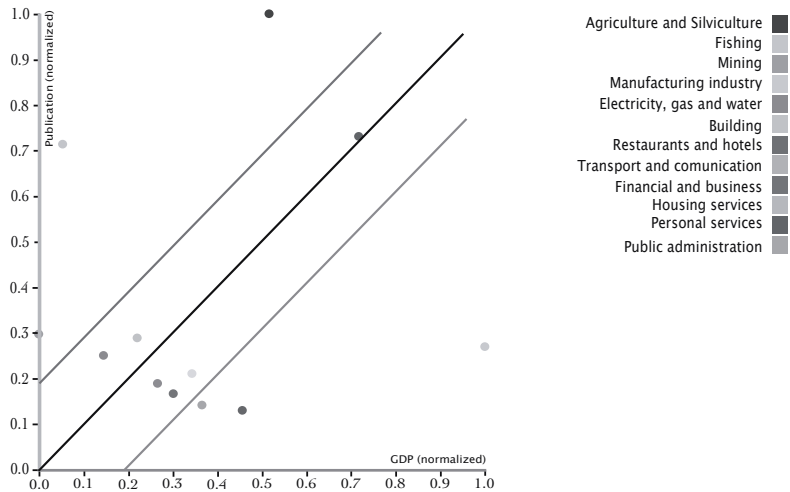

**Fuente: Conicyt 2019**

**Gráfico 24: Producción científica y sectores productivos Región de La Araucanía (2008-2019)**



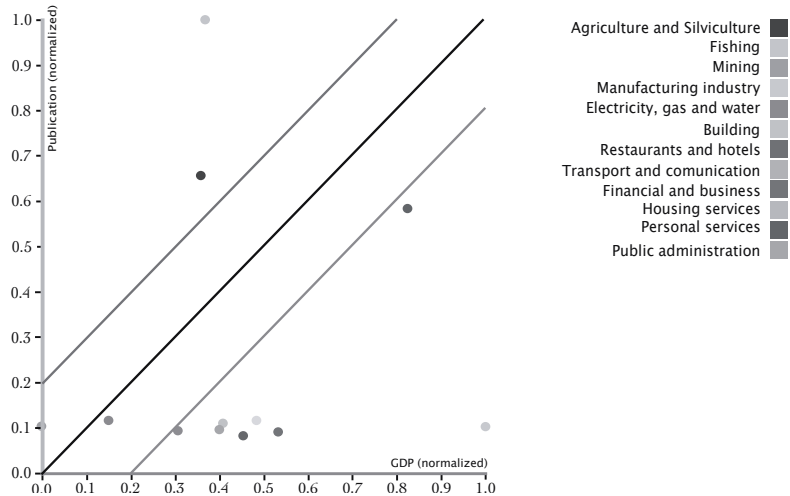

**Fuente: Conicyt 2019**

**Gráfico 25: Producción científica y sectores productivos Región de Los Ríos (2008-2019)**



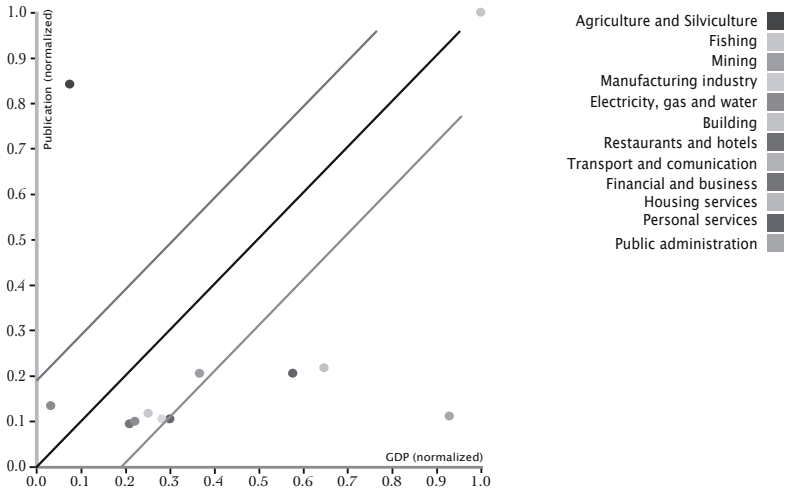

**Fuente: Conicyt 2019**

**Gráfico 26: Producción científica y sectores productivos Región de Los Lagos (2008-2019)**



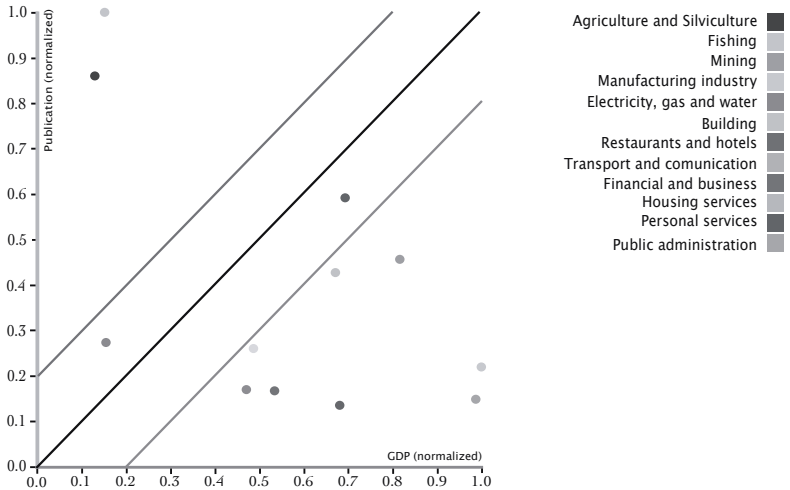

**Fuente: Conicyt 2019**

**Gráfico 27: Producción científica y sectores productivos Región de Aysén (2008-2019)**




**Fuente: Conicyt 2019**

**Gráfico 28: Producción científica y sectores productivos Región de Magallanes (2008-2019)**




**Fuente: Conicyt 2019**

## Conclusión

Para finalizar, como principal conclusión de todo este análisis, es que se puede establecer una correlación, que permitiría definir el medio ambiente más propicio para el desarrollo científico, que podría definirse en las siguientes variables:

- Concentración poblacional, pues las ciudades metropolitanas aparecen como actores principales de localización del conocimiento y desarrollo científico.
- Capacidad de retención de capital humano avanzado, pues la pérdida de este complota en el desarrollo de la investigación científica.
- Sector(es) económico pujante que se vinculen a la investigación científica, generando zonas de equilibrio entre impacto en el PIB regional e investigación científica.
- Presencia y permanencia de instituciones de educación superior en las regiones, que evidencie una vocación regional de dichas instituciones, que son justamente donde el CRUCH tiene mayor peso.

Medicina Genómica

# Conceptos clave, derecho internacional, legislación comparada, planes nacionales e institucionalidad

*Autores: Christine Weidenslaufer, Rafael Torres, Rafael Hernández, Virginie Loiseau*
*Equipo de Asesores, Biblioteca del Congreso Nacional*

## Introducción

En este artículo se analiza la regulación comparada de la genómica, incluyendo institucionalidad existente y antecedentes para la comprensión de la temática.

La fase actual de la revolución biotecnológica conlleva la posibilidad de alterar de manera estructural la dotación genética de los seres vivos, incluidos los humanos, lo que suscita expectativas, temores e interrogantes.

Diversos países y organismos, incluyendo la Unión Europea, han adoptado políticas públicas, soluciones normativas y decisiones de política económica tendentes a la promoción de la investigación biomédica.

Las traducciones son propias.

## 1. La genómica y otros conceptos

### 1. 1. Genómica, genoma, genes y ADN

Según el Instituto Nacional de Investigación del Genoma Humano (*National Human Genome Research Institute – NHGRI*)

de EE.UU., la "Genómica" es –en su más breve definición– "el estudio de todos los genes de una persona (el genoma), incluyendo las interacciones mutuas de dichos genes y con el entorno de la persona".[1]

Por su parte, para Velázquez, citando a otros autores, el "Genoma" se define como "el conjunto de todos los genes de los 23 pares de cromosomas que tiene el núcleo de las células de cada persona y que contiene todos sus caracteres genéticos y su patrimonio hereditario" (Hernández–Vela, 1999) "es todo el conjunto de genes que viene empaquetado en veintitrés pares de cromosomas distintos" (Ridley, 2002).[2] En resumen, es el conjunto completo de ADN[3] de un organismo.

El Ácido Deoxirribonucleico (ADN) es el compuesto químico que contiene las instrucciones necesarias para desarrollar y dirigir las actividades de casi todos los organismos vivos. Las moléculas de ADN están constituidas por dos secuencias pareadas de nucleótidos, arrolladas una en torno a la otra, a veces llamada la "doble hélice". Casi todas las células del cuerpo contienen una copia completa de aproximadamente tres mil millones de pares de bases[4], o "letras", que constituyen el genoma humano. Estas "letras" contienen las instrucciones para construir todo el cuerpo humano.[5]

El subconjunto de ADN con la información necesaria para sintetizar un conjunto específico de proteínas es llamado "gen". Cada uno de los 20.000 a 25.000 genes del genoma humano codifica un

---

[1] NHGRI (s/f).

[2] Velázquez (2008:443). Citas internas omitidas.

[3] El Ácido Deoxirribonucleico – ADN– es el compuesto químico que contiene las instrucciones necesarias para desarrollar y dirigir las actividades de casi todos los organismos vivos. Las moléculas de ADN están constituidas por dos secuencias pareadas de nucleótidos, arrolladas una en torno a la otra, a veces llamada la "doble hélice".

[4] Las "bases" (o bases nucleotídicas) son cuatro y comprenden el llamado "alfabeto genético). Ellas son: Adenina (A), Timina (T), Guanina (G) y Citosina (T). Pueden formar largas secuencias lineales (o cadenas) que, al aparearse con otra cadena, lo hacen complementariamente, apareando A con T y C con G, formando una doble cadena helicoidal. La secuencia de pares A–T y C–G son las "letras del alfabeto genético".

[5] NHGRI (s/f).

promedio de tres proteínas. Ubicados en 23 pares de cromosomas, estrechamente arrollados sobre sí mismos en el núcleo de cada célula humana, los genes dirigen la producción de proteínas con la asistencia de enzimas y moléculas mensajeras. La información es copiada en una molécula mensajera llamada ácido ribonucleico mensajero (mARN), que cruza la membrana nuclear y viaja hasta una diminuta máquina nuclear llamada "ribosoma", que lee la información y –según las instrucciones– vincula moléculas (llamadas "aminoácidos") en el orden adecuado para formar una proteína específica.[6]

Las proteínas, a su vez, forman estructuras tales como órganos y tejidos, y controlan reacciones químicas y transportan señales entre células. Si el ADN de una célula es mutado, se producirá una proteína diferente ("anormal") que, tanto puede alterar los procesos naturales y producir enfermedades o cáncer, como puede brindar una nueva oportunidad de explotar nuevas fuentes de energía o brindar protección contra agentes externos invasores.[7]

### 1. 2. La secuenciación de ADN

La secuenciación de ADN es, simplemente, la determinación del orden exacto en que se encuentran las bases en una cadena de ADN. Dado que las bases en una de dichas cadenas se aparean (A–T y C–G), la secuenciación de las bases en una de las cadenas de la doble hélice determina de manera unívoca la secuencia de la cadena complementaria.[8]

La técnica más usada actualmente consiste en la síntesis de nuevas cadenas de nucleótidos a partir de una cadena (de ADN) o trozo de cadena de interés, mediante el uso de una enzima llamada ADN sintetasa, utilizando nucleótidos marcados con una "etiqueta fluorescente" (una molécula pequeña que emite fluorescencia[9]). Cada tipo de nucleótido es etiquetado con una molé-

---

[6] NHGRI (s/f).

[7] NHGRI (s/f).

[8] NHGRI (s/f).

[9] La emisión de fluorescencia consiste en la excitación de una molécula con luz de una determinada longitud de onda, que produce una emisión de luz en una longitud de onda distinta de la usada en la excitación.

cula que fluoresce en una longitud de onda distintiva. Así, excitando los trozos de ADN sintetizado, los distintos tipos de nucleótidos mostrarán sus respectivas posiciones, y apareando trozos cuyas secuencias se superponen, se puede determinar la secuencia de nucleótidos en el ADN sintetizado, que es complementario con la cadena original.[10]

Los investigadores pueden, de esta manera, usar la secuenciación para determinar las variaciones genéticas y/o mutaciones que pueden tener un rol en el desarrollo o progresión de una enfermedad. Un cambio que origine una enfermedad puede involucrar un cambio tan pequeño como la sustitución, eliminación o adición de un único par de bases, hasta la adición de un par o eliminación de miles de pares de bases.[11]

### 1. 3. El análisis genético

La genómica se divide en dos áreas básicas: la genómica estructural, que consiste en la caracterización la naturaleza física de genomas completos y la genómica funcional, que caracteriza el transcriptoma[12] y el proteoma[13].[14]

La directiva primaria del análisis de la genómica estructural es la dilucidación completa y precisa de la secuencia de ADN representativo del genoma haploide[15] de una especie determinada. Cuando esta secuencia es conocida, se abren múltiples posibilidades para el estudio y determinación, mediante el uso de recursos computacionales, de todas las proteínas codificadas, por ejemplo; estudiando otros genomas haploides de la misma población, es posible establecer patrones de variación genética de dicha especie y obtener información acerca de cómo la evolución ha remodelado

[10] NHGRI (s/f).

[11] NHGRI (s/f).

[12] Transcriptoma: es el rango total de los transcriptos producidos por un organismo.

[13] Proteoma: es el conjunto completo de las proteínas codificadas.

[14] Griffiths, A.J.F. *et al*. (2000).

[15] En el núcleo las células somáticas de un individuo normal de cualquier especie, se encuentran dos juegos de cromosomas, uno aportado cada progenitor, el genoma diploide. Un genoma haploide sólo consta de un juego de cromosomas.

su genoma. La genómica estructural habría satisfecho su promesa de proveer secuencias completas de muchos genomas.[16]

La genómica funcional, por su parte, mediante novedosas técnicas moleculares de manipulación de ADN, ha sido capaz de producir transcriptomas completos e identificar el proteoma de una especie determinada.[17]

### 1. 4. El ADN basura

Sólo un 1% del ADN está constituido por genes codificadores de proteínas. El 99% es ADN no codificador, que no provee información para la síntesis de proteínas. En alguna época los investigadores lo denominaron "ADN basura" (*Junk DNA*), es decir, sin un propósito determinado. Una de las hipótesis postulaba que eran resabios o "remanentes evolutivos" en las grandes moléculas de ADN. Sin embargo, lentamente ha surgido evidencia que este ADN es parte integral de la funcionalidad de la célula, particularmente en el control de la actividad de los genes. Por ejemplo, secuencias de nucleótidos determinan cuando se gatilla o se inhibe la actividad de determinados genes. Tales elementos proveen sitios de unión para proteínas especializadas (llamadas factores de transcripción) que pueden activar o inhibir la síntesis de proteínas codificadas por los genes (transcripción).[18]

Dentro del ADN no codificador se encuentran variados tipos de elementos moduladores[19]:

- Promotores (*promoters*): proveen los sitos de unión para la maquinaria proteica que lleva a cabo la transcripción. Los promotores se encuentran típicamente justo delante de un gen en la cadena de ADN.
- Estimuladores (*enhancers*): proveen sitios para proteínas que ayudan a activar la transcripción. Suelen estar delante o detrás del gen que controlan, y a veces lejos de él, en la cadena de ADN.
- Silenciadores (*silencers*): proveen sitios para las proteínas que reprimen la transcripción. Como los estimuladores, pueden

[16] Griffiths, A.J.F. *et al*. (2000).

[17] Griffiths, A.J.F. *et al*. (2000).

[18] NIH (2019).

[19] NIH (2019).

estar delante o detrás del gen que controlan, y a veces lejos de él, en la cadena de ADN.

- Aisladores (*insulators*): proveen sitios para el anclaje de proteínas que controlan la transcripción de varias maneras. Algunos inhiben la acción de los estimuladores (*enhancer–blocker insulators*). Otros evitan cambios estructurales de ADN que reprimen la actividad de los genes (aisladores de barrera). Algunos aisladores pueden funcionar simultáneamente como bloqueadores y como barreras.

Otras regiones del ADN no codificador ejercen su acción sobre la síntesis de distintos tipos de ARN[20]. Algunos elementos importantes de los cromosomas (centrómero y otras estructuras nucleares) también son parte del ADN no codificador[21].

La constatación de la relevancia del ADN restante hace necesario secuenciar el genoma (en lugar de solo observar los 20.000 genes que actualmente se utilizan para diagnóstico en medicina) si se pretende entender realmente el papel de los genes en la salud y la enfermedad[22].

## 2. Antecedentes históricos de la genómica

El campo moderno de la genómica comenzó en la década de 1860 con las observaciones de Gregor Mendel sobre los rasgos hereditarios en las plantas de arvejas, que denominó "factores". Para fines del siglo XIX, los científicos habían identificado hebras enrolladas de ADN en el núcleo de las células, que llamaron "cromosomas", pero no fue sino hasta 1956 que estos determinaron el número de cromosomas humanos.[23]

El término "gen" fue acuñado alrededor de 1910 para reemplazar los "factores" de Mendel. James Watson y Francis Crick identificaron la estructura básica de doble hélice de la molécula de ADN en 1953. En la década de 1960, los genetistas comenzaron

[20] El ácido ribonucleico (ARN) es una molécula químicamente emparentada (una suerte de "primo") del ADN y distintos tipos especializados cumplen importantes funciones en la síntesis de proteínas.

[21] NIH (2019).

[22] Genomics England (s/f–a).

[23] Mehlman (2015:2).

a descubrir los procesos mediante los cuales la información codificada en el genoma humano, o "genotipo", se transformaba en las proteínas responsables de las estructuras y funciones del cuerpo humano, llamadas el "fenotipo". Posteriormente, en la década de 1970, los científicos comenzaron a desarrollar la capacidad de combinar el ADN de diferentes organismos, conocido como ADN recombinante.[24]

A principios de la década de 1990, el Congreso de los Estados Unidos de América autorizó el financiamiento del llamado Proyecto del Genoma Humano (Human Genome Project, HGP), un programa de investigación destinado a catalogar las aproximadamente tres mil millones de unidades de los químicos llamados "nucleótidos" que conforman el genoma humano.[25]

El objetivo del Proyecto era la generación de un recurso que pudiese ser usado en un amplio rango de estudios biomédicos y fue liderado, en los Institutos Nacionales de Ciencias (*National Health Institutes, NIH*), por el NHGRI, y produjo una versión de alta calidad de la secuencia del genoma humano en abril de 2003, por debajo del presupuesto asignado y años antes que lo esperado. La información está disponible gratuitamente para el público en las bases de datos dispuestas al respecto[26].

## 3. Marco Regulatorio Internacional de la Genómica

Como señala Velázquez Elizarrarás[27]:

> A partir de la década de los noventa varias organizaciones intergubernamentales, principalmente las integradas en el sistema de las Naciones Unidas, pusieron especial atención en las consecuencias que tendría el avance biotecnológico del Proyecto Genoma Humano, vislumbrando las posibilidades de ciertas transgresiones a los derechos humanos. Tal preocupación se ve reflejada en la elaboración de una serie de estudios, reuniones y debates así como el pronunciamiento de importantes iniciativas

[24] Mehlman (2015:2).

[25] Mehlman (2015:2).

[26] *Ibídem*

[27] Velázquez (2008:442).

> en torno al tema genómico con la finalidad de plantear soluciones sociales, éticas y legales mediante la emisión de documentos, resoluciones, declaraciones y convenios internacionales enmarcados en el derecho internacional y los derechos humanos […].

### 3. 1. Naciones Unidas

En opinión de Velázquez Elizarrarás, la UNESCO habría sido el primer organismo especializado de las Naciones Unidas en preocuparse y dar respuesta a los problemas que plantea el saber científico. La Declaración Universal sobre el Genoma Humano y los Derechos Humanos de la UNESCO, aprobada el 11 de noviembre de 1997, constituye el instrumento más importante a nivel internacional[28].

Esta Declaración "trasladó conceptos científicos a conceptos legales que el mismo derecho aún no había aprehendido hasta ese momento", ante "la conciencia de un vacío legislativo en el ámbito internacional que protegiera al genoma humano e hiciera el llamado para ser legislado en el ámbito nacional en aquéllos países que no poseyeran disposiciones al respecto […]". Se compone de siete capítulos titulados: la dignidad humana y el genoma humano; el derecho de las personas interesadas; investigaciones sobre el genoma humano; condiciones de ejercicio de la actividad científica; solidaridad y cooperación internacional; fomento de los principios de la declaración; y aplicación de la misma.[29].

En el artículo 1°, la Declaración propone una definición, desde la visión filosófico–jurídica, de "genoma humano" [30], al disponer:

> Artículo 1: El genoma humano es la base de la unidad fundamental de todos los miembros de la familia humana y del reconocimiento de su dignidad intrínseca y su diversidad. En sentido simbólico, el genoma humano es el patrimonio de la humanidad.

Siguiendo al mismo autor, se destaca respecto a la Declaración de 1997 lo siguiente[31]:

---

[28] Velázquez (2008:446).

[29] Velázquez (2008:446).

[30] Velázquez (2008:450).

[31] Velázquez (2008:450–451).

- Según ésta, las investigaciones desarrolladas en torno al genoma humano atañen a la humanidad, a la especie, como conjunto de individuos a los que podría afectar el desarrollo de la genética humana; esto es, que el genoma humano es en sentido simbólico patrimonio común de la humanidad (arts. 1, 10, 12).
- Esta noción de patrimonio de la humanidad exigiría un aprovechamiento compartido equitativo de los conocimientos científicos sobre el genoma humano, que han de redundar en beneficio del conjunto de la humanidad.
- Sin embargo, este principio no excluye que los resultados de la investigación genética puedan ser objeto de derechos de propiedad intelectual (Preámbulo de la Declaración).
- No se podría afirmar que el genoma de cada persona depende de un régimen de propiedad colectiva, por lo que cada individuo tiene derecho al respeto de su dignidad y derechos independientemente de sus características genéticas.
- El genoma humano es por naturaleza evolutivo y está sometido a mutaciones expresadas en distintos modos en función del entorno natural y social de cada persona que comprende su estado de salud individual, condiciones de vida, alimentación y educación (art. 3).
- Establece diversos principios como el del consentimiento (que es consecuencia del derecho a la libertad individual); el derecho de la persona a decidir si se le informa o no de los resultados de los exámenes genéticos y consecuencias (derecho a no saber); la no discriminación a ninguna persona con base en sus características genéticas; el principio de confidencialidad vinculado al respeto de la vida privada; la protección de los derechos humanos y las libertades fundamentales, a través de leyes nacionales y a reserva del estricto respeto del derecho internacional y de los derechos humanos.

Velázquez, citando a Varsi, señala que en 2002 la UNESCO emprendió oficialmente la elaboración de un instrumento internacional sobre los datos genéticos, frente al rápido avance de la genética y la constitución y proliferación de bancos de datos genéticos, el uso de esa información con fines no médicos y reprochables desde la perspectiva ética y la tendencia de países que pretendían efectuar censos genéticos a toda su población. El nuevo documento no abordaría cuestiones éticas de amplio alcance, ya tratados en la declaración universal, "sino que sería

una prolongación de esta última y se centraría en cuestiones específicas acerca de la recolección, procesamiento, almacenamiento y utilización de los datos genéticos, situación que planteaba un tema central de debate internacional"[32].

Así, el 16 de octubre de 2003, se aprueba la Declaración Internacional sobre los Datos Genéticos Humanos de la UNESCO. Este instrumento entregó definiciones sobre el tema, tales como "datos genéticos humanos", es decir, la información sobre las características hereditarias de las personas, obtenida por análisis de ácidos nucleicos u otros análisis científicos (art. 2, y letra i), y "datos proteómicos humanos", esto es, la información relativa a las proteínas de una persona, lo cual incluye su expresión, modificación e interacción (art. 2 letra ii)[33].

Algunas de las disposiciones de la Declaración de 2003 reafirman algunos de los principios y estipulaciones de la declaración universal, como "el respeto de la dignidad humana y la protección de los derechos humanos, individualidad, no discriminación, consentimiento libre e informado, derecho pleno a decidir ser o no informado, privacidad y confidencialidad de los datos, responsabilidad de las personas y entidades que tratan datos genéticos humanos y cooperación internacional"[34].

Por último, del seno de la UNESCO nace un tercer instrumento, la Declaración Universal sobre Bioética y Derechos Humanos de 2005, primer instrumento internacional específico sobre un tema bioético y que contribuyó a la formulación de un gran número de principios fundamentales de bioética. La declaración versa sobre cuestiones éticas relacionadas con la medicina, las ciencias de la vida y las tecnologías conexas teniendo en cuenta las dimensiones

---

[32] Velázquez (2008:453). Citas internas omitidas.

[33] En abril del 2001 nace el Proyecto Proteoma Humano (PPH), coincidente con la primera reunión internacional que se celebró para presentar la Organización del Proteoma Humano, conocida por sus siglas en inglés como HUPO, institución creada para coordinar y estimular todos los estudios proteómicos que se pretenden integrar dentro del proyecto que van desde desarrollos de complejas tecnologías analíticas, construcción de bancos de datos de las expresiones proteicas, integración de datos genómicos y proteómicos, hasta ciertas aplicaciones clínicas como las posibilidades proteómicas en la clasificación de las enfermedades y en el desarrollo de medicamentos. Para más información, véase www.hupo.org (Velázquez (2008:45 cita 17).

[34] Velázquez (2008:454).

sociales, jurídicas y ambientales. Está principalmente dirigida a los Estados y también a los individuos, grupos, comunidades, instituciones y empresas públicas y privadas, cuando proceda[35].

### 3. 2. Consejo de Europa

El Consejo de Europa (COE)[36] ha elaborado una serie de convenios internacionales en el ámbito de los derechos humanos, destacando el Convenio para la Protección de los Derechos Humanos y la Dignidad del Ser Humano con respecto a las Aplicaciones de la Biología y la Medicina, también conocido como Convención Europea sobre los Derechos Humanos y la Biomedicina, Convenio de Bioética, Convenio de Asturias sobre Bioética o Convenio de Oviedo, del año 1997 y vigente desde 1999[37].

Se trata del único instrumento jurídico internacional sobre biomedicina[38]. En el capítulo IV sobre genoma humano se estipula que "las intervenciones sobre el genoma humano solamente podrán efectuarse cuando se tenga por objeto modificarlo por razones preventivas, diagnósticas o terapéuticas y sólo cuando no tenga por finalidad la introducción de una modificación en el genoma de la descendencia (principio de "no modificación del patrimonio genético de la humanidad"). Relativo al debatido tema de las investigaciones con embriones humanos, se previó establecer la prohibición de constituir embriones humanos con fines de experimentación, lo que ocasionó oposición directa de los científicos que lo consideraron un freno a la investigación[39].

---

[35] Velázquez (2008:456). Citas internas omitidas.

[36] Organismo internacional supranacional con sede en Estrasburgo, Francia, creado en 1949, concebido para asegurar la paz y la cooperación política en los países europeos. Es diferente a la Unión Europea y actualmente lo integran 46 países europeos y cinco Estados con calidad de observadores (México, Canadá, EE.UU., Japón y la Santa Sede) (Velázquez (2008:460).

[37] Velázquez (2008:461).

[38] López y otros (2017:326).

[39] Velázquez (2008:461–462).

### 3. 3. Unión Europea

El régimen previsto en la regulación europea se encuentra en el Reglamento General de Protección de Datos[40], de 2016, que entró en vigor el 25 de mayo de 2018. El Reglamento —que viene a sustituir a la anterior Directiva— garantiza la uniformidad normativa de los distintos países de la Unión Europea desde una perspectiva anglosajona, basada en la autorregulación, en la certificación y en la responsabilidad de los gestores del tratamiento de los datos[41].

Por primera vez, en esta normativa —de carácter general, que se aplica al tratamiento de cualquier dato de carácter personal, incluyendo los datos de salud y los genéticos— se hace una referencia específica al tratamiento de los datos genéticos y, además, en cualquier contexto, incluyendo, por tanto, el ámbito de la investigación biomédica[42].

Artículo 9
Tratamiento de categorías especiales de datos personales

1. Quedan prohibidos el tratamiento de datos personales que revelen el origen étnico o racial, las opiniones políticas, las convicciones religiosas o filosóficas, o la afiliación sindical, y el tratamiento de datos genéticos, datos biométricos dirigidos a identificar de manera unívoca a una persona física, datos relativos a la salud o datos relativos a la vida sexual o las orientación sexuales de una persona física.
2. El apartado 1 no será de aplicación cuando concurra una de las circunstancias siguientes:
   h) el tratamiento es necesario para fines de medicina preventiva o laboral, evaluación de la capacidad laboral del trabajador, diagnóstico médico, prestación de asistencia o tratamiento de tipo sanitario o social, o gestión de los sistemas y servicios de

[40] Reglamento (UE) 2016/679 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 27 de abril de 2016, relativo a la protección de las personas físicas en lo que respecta al tratamiento de datos personales y a la libre circulación de estos datos y por el que se deroga la Directiva 95/46/CE (Reglamento general de protección de datos).

[41] Senado [España], (2019:33).

[42] Senado [España], (2019:33).

asistencia sanitaria y social, sobre la base del Derecho de la Unión o de los Estados miembros o en virtud de un contrato con un profesional sanitario y sin perjuicio de las condiciones y garantías contempladas en el apartado 3 […].

El Reglamento recoge el objetivo de la Unión Europea de fomentar la integración de datos en grandes sistemas europeas y mejorar el acceso para los investigadores, de integrar la investigación y la práctica clínica, y de poner el conocimiento a disposición de los distintos países[43].

Sin embargo, el artículo 89 del Reglamento se remite a la normativa interna de los Estados, que tendrán que desarrollar estas previsiones en su propia normativa nacional, aunque en la línea de facilitar la investigación trasnacional y adoptar medidas particulares para cada caso concreto, deben tener en cuenta los riesgos e intereses en juego (pseudonimización)[44].

## 4. La medicina genómica en la experiencia comparada

En el ámbito de la genómica, un campo de especial interés para los países es el de la medicina genómica.

La Medicina Personalizada de Precisión (MPP) o Medicina Genómica es[45]:

Un modelo, un procedimiento o una metodología de atención médica que personaliza las diferencias individuales del paciente en todas sus fases, desde la prevención, el diagnóstico y el tratamiento hasta el monitoreo posterior al tratamiento. Utiliza información biológica y biomarcadores al nivel molecular de la enfermedad, genética, proteómica, así como metabolómica.

Esta nueva forma de enfocar la práctica clínica se basaría "en el conocimiento de las reacciones individuales de los pacientes respecto al desarrollo de una enfermedad y de su respuesta al tratamiento, por un lado; y en el conocimiento del pronóstico de tal enfermedad en virtud de las características biológicas de cada persona, por otro". Gracias a estos conocimientos, sería posible aplicar tratamientos precisos según las necesidades individuales

[43] Senado [España], (2019:33).

[44] Senado [España] (2019:33).

[45] Romeo *et al* (2018:22).

de cada paciente (en particular con medicamentos adecuados a dichas características o farmacogenética) y reducir los efectos secundarios no deseados.[46]

Para desarrollar una estrategia nacional sobre medicina genómica y de precisión, los países interesados observan con atención lo realizado por aquellos que llevan la vanguardia. Por ejemplo, en España, con el fin de recopilar información, se citó a diversos expertos en la materia para que comparecieran ante la Comisión de Sanidad, Consumo y Bienestar Social del Senado. Entre ellos, Carmen Ayuso García, Directora del Instituto de Investigación Biomédica de la Fundación Jiménez Díaz (IIS–FJD) y Jefa del Servicio de Genética en el Hospital Universitario Fundación Jiménez Díaz destacó la necesidad de contar con un Plan Nacional, al estilo de los existentes en otros países europeos, como Francia e Inglaterra, o en Estados Unidos de América (EE.UU.), así como también desarrollar programas específicos.[47]

Con este fin, Ayuso García citó las Recomendaciones del Consejo de la Unión Europea del año 2015[48]. En forma resumida, estas Recomendaciones invitan a los Estados Miembros a:

Apoyar el acceso a una medicina genómica clínicamente efectiva y sostenible económicamente.

- Usar la información genómica en el ámbito de la salud pública, de acuerdo con los ordenamientos jurídicos nacionales vigentes sobre datos personales y genómica.
- Impulsar estrategias de comunicación sobre salud pública para sensibilizar al público en relación con los beneficios y los riesgos de la medicina personalizada, apoyando el acceso oportuno a métodos de diagnóstico innovadores y a mejores tratamientos.
- Facilitar la formación de profesionales sanitarios en medicina personalizada.
- Fomentar la cooperación en el intercambio, recopilación y estandarización de datos para elaborar investigaciones en medicina especializada.

---

[46] Romeo *et al* (2018:21–22).

[47] Comparecencia a la sesión del día 9 de enero de 2018 (Senado [España], 2019:15).

[48] Consejo de la Unión Europea, Conclusiones del Consejo sobre la medicina personalizada para pacientes (2015/C 421/03).

- Fomentar la interacción interdisciplinar y de especialistas en genética.
- Desarrollar procedimientos para evaluar las repercusiones de la medicina personalizada.
- Reconocer el potencial de los biobancos clínicos, al amparo de la legislación sobre protección de datos.
- Estudiar el intercambio de información y mejores prácticas para apoyar el acceso apropiado de los pacientes a medicamentos personalizados y la sostenibilidad de los sistemas sanitarios;
- Estudiar el desarrollo de planteamientos a largo plazo, desde la perspectiva de la salud pública, a los retos asociados al acceso a la medicina personalizada.

Asimismo, el señalado Plan para España debiera contemplar, de acuerdo a Ayuso García[49]:

- La especialidad de genética.
- La formación de los profesionales.
- Una estructura de servicios (que, además de genetistas clínicos y genetistas moleculares o citogenéticos, debe contar con bioinformáticos y consejeros genéticos).
- Dotación tecnológica (plataformas propias, internas, espacio de almacenamiento de datos, sistemas de información y análisis, integración en la historia clínica electrónica).
- Más controles de calidad que validen técnicas y procesos.

Llerena Ruiz, en su comparecencia ante la misma comisión referida, señaló que, desde la emblemática iniciativa del Presidente Obama, diversos países han desarrollado proyectos o programas sobre la materia, con el fin de intentar integrar la Medicina Genómica en el ámbito clínico. Entre ellos destacó a Alemania (plan *The Medicine Personalized: a new way in Research and Health Care* de 2010); Reino Unido (*Genomic England 100.000 Genomes* de 2012); Francia (plan *France Medicine Génomique 2025*) y Suiza (*Swiss Personalized Health Network Iniciative* de 2017)[50].

En conclusión de Llerena Ruiz, habría tres modelos de estrategias o programas nacionales de medicina genómica[51]:

---

[49] Senado [España], (2019:15).

[50] Senado [España], (2019:29).

[51] Senado [España], (2019:29).

[D]os modelos opuestos, el inglés —basado en centros asistenciales del sistema de salud— y el francés —a través de doce grandes plataformas no asistenciales y un gran centro de secuenciación de datos, fuera del sistema sanitario, pero al que prestan servicio—; y un tercer modelo intermedio, el suizo —de tipo colaborativo, que integra distintos centros con actividad genómica, con un gran centro de coordinación y análisis nacional—.

A continuación, se detallará los planes nacionales de medicina genómica en EE.UU., Reino Unido y Francia.

## 4. 1. Estados Unidos de América

### a. Plan nacional de medicina genómica

En el ámbito de las políticas públicas, a inicios del año 2015, el Presidente Barack Obama[52] anunció un programa llamado Iniciativa de Medicina de Precisión (*Precision Medicine Initiative*, PMI), para entender cómo la genética, el ambiente y el estilo de vida de una persona pueden ayudar a determinar la mejor forma de prevenir o tratar una enfermedad[53].

El presupuesto de dicha iniciativa, para el año 2016, habría rondado los 215 millones de dólares, de los cuales 130 millones de dólares estaban destinados al NIH para el desarrollo de un grupo nacional de investigación de más de un millón de voluntarios; 70 millones de dólares al Instituto Nacional del Cáncer (*National Cancer Institute,* NCI) para ampliar los esfuerzos en el proceso de identificar conductores genómicos en el cáncer; 10 millones de dólares al *FDA Curated Database and Expertise* con el fin de adquirir experiencia adicional y avanzar en el desarrollo de bases de datos curadas de alta calidad; y 5 millones de dólares para el *Office of National Coodinator and Interoperability* para apoyar en el desarrollo de estándares y requisitos de interoperabilidad que aborden temas

[52] Obama, como Senador del Estado de Illinois, ya había presentado en el año 2006 un proyecto de ley denominado *Genomic and Perzonalized Medicine Act* (GPMA), el cual pretendía dar soporte institucional al desarrollo de la MPP, que no prosperó.

[53] Romeo et al (2018:95).

de privacidad y permitan asegurar el intercambio de información entre los sistemas[54].

**b. Legislación sobre medicina genómica**

En el año 2008, el Congreso aprobó la Ley de No Discriminación de la Información Genética (*Genetic Information Nondiscrimination Act*, GINA), cuyo propósito es proteger a los estadounidenses de toda discriminación basada en su información genética, específicamente en relación a los seguros de salud y al empleo[55].

GINA establece un piso de protección mínima contra la discriminación genética y no impide que las leyes estatales establezcan protecciones más estrictas. De este modo, existe un mosaico de leyes estatales cuyo objetivo es proteger a los estadounidenses de la discriminación genética, aunque estas leyes varían ampliamente en cuanto al alcance, la aplicabilidad y la cantidad de protección proporcionada[56].

Las primeras leyes estatales se centraron en condiciones genéticas particulares. Por ejemplo, Carolina del Norte fue el primer Estado en prohibir la discriminación basada en la presencia del rasgo de células falciformes y en 1991, Wisconsin fue el primer estado en prevenir la discriminación basada en pruebas genéticas. En el 2017, 48 estados y el Distrito de Columbia habrían aprobado leyes que previenen la discriminación genética por parte de los proveedores de seguros de salud, siendo la excepción Mississippi y Washington. Asimismo, 35 estados y el Distrito de Columbia poseerían legislación que previene la discriminación genética en el empleo[57].

Algunos estados han aprobado leyes que van más allá del alcance de GINA, para prohibir la discriminación genética para otros seguros, como los seguros de vida, de invalidez y de cuidados a largo plazo. Así, en 2011, California aprobó la Ley de no discriminación de información genética de California (*California Genetic Information Nondiscrimination Act*, CalGINA), que extendió la protección frente a la discriminación genética en los servicios

[54] Romeo et al (2018:95).

[55] Romeo *et al* (2018:96).

[56] NHGRI (2017).

[57] NHGRI (2017).

médicos de emergencia, vivienda, préstamos hipotecarios, educación y otros programas financiados por el Estado. En la actualidad, 17 estados tienen leyes adicionales que restringen el uso de información genética para determinar la cobertura del seguro de vida, 17 estados para el seguro por discapacidad y ocho estados para el seguro de atención a largo plazo[58].

Luego, a nivel federal, en 2016 se aprobó la Ley de Curas del Siglo XXI (*21st Century Cures Act*), la que fue calificada en su momento como el proyecto de ley más importante del año. Dicha ley tiene como propósitos: (a) promover y dar recursos económicos a la aceleración de proyectos de investigación en el área de prevención y cura de enfermedades graves, (b) acelerar el desarrollo de medicamentos y dispositivos médicos, (c) intentar abordar la crisis del abuso de opioides, (d) tratar de mejorar el suministro de servicios de salud mental, (e) propiciar la interoperabilidad y adopción de los registros de salud en formato electrónico (EHRs) y (f) el apoyo a programas de servicios humanos[59].

La Ley de Curas proporciona a los Institutos Nacionales de Salud (*National Institutes of Health*, NIH) la flexibilidad y los recursos necesarios para cumplir su misión de mejorar la salud de los estadounidenses. En particular, la Ley de Curas implementa medidas para[60]:

- Aliviar las cargas administrativas que pueden prolongar el inicio de los ensayos clínicos.
- Permitir que los investigadores asistan más fácilmente a conferencias científicas donde la colaboración en persona a menudo puede llevar a avances científicos,
- Mejorar el intercambio de datos entre los investigadores apoyados por los NIH.
- Mejorar la protección de la privacidad de los voluntarios en proyectos de investigación.
- Fomentar la inclusión de diversas poblaciones representadas en la investigación clínica.
- Abrir nuevas oportunidades de financiamiento de los NIH para jóvenes investigadores.

[58] NHGRI (2017).

[59] Romeo *et al* (2018:96–97).

[60] NIH (s/f).

Además, la Ley de Curas del Siglo XXI proporciona financiamiento multianual (el Fondo de Innovación) a cuatro iniciativas científicas altamente innovadoras: (a) el programa de investigación *All of Us*, para recopilar datos de más de un millón de personas en los EE.UU. para acelerar la investigación y mejorar la salud; (b) la Iniciativa de Investigación Cerebral a través de Avances en Neurotecnologías Innovadoras (*Brain Research through Advancing Innovative Neurotechnologies*, BRAIN), que busca comprender mejor cómo el cerebro codifica, almacena y recupera información, lo que transformará la capacidad de diagnosticar y tratar trastornos neurológicos/mentales; (c) el *Cancer Moonshot*, que acelerar la investigación del cáncer para ofrecer más terapias a más pacientes, al tiempo que mejora la capacidad para prevenir el cáncer y detectarlo en una etapa temprana; y (d) el Proyecto de Innovación de Medicina Regenerativa (*Regenerative Medicine Innovation Project*), que apoya la investigación clínica en coordinación con la FDA utilizando células madre adultas para promover el campo de la medicina regenerativa[61].

La Ley de Curaciones asignó fondos a los NIH por los siguientes 10 años, por un total de $ 4,8 mil millones de dólares. El financiamiento debe ser aprobado cada año[62].

### c. Institucionalidad de medicina genómica

La agencia pública federal encargada de la investigación en genómica es el Instituto Nacional de Investigación del Genoma Humano (*National Human Genome Research Institute*, NHGRI), que forma parte de los Institutos Nacionales de Salud (*National Institutes of Health*, NIH).

En términos amplios, el NIH es una agencia que forma parte de los órganos operativos del Ministerio de Salud –símil a los servicios públicos dependientes de un ministerio, en Chile[63]–, constituida para encargarse de la investigación médica. Su misión es buscar "conocimiento que resulte esencial acerca de la naturaleza y comportamiento de los sistemas vivos, y la aplicación de aquel

[61] NIH (s/f).

[62] NIH (s/f).

[63] Según organigrama del ministerio de salud de EE.UU. (HHS, 2018).

conocimiento para mejorar la salud, extender la vida, y reducir las enfermedades y discapacidades"[64].

Para llevar a cabo esto, se dedica principalmente a:

i) conducir investigación en sus propios laboratorios;
ii) patrocinar la investigación de científicos no–gubernamentales en universidades, centros médicos, hospitales, e instituciones de investigación en el país y el extranjero;
iii) colaborar en la formación de investigadores; y
iv) fomentar la comunicación de la información médica y de la salud.

El NIH cubre diversas áreas de la salud y la medicina, y por tanto comprende bajo su tutela 27 centros e institutos, uno de los cuales es el NHGRI[65].

El NHGRI fue creado en 1989 para liderar el Proyecto Genoma Humano (HGP, por sus siglas en inglés), que, como ya se señaló, buscó "mapear" la secuencia del genoma humano. A lo largo de la década de los noventa, el organismo fue expandiendo su rol, desde la dedicación exclusiva al HGP hasta la aplicación de tecnologías genómicas en el estudio de enfermedades específicas, o el entendimiento de componentes genéticos en los trastornos complejos[66].

Posteriormente, en 1997 se eleva su estatus a instituto de investigación del NIH lo que le permite interactuar con otras agencias federales, así como compartir el mismo rango con los otros institutos y centros de investigación del NIH. Con la culminación del Proyecto Genoma Humano en 2003, y la publicación abierta para todo el mundo de los datos del genoma humano, el NHGRI se dedicado a conducir y financiar investigación para descubrir el rol que el genoma juega en la salud y enfermedades humanas. Adicionalmente, también respalda investigación relativa a las complejidades éticas, legales y sociales de la genómica[67].

El organismo está encabezado por su director –Jefe de Servicio– y se organiza principalmente en función de la División de Investigación Interna (*Division of Intramural Research)*, del Programa de

[64] NIH (2017).

[65] NIH (2018).

[66] NHGRI (2018a).

[67] NHGRI (2018a).

Investigación Externa (*Extramural Research Program*) y de otras divisiones con funciones de línea –de Gestión, y de Políticas, Comunicación y Educación–. La primera refiere a la investigación en los propios laboratorios del NHGRI, en el campus de Bethesda (Maryland), mientras que el segundo se dirige a la provisión de becas o concesiones. Cuenta con un Consejo Nacional Asesor para la Investigación del Genoma Humano (*National Advisory Council for Human Genome Research*, NACHGR), el que se reúne tres veces al año y actúa como órgano de consulta para definir los proyectos a financiar y las prioridades del programa para cada año.

El financiamiento del organismo proviene del presupuesto anual del sector público aprobado por el Congreso. El presupuesto del NHGRI apoya diversa investigación externa, incluidos los esfuerzos para caracterizar y secuenciar los genomas de otros organismos; investigaciones en curso en ciencia y tecnología genéticas; y un amplio programa que explora las implicaciones éticas, legales y sociales de la investigación genética, que provee información para la creación de recomendaciones de políticas sobre el uso de la información genética, así como para la investigación clínica sobre las causas genéticas de las enfermedades. Además, el NHGRI financia oportunidades de educación y capacitación para fomentar el desarrollo de la próxima generación de científicos genéticos[68].

## 4. 2. Reino Unido

### a. Plan nacional de medicina genómica

Con el fin de llevar los beneficios de la genómica a los pacientes del Servicio Nacional de Salud (*National Health Service,* NHS[69]), el Primer Ministro David Cameron lanzó en 2012 el Proyecto Genomic England 100.000 Genomes, con el objetivo de secuenciar el genoma de 100.000 pacientes del NHS, con enfermedades raras –y sus familiares– y con cáncer, antes de 2017[70].

---

[68] NHGRI (2018b).

[69] El NHS es el servicio de salud pública del Reino Unido, de cobertura universal y cuyas prestaciones son prácticamente en su totalidad gratuitas. Comenzó a funcionar en 1948.

[70] Genomics England (s/f–a:3).

En el ámbito de la genómica, la iniciativa tenía cinco objetivos principales[71]:

- Beneficiar a los pacientes proporcionando un diagnóstico clínico y, al mismo tiempo, tratamientos nuevos o más efectivos;
- Proporcionar nuevos conocimientos y descubrimientos científicos;
- Acelerar la incorporación de la medicina genómica en el NHS;
- Estimular y mejorar la industria y la inversión del Reino Unido; e,
- Incrementar el conocimiento y el apoyo público a la medicina genómica.

Según el sitio web del Proyecto, ya se habrían secuenciado más de 90.000 genomas completos. Los resultados estarían comenzando a entregarse a las personas que participaron en la primera parte del Proyecto, pero para quienes recién se han incorporado al mismo los resultados no les serán entregados antes de un año o más[72].

Pueden acceder a los datos proporcionados por el Proyecto, los médicos, enfermeras y otros profesionales de la salud en los Centros de Medicina Genómica del NHS que tienen acceso a la información de sus pacientes. Esto permite al personal clínico ver los resultados o hallazgos de la secuenciación del genoma completo de los pacientes bajo su cuidado[73]. Los científicos y el personal clínico podrían acceder a los datos para mejorar el diagnóstico de enfermedades raras, para comprender cómo la genómica impacta en la salud y la asistencia sanitaria; para sugerir qué tratamientos podrían funcionar mejor para un individuo y para entender mejor las causas de la enfermedad y para desarrollar nuevos tratamientos[74].

En cambio, todo investigador (o empresa u organización de investigación) debe solicitar el acceso a (una parte de) los datos genómicos y de salud identificados en el centro de datos, debiendo para ello identificarse. Luego, su solicitud es revisada por un Comité de Revisión de Acceso independiente. Si se aprueba su solicitud, se le otorga acceso seguro al centro de datos a través de una computadora virtual y toda su actividad es monitoreada y registrada, además de tener obligación de confidencialidad. Además,

[71] Genomics England (2017).

[72] Genomics England (s/f–c).

[73] Genomics England (s/f–d).

[74] Genomics England (s/f–e).

Genomics England tiene estrictos contratos con cada compañía, que conllevan multas si se incumplen los términos. Estas empresas son Congenica, ICON, illumina, Fabric Genomics (anteriormente conocida como Omicia) y WuxiNextCode[75].

**b. Legislación sobre medicina genómica**

A medida que el Proyecto 100.000 Genomas se acerca a su fin, en un informe del año 2018, el Comité de Ciencia y Tecnología de la Cámara de los Comunes recomendó al Gobierno evaluar formalmente la introducción en el NHS de la secuenciación completa del genoma. Según el informe, el presente Proyecto podría ser un modelo para los futuros proyectos del "Programa de Investigación Avanzada en Salud", como se sugiere en la Estrategia Industrial de Ciencias de la Vida[76].

Si bien no existe actualmente una legislación específica para la medicina genómica en el Reino Unido, desde el año 2018, la Ley de Protección de Datos (*Data Protection Act 2018*) regula el uso de datos personales en la atención médica y en la investigación, y por primera vez reconoce explícitamente la categoría de "datos genéticos" para estos efectos[77].

En el ámbito de los seguros, el Gobierno británico celebró un Concordato (Acuerdo) y una Moratoria sobre Genética y Seguros con la Asociación Británica de Aseguradores (vigente hasta noviembre de 2019).

El Concordato está diseñado para equilibrar las necesidades de los consumidores de tener el justo derecho a acceder a seguros, con la necesidad de un mercado de seguros comercialmente viable, de largo plazo y justo. Bajo el Concordato, las aseguradoras aceptan que los resultados de las pruebas genéticas solo son relevantes para los seguros de vida, de enfermedades críticas y de protección de ingresos. No se requerirá que los clientes divulguen los resultados de pruebas genéticas predictivas para pólizas que cubran hasta 500.000 libras esterlinas por seguros de vida, o hasta 300.000 libras esterlinas para seguros de enfermedades críticas o

[75] Genomics England (s/f–d).

[76] House of Commons (2018:48).

[77] PHG Foundation (2019).

seguros de protección de ingresos. Por encima de estos límites, las aseguradoras pueden buscar información sobre los resultados de pruebas específicas aprobadas por el Gobierno (hasta la fecha del informe solo se había aprobado para la enfermedad de Huntington, cuyo seguro de vida supera los 500.000 libras esterlinas)[78].

De acuerdo a lo dispuesto en el Concordato y la Moratoria, en ellos se preserva el principio de que, a menos que se acuerde lo contrario, las compañías de seguros deben tener acceso a toda la información relevante que les permita evaluar de manera justa el riesgo en interés de todos sus clientes. Por lo tanto, si un cliente de seguro de vida sabe (a partir de información médica, antecedentes familiares o pruebas) de un riesgo específico para su salud, éste debe ser divulgado en circunstancias normales. Si el riesgo no se revela, la compañía de seguros podría enfrentar reclamaciones de indemnizaciones cada vez más costosas de lo que pudo haber asumido en el precio de sus pólizas de seguro. Esto podría potencialmente afectar el precio futuro o la disponibilidad de cobertura de seguros para todos[79].

El enfoque actual funcionaría en la práctica, asegura el Concordato y Moratoria, porque el número de políticas afectadas por la no divulgación de los resultados de las pruebas genéticas predictivas parece ser bajo. Esto permite que los clientes que han tenido resultados adversos de pruebas genéticas predictivas obtengan niveles significativos de cobertura, al tiempo que se protege a los clientes de aseguradores individuales de las consecuencias de reclamos extremadamente altos, que no han sido valorados[80].

### c. Institucionalidad de medicina genómica

En el Reino Unido, a diferencia de Estados Unidos, no se dispone de una agencia gubernamental constituida especialmente para dedicarse a la genómica. En su lugar, se ha dispuesto el establecimiento de una entidad llamada Genomics England, creada exclusivamente para ocuparse del Proyecto *Genomic England 100.000 Genomes*. Debido a que se trata de un proyecto, *Genomics*

[78] House of Commons (2018:35).

[79] HM Government and ABI (2014:2).

[80] HM Government and ABI (2014:2).

*England* es formalmente la razón social de una empresa creada en 2013 cuyo único accionista es el Ministerio de Salud (*Department of Health & Social Care*)[81]; no es formalmente parte de la orgánica de la Administración Pública.

En el contexto del mismo proyecto, se crearon 13 centros de referencia entre los hospitales de excelencia con tradición genómica dentro del Servicio Nacional de Salud (*National Health Service,* NHS[82]). De hecho, *Genomics England* fue lanzada en 2013 con motivo de la celebración del 65° aniversario del NHS.

Los trece Centros de Medicina Genómica (*Genomics Medicine Centres*, GMC) tienen como función recolectar muestras de extractos de ADN, capturar información clínica que permita interpretar la secuencia genómica, y generar infraestructura que vaya permitiendo que la medicina genómica se vuelva parte rutinaria de las prestaciones del NHS. Todo esto bajo el principio de consentimiento y provisión de información a los pacientes y familiares, que participan del proyecto. Cada uno de estos centros cubre áreas geográficas de varios millones de habitantes, y abarca varios hospitales y centros de salud adscritos al NHS. Las muestras de ADN captadas por los GMC son posteriormente enviadas a una compañía privada de biotecnología, *Illumina*, que realiza su secuenciación completa y se las remite a *Genomics England*. Los datos son analizados por la infraestructura técnica dispuesta por el programa, y cualquier hallazgo relevante, como posibles diagnósticos, por ejemplo, son remitidos al doctor que atiende al paciente correspondiente.

Para colaborar en el análisis de los datos e ir mejorando el funcionamiento del programa, se ha creado una instancia denominada Consorcio para la Interpretación Clínica de *Genomics England* (*Genomics England Clinical Interpretation Partnership*, GeCIP). En ella, participan investigadores y profesionales; más de 2.600 personas han firmado para formar parte de la misma, constituyendo además 42 "dominios" funcionales o referentes a tipos de enfer-

[81] Genomics England (s/f–b).

[82] El NHS es el servicio de salud pública del Reino Unido, de cobertura universal y cuyas prestaciones son prácticamente en su totalidad gratuitas. Comenzó a funcionar en 1948.

medades[83]. Si bien, el foco principal está puesto en el tratamiento clínico, la investigación también se dirige complementariamente a asuntos médicos, informáticos o sociales.

Respecto a su gobernanza, la instancia máxima de *Genomics England* es el directorio, que supervisa todas las actividades, ratifica las decisiones más importantes, y fija la estrategia general de la organización[84]. Asimismo, el directorio cuenta con comités consultivos –en Ética, Acceso a la Información y Científico–. El proyecto es financiado principalmente con recursos del NHS, que a su vez provienen del Ministerio de Salud.

Asimismo, se ha establecido un Directorio Nacional de Genómica (*National Genomics Board*), que ejerce políticamente como supervisor. Fue establecido recientemente (2018), por lo que no aún no existe mayor impacto tras su constitución. Además, en octubre de 2018 el Ministro de Salud anunció nuevos planes para, en un plazo de cinco años, aumentar la secuenciación a cinco millones de genomas a lo largo del Reino Unido.

### 4. 3. Francia

#### a. Plan nacional de medicina genómica

En la misma línea de los programas lanzados en el Reino Unido en 2012 y en los EE.UU. en 2014, a través de un plan nacional de medicina genómica Francia busca construir un sistema médico e industrial para introducir la medicina de precisión en la atención médica y desarrollar un marco nacional en esta materia[85].

En abril de 2015, el Primer Ministro francés, Manuel Valls, envió una carta misión al presidente de la Alianza Nacional Francesa para las Ciencias de la Vida y de la Salud (*Alliance pour les sciences de la vie et de la santé, Aviesan*), alianza creada en el año 2009 y que agrupa a las principales partes interesadas en estas materias, para que examinara las condiciones necesarias para la utilización del secuenciación del genoma en la práctica clínica. La Alianza Aviesan

[83] Lista de dominios clínicos de GeCIP. Disponible en: http://bcn.cl/2a0cx (junio, 2019).

[84] Genomics England (s/f–f).

[85] Aviesan (s/f:1).

reunió a más de 200 personas para establecer el Plan France Médicine Génomique 2025 (PFMG 2025). Este Plan fue entregado el 22 de junio de 2016 al Primer Ministro, cuyo Gobierno suscribió la conclusión del Plan entregado y anunció el otorgamiento de los medios necesarios para su éxito: 670 millones de euros a lo largo de 5 años[86].

Desde un punto de vista operativo, el PFMG 2025 está organizado en tres objetivos y 14 proyectos, cuya implementación está garantizada por la Alianza Aviesan[87]. Los tres objetivos son: (a) posicionar a Francia como país líder en Medicina Personalizada, (b) integrar la secuenciación genómica en la práctica clínica (secuenciar 235.000 genomas al año en Francia para el año 2020), y (c) convertir a la Medicina Personalizada en un vector de desarrollo científico, tecnológico y económico. Las tres medidas estratégicas iniciales del Plan son: "la creación de doce grandes plataformas de secuenciación genómica de alta capacidad, un gran centro de gestión de análisis y almacenamiento de datos que dé servicio a los profesionales sanitarios, y, por último, disponer de una historia clínica estandarizada e interoperable en todo el territorio francés"[88].

Las plataformas del PFMG 2025 están diseñadas para integrar la secuenciación genómica de muy alta velocidad en la trayectoria de atención al paciente. Estas indicaciones previas deben provenir de avances científicos y estar basadas en una transferencia de la investigación hacia la atención médica. Este procedimiento también permite ampliar el número de plataformas activas antes de hacer surgir un verdadero sector de la medicina genómica a escala nacional[89].

En febrero de 2019, la Alianza Aviesan anunció que, tras la constitución de las dos primeras plataformas del PFMG 2015 (los consorcios SeqOIA y AURAGEN), se alcanzaba un nuevo hito: 12 indicaciones previas de cánceres y enfermedades raras, las cuales se evaluarán durante 6 meses dentro de estas plataformas, para la introducción de la secuenciación del genoma completo de alto

[86] Aviesan (2019a).

[87] Aviesan (2019a).

[88] Aviesan (s/f:1).

[89] Firendo (2019).

rendimiento en la práctica clínica. Ahora, los dos proyectos de plataformas seleccionados en primera instancia en 2017, SeqOIA y AURAGEN, podrán centrarse en las indicaciones clínicas piloto (o "indicaciones previas") [90].

**b. Legislación sobre medicina genómica**

En cuanto al uso de los datos genéticos, el legislador francés definió el alcance de las intervenciones genómicas y prohibiendo absolutamente ciertas prácticas. De este modo, la prescripción de pruebas genéticas está estrictamente regulada por la ley.

La Ley de bioética del 6 de agosto de 2004 (complementada por la Ley de bioética del 7 de julio de 2011), modificó una serie de normativas, principalmente el Código Civil (CC), el Código Penal (CP), el Código de la Salud Pública (CSP) y el Código del Trabajo (CT), entre otros, en las siguientes materias:

- Restricciones a los fines de los exámenes genéticos: Los artículos 16–10 y 16–11 CC permiten el examen del genoma de una persona solo con fines de investigación médica y científica (en cuyo caso se recopila el consentimiento informado). También permite la identificación del ADN con fines judiciales. Realizar estos exámenes con otros fines están penalmente sancionado (art. L. 1133–2 CSP)[91].

  Los exámenes realizados en el ámbito médico están destinados a: preguntar, confirmar o refutar el diagnóstico de una enfermedad genética; para buscar las características de uno o más genes que pueden estar en el origen del desarrollo de una enfermedad en una persona o de los miembros de su familia; o para adaptar la atención médica de un paciente según sus características genéticas[92]. En la misma lógica, está prohibido que una persona utilice pruebas genéticas fuera del ámbito médico, incluidas las disponibles a través de Internet (art. 226–28–1 CP)[93].
- Salvaguardas específicas en la realización de estos exámenes:

[90] Firendo (2019).

[91] Etats généraux de la bioéthique (s/f).

[92] Etats généraux de la bioéthique (s/f).

[93] Conseil d'État (2018:145).

La persona debe dar su consentimiento expreso por escrito respecto a la naturaleza y el propósito del examen genético, y tiene la posibilidad de rechazar, en cualquier momento, que se le comunique los resultados del examen (arts. R. 1131–4, R. 1131–5 y R. 1131–19 CSP). Además, pocos profesionales están autorizados para realizar y analizar tales pruebas: solo ciertos laboratorios autorizados (art. L. 1131–2–1 CSP) y, dentro de ellos, solo los profesionales autorizados (art. L. 1131–3 CSP) pueden llevar a cabo tales exámenes y solo el médico que prescribe la prueba está autorizado para comunicar los resultados (art. L. 1131–1–3 CSP)[94].

- Información obligatoria a los miembros de la familia cuando se detecta una anomalía genética grave que puede ser objeto de medidas de prevención o atención (art. L. 1131–1–2 CSP)[95]. Esta información puede ser proporcionada directamente por el paciente o, si se niega, anónimamente por mediación del médico. Este procedimiento se extiende a los niños nacidos de la donación de gametos o de embriones de la persona examinada (art. L. 1131–2 CSP)[96].
- Prohibición del uso indebido de pruebas genéticas: Se prohíbe cualquier discriminación debido a características genéticas (art. 16–13 CC, art. 225–1 CP), especialmente en el contexto de las relaciones laborales, es decir, la discriminación en la contratación en razón de características genéticas (art. L. 1132 CT). Los bancos y las compañías de seguros no pueden tener en cuenta estas características, incluso si el interesado las transmite voluntariamente (art. L. 1141–1 CSP)[97].
- Pruebas y prácticas genéticas prohibidas: El artículo 16–4 CC prohíbe cualquier práctica eugenésica tendiente a la organización de la selección de personas, la clonación reproductiva y la transformación de los rasgos genéticos para cambiar la descendencia de la persona. Estas prohibiciones también están estipu-

[94] Conseil d'État (2018:146).

[95] La misma norma específica que esta condición no se cumple cuando, según una alta probabilidad, la afección diagnosticada no es susceptible de atención que permita evitar la enfermedad, retrasar el inicio o disminuir su severidad.

[96] Conseil d'État (2018:146).

[97] Conseil d'État (2018:146).

ladas en el Convenio de Oviedo, ratificado por Francia. Durante la revisión de 2011, también se prohibió la creación de embriones transgénicos y quiméricos[98].

Sin embargo, en opinión del Consejo de Estado francés, nuevos temas planteados por la evolución de las técnicas genéticas son los siguientes[99]:

a). Secuenciación de la próxima generación: Si bien la primera secuenciación completa del ADN humano requirió 13 años de trabajo (1990–2003), movilizó a 20.000 científicos y costó 3 mil millones, ahora es posible estudiar el exoma (los 25.000 genes de un paciente) rápidamente y a un costo razonable (app. 1.500 euros), y pronto, apuntar solo a genes previamente identificados. Este desarrollo, alentado por las autoridades públicas como parte del PMGF 2025, que prevé la creación de 12 plataformas de secuenciación genómica de alto rendimiento, conlleva varias consecuencias:

i) En primer lugar, tal progreso tecnológico trivializa el uso de pruebas genéticas, incluso fuera del campo médico, particularmente en Internet, donde cada vez más sitios extranjeros ofrecen dichas pruebas para diversos fines (pruebas recreativas, genealógicas, de paternidad, etc.).

ii) En segundo lugar, la secuenciación de alto rendimiento, en el sentido de que puede conducir a un análisis de todo el genoma, es probable que revele otras anomalías que las que justifican el uso de pruebas genéticas (por ejemplo, una prueba genética para identificar las causas del retraso mental puede conducir a detectar la presencia, en otro gen, de un alelo que expone un alto riesgo de cáncer).

Este problema de descubrimientos incidentales, si bien no es nuevo en medicina, se encuentra en una escala sin precedentes gracias a dicha secuenciación. Sin embargo, la cuestión de la utilidad de informar al paciente de estos descubrimientos incidentales se hace más compleja por el hecho de que las variantes detectadas no necesariamente permiten deducir el desarrollo fenotípico de una enfermedad. La infor-

[98] Etats généraux de la bioéthique (s/f).

[99] Conseil d'État (2018:146–150).

mación proporcionada en este contexto a menudo sigue siendo probabilística, expresada como un mayor riesgo. Además, incluso si la anomalía en cuestión conduce inevitablemente a la aparición de una enfermedad, no es posible determinar con certeza las condiciones de su expresión (edad de inicio e intensidad de los síntomas). En resumen, la revelación de un estado genético a menudo consistirá en una transición de una incertidumbre a otra.

iii) En tercer lugar, la secuenciación de todo el genoma genera datos masivos, cuya reutilización repetida, con fines de investigación, puede plantear cuestiones en cuanto a la protección de los datos genéticos.

b). Las consecuencias de la secuenciación de alto rendimiento en el marco legal actual: la cuestión de mantener la prohibición de las pruebas genéticas fuera del ámbito médico. La banalización de la secuenciación de alto rendimiento y el desarrollo de la medicina preventiva permite reexaminar la relevancia de la prohibición establecida en el artículo 226–28–1 CP, que castiga el hecho de solicitar, fuera de un entorno médico, el examen de sus características genéticas o las de un tercero.

A este respecto, el Consejo de Estado señala que, de levantarse la prohibición (solo en cuanto al examen de los datos genéticos propios), las pruebas genéticas así autorizadas quedarían sujetas a tres conjuntos de normas:

i) El primero está relacionado con la naturaleza comercial del contrato celebrado entre el cliente y su proveedor de servicios, y es válido independientemente del propósito de la prueba. Supone, en particular, la información de la parte contratante sobre las características esenciales del servicio, sobre todo cuando está en juego la salud, así como la prohibición de publicidad engañosa.

ii) El segundo concierne a todas las pruebas, en relación con la protección de datos personales. En su forma actual, estos datos se almacenan necesariamente en el extranjero, bajo la influencia de una legislación a menudo más flexible. Sin embargo, el temor de que se reutilicen para fines distintos al anunciado es mucho más fuerte porque el equilibrio económico de las empresas que proponen dichas pruebas a menudo se basa más en la valoración de los datos recopilados que en el

precio que se les factura a los clientes.

iii) El tercero solo concierne a los exámenes médicos. Este último estaría sujeto al régimen aplicable a los dispositivos médicos in vitro (arts. L. 5221–1 y ss. CSP), lo que los obligaría, en particular, a proporcionar información objetiva a los consumidores (en particular con respecto a las limitaciones de estas pruebas) y demostrar, mediante la auto certificación, la fiabilidad científica y la seguridad de las pruebas propuestas.

Además, en suelo francés, solo los laboratorios que cuentan con una autorización especial, emitida por un período de cinco años por la Agencia Regional de Salud, podrían llevar a cabo tales análisis.

### c. Institucionalidad de medicina genómica

En el caso francés, más que una agencia gubernamental o un programa de investigación específico, se cuenta con una "infraestructura" nacional[100], resultante de la fusión y reestructuración de varios proyectos de investigación, con el objetivo de reforzar las capacidades en genómica y de proveer a la comunidad científica de acceso a las mejores plataformas de investigación.

Esta plataforma nace como resultado de la iniciativa "Inversiones para el Futuro" (*Investissements d'Avenir*), lanzada y auspiciada por el Gobierno francés. Durante los años 2010 y 2011 se sostuvo una convocatoria para proyectos en el área de las ciencias de la vida, desde la cual se buscaba dar forma al programa "Infraestructura Nacional en Biología y Salud". De entre las propuestas recibidas se armaron 23 infraestructuras nacionales en Biología y Salud; entre ellas, de cuatro proyectos presentados, se confeccionó la Infraestructura llamada France Génomique, que como tal, cuenta con financiamiento gubernamental[101].

*France Génomique* es un consorcio que reúne a las principales plataformas de investigación en secuenciación y bioinformática en Francia, al amparo de los siguientes organismos de investigación: la Comisión para Energía Atómica y Energías Alternativas (CEA,

[100] En este entendido, con el término "infraestructura" se hace referencia a infraestructura institucional, o administrativa, más que a infraestructura física.

[101] France Génomique (2019a).

por sus siglas en francés) –que coordina–; el Instituto Nacional para la Investigación en Agricultura (INRA, por sus siglas en francés); el Centro Nacional de Investigación Científica (CNRS, por sus siglas en francés); y el Instituto Nacional para la Educación e Investigación Médica (INSERM, por sus siglas en francés); el Instituto Pasteur; la Universidad de Investigación de Ciencias y Letras de París, (PSL, por sus siglas en francés); y el Instituto de Genética y Biología Molecular y Celular (CERBM–GIE, por sus siglas en francés) en Estrasburgo[102].

La mayoría de las plataformas de bioinformática de *France Genomique* están asociadas al Instituto Francés de Bioinformática (IFB), una infraestructura nacional que también recibió fondos de la iniciativa gubernamental "Inversiones para el Futuro"[103]. Además de las plataformas anteriores, el IFB coordina otras plataformas: las del Instituto Curie, el Centro de Cooperación Internacional en Investigación Agrícola para el Desarrollo (CIRAD, por sus siglas en francés) y de universidades francesas[104].

Esta organización se basa en la agrupación de expertos reconocidos y complementarios, ubicados bajo un gobierno integrado, para ofrecer acceso coordinado con un punto de entrada único a una amplia gama de conocimientos que cubren todas las áreas de las ciencias de la vida (biodiversidad, medicina, agronomía, etc.). Con esto, se le ofrece a la comunidad científica acceso a asesoría y apoyo para sus proyectos, orientación técnica de alto estándar y la oportunidad de participar en proyectos tanto a nivel nacional como intermedio. El establecimiento de un punto de entrada único para la gestión de proyectos de investigación de grande y mediana envergadura, sumado a la disponibilidad para compartir y acceder a equipamiento y experticia, permite a los investigadores organizarse por sí solos para ir creando sus propias capacidades[105].

Así, se observa que el foco no está puesto exclusivamente en la

[102] France Génomique (2019b).

[103] France Génomique (2019f).

[104] IFB (s/f).

[105] France Génomique (2019b).

genómica respecto a sus aplicaciones a la genética humana, sino que incluye numerosas otras áreas en las que también se desarrolla investigación, aplicaciones y nuevas tecnologías en genómica: biodiversidad, microorganismos, plantas, chips, entre otros[106].

La entidad directiva de *France Génomique* es la Comisión Ejecutiva, formada por siete miembros que son nombrados –por un plazo de 3 años– para representar, cada uno, a las distintas plataformas de investigación que componen la infraestructura –CEA, INRA, CNRS, INSERM, entre otras–. Su rol es administrar y asegurar el correcto funcionamiento de la Infraestructura, así como definir su política general y orientación científica[107].

Adicionalmente, se dispone de una Comisión Supervisora, compuesta por los directores de cada una de las mencionadas plataformas de investigación, la que es informada de las decisiones tomadas por la Comisión Ejecutiva, y que cuenta con derecho a veto. Por su parte, se han establecido consejos consultores científicos, conformado uno por colaboradores internacionales, y el otro con el fin de evaluar y seleccionar los proyectos presentados ante la Infraestructura por la comunidad científica[108].

Por último, la Agencia de Biomedicina (*Agence de la biomédecine*), parte del Ministerio de Salud, colabora con las autoridades sanitarias para que todos los pacientes que se enfrentan a una enfermedad genética tengan acceso, en cualquier parte en Francia, a los recursos que ofrece la genética médica: el diagnóstico de enfermedades y la atención de los pacientes. Sus funciones, en general, son las siguientes[109]:

- La autorización de laboratorios y formación de profesionales para las actividades de genética posnatal.
- La evaluación de prácticas y resultados mediante la recopilación y el análisis de datos de los centros de investigación y laboratorios (elabora recomendaciones de buenas prácticas).
- La participación en la organización de la actividad de la genética en el territorio; la colaboración e intercambio de conoci-

[106] France Génomique (2019c).

[107] France Génomique (2019d).

[108] France Génomique (2019e).

[109] Agence de la biomédecine (s/f).

mientos técnicos en genética a grupos de trabajo externos, como los de INCa, HAS o el Ministerio de Salud. También participa en el seguimiento del nuevo Plan Nacional de Enfermedades Raras 2011–2014.

- La observación científica la Agencia de Biomedicina informa regularmente al Parlamento y al Gobierno sobre los avances en genética.

## Referencias

Agence de la biomédecine (s/f). Génétique: une pratique organisée et réglementée. Disponible en: http://bcn.cl/2afed (junio, 2019).

Alliance pour les sciences de la vie et la santé, AVIESAN (s/f). France Genomic Medicine Plan 2025. Disponible en: http://bcn.cl/2afee (junio, 2019).

-- (2019). Toute l'actualité: Plan France médecine génomique 2025. Disponible en: http://bcn.cl/2afeg (junio, 2019).

Consejo de la Unión Europea (2015). Conclusiones del Consejo sobre la medicina personalizada para pacientes (2015/C 421/03). Disponible en: http://bcn.cl/2afeh (junio, 2019).

Conseil d'État (2018). Révision de la loi de bioéthique: quelles options pour demain? Disponible en: http://bcn.cl/2afej (junio, 2019).

Etats généraux de la bioéthique (s/f). Examens génétiques et médecine génomique. Disponible en: http://bcn.cl/2afek (junio, 2019).

Filière Maladies Rares Endocriniennes, FIRENDO (2019). France Médecine Génomique: les premières pré–indications cliniques viennent d'être publiées par Aviesan. Disponible en: http://bcn.cl/2ac9a (junio, 2019).

France Génomique (2019a). France Génomique Infrastructure. Disponible en: http://bcn.cl/2a0gh (junio, 2019).

-- (2019b). Missions of the France Génomique Infrastructure. Disponible en: http://bcn.cl/2a0gy (junio, 2019).

-- (2019c). Areas of expertises. Disponible en: http://bcn.cl/2a0h4 (junio, 2019).

-- (2019d). Executive Committee. Disponible en: http://bcn.cl/2afel (junio, 2019).

-- (2019e). Supervisory Committee. Disponible en: http://bcn.cl/2afem (junio, 2019).

-- (2019f). France Genomic Platforms. Disponible en: http://bcn.cl/2afen (junio, 2019).

Genomics England (s/f–a). Genomics England and the 100,000 Genomes Project. Disponible en: http://bcn.cl/2afeo (junio, 2019).

-- (s/f–b). How we work. Disponible en: http://bcn.cl/2afep (junio, 2019).

-- (s/f–c). Information for participants. Disponible en: http://bcn.cl/2afgf (junio, 2019).

-- (s/f–d). Who has access to the data? Disponible en: http://bcn.cl/2afgr (junio, 2019).

-- (s/f–e). Data Access and Use. Disponible en: http://bcn.cl/2afhg (junio, 2019).

-- (s/f–f). The Genomics England Board. Disponible en: http://bcn.cl/2a0d8 (junio, 2019).

Griffiths, A.J.F. et al. (2000). An Introduction to Genetic Analysis. Seventh edition. New York: W. H. Freeman. Disponible en: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK21766/ (junio, 2019).

HM Government and Association of British Insurers (2014). Concordat and Moratorium on Genetics and Insurance. Disponible en: http://bcn.cl/2ahi4 (junio, 2019).

House of Commons (2018). Genomics and genome editing in the NHS. Third Report of Session 2017–19. Disponible en: http://bcn.cl/2ahil (junio, 2019).

Institut Français de Bioinformatique, IFB (s/f). Welcome to the French Institute of Bioinformatics. Disponible en: https://www.france–bioinformatique.fr/en (junio, 2019).

López Baroni, M.; Marfany, G., de Lecuona, I.; Corcoy, M; Boada, M.; Royes, A.; Santaló, J.; Casado, M. (2017). La edición genómica aplicada a seres humanos: aspectos éticos, jurídicos y sociales. *Revista de Derecho y Genoma Humano. Genética, Biotecnología y Medicina Avanzada*. Núm. 46, Enero Junio 2017. Disponible en: https://2019.vlex.com/#vid/716041861 (junio, 2019).

Mehlman, Maxwell J. (2017). Genomics and the Law. The Oxford Handbook of U.S. Health Law. *Oxford Handbooks Online.*

National Human Genome Research Institute, NHGRI (s/f). A Brief Guide to Genomics. Disponible en: http://bcn.cl/2afer (junio, 2019).

-- (2017). Genetic Discrimination. Disponible en: http://bcn.cl/2afet (junio, 2019).

-- (2018a). NHGRI History and Timeline of Events. Disponible en: http://bcn.cl/2afeu (junio, 2019).

-- (2018b). Budget and Financial Information. Disponible en: http://bcn.cl/2afev (junio, 2019).

National Institutes of Health, NIH (2019). What is noncoding DNA? Disponible en: http://bcn.cl/2afew (junio, 2019).

-- (2018). Disponible en: http://bcn.cl/2a00e (junio, 2019).

-- (2017). Mission and Goals. Disponible en: http://bcn.cl/29zzz (junio, 2019).

PHG Foundation (2019). How does the GDPR apply to genomic data? Disponible en: http://bcn.cl/2ahqr (junio, 2019).

Romeo, Carlos M.; Nicolás, Pilar y de Miguel, Iñigo (2018). Retos éticos y necesidades normativas en la actividad asistencial en Medicina Personalizada de Precisión. Fundación Instituto Roche y Grupo de Investigación Cátedra de Derecho y Genoma Humano de la UPV/EHU. Disponible en: http://bcn.cl/2aff6 (junio, 2019).

Senado [España] (2019). *Boletín Oficial de las Cortes Generales*, XII Legislatura. Núm. 341, 13 de febrero de 2019. Disponible en: http://bcn.cl/2aff7 (junio, 2019).

U.S. Department of Health & Human Services, HHS (2018). HHS Organizational Chart. Disponible en: http://bcn.cl/29zzl (junio, 2019).

Velázquez Elizarrarás, Juan Carlos (2008). El derecho internacional ante los desafíos del genoma humano y la bioética, en el marco de la organización y las declaraciones internacionales. Su proyección al derecho mexicano. Anuario mexicano de derecho internacional, 8, 441–483. Recuperado en 06 de junio de 2019, de http://bcn.cl/2aff8 (junio, 2019).

## Legislación

### 1. Derecho internacional:

- Declaración Universal sobre el Genoma Humano y los Derechos Humanos, UNESCO (1997). Disponible en: http://bcn.cl/1nypr (junio, 2019).
- Declaración Internacional sobre los Datos Genéticos Humanos, UNESCO (2003). Disponible en: http://bcn.cl/1nypr (junio, 2019).

- Declaración Universal sobre Bioética y Derechos Humanos. Disponible en: http://bcn.cl/1nypr (junio, 2019).
- Convenio para la Protección de los Derechos Humanos y la Dignidad del Ser Humano con respecto a las Aplicaciones de la Biología y la Medicina. Disponible en: http://bcn.cl/2affc (junio, 2019).
- Reglamento (UE) 2016/679 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 27 de abril de 2016, relativo a la protección de las personas físicas en lo que respecta al tratamiento de datos personales y a la libre circulación de estos datos y por el que se deroga la Directiva 95/46/CE (Reglamento general de protección de datos). Disponible en: http://bcn.cl/2afff (junio, 2019).

## 2. Derecho nacional:

### 2. 1. Estados Unidos de América

- Ley de No Discriminación de la Información Genética (*Genetic Information Nondiscrimination Act*, GINA). Disponible en: http://bcn.cl/2afet (junio, 2019).
- Ley de Curas del Siglo XXI (*21st Century Cures Act*). Disponible en: http://bcn.cl/2affi (junio, 2019).

### 2. 2. Reino Unido

- Ley de Protección de Datos (*Data Protection Act 2018*). Disponible en: http://bcn.cl/2ahqq (junio, 2019).

### 2. 3. Francia

- Código Civil (*code civil*). Disponible en: http://bcn.cl/2affj (junio, 2019).
- Código Penal (*code pénal*). Disponible en: http://bcn.cl/2affk (junio, 2019).
- Código del Trabajo (*code du travail*). Disponible en: http://bcn.cl/2affl (junio, 2019).
- Código de la Salud Pública (*code de la santé publique*). Disponible en: http://bcn.cl/2affm (junio, 2019).
- Ley de Bioética de 2004 (*Loi de bioéthique du 6 août 2004*). Disponible en: http://bcn.cl/2affn (junio, 2019).

Escenarios Futuros Chile 2050

# La Inteligencia Artificial y el Cambio Climático en los Escenarios Futuros de Chile al 2050

*Coordinador: Juan Pablo Torres*
*Universidad de Chile*

**Escenarios Futuros Chile 2050**

**Comisión Desafíos del Futuro, Ciencia, Tecnología e Innovación del Senado Mesa de Trabajo "Escenarios Futuros Chile 2050"**

**Miembros permanentes de la mesa Inteligencia Artificial y Sociedad:**

- Juan Pablo Torres, PhD en Management Science (Estrategia), University of Warwick, Profesor, Universidad de Chile, Coordinador Subcomisión Escenarios Futuros Chile 2050.
- Juan Velázquez, PhD en Ingeniería de la Información, Universidad de Tokio. Profesor, Universidad de Chile.
- Pedro Maldonado, PhD en Neurociencias, University of Pennsylvania. Profesor Universidad de Chile
- Penélope Longa-Peña, PhD en Astrofísica, University of Warwick. Profesora Universidad de Antofagasta.
- María Andrea Rodríguez, PhD en Ciencias de la Información Espacial, University of Maine. Profesora Universidad de Concepción.

- Gonzalo Valdés, PhD en Management, Stanford University. Profesor, Pontificia Universidad Católica de Chile.
- Rolando de la Cruz, PhD en Estadística, Pontificia Universidad Católica de Chile. Profesor, Universidad Adolfo Ibañez.
- Catalina Amigo, Magíster en Psicología, Universidad Diego Portales. Investigadora CR2 Universidad de Chile.
- Marcela Quiñones, PhD en Psicología, Katholieke Universiteit Leuven, Profesora Universidad de Chile.
- Mariana Bargsted, PhD en Comportamiento Organizacional, Universidad Autónoma de Madrid. Profesora, Universidad Adolfo Ibañez
- Alexis Montecinos, PhD en Economía, Massachusetts Institute of Technology. Profesor, Universidad de Suffolk, Estados Unidos
- Felipe Escandón, Master en Emprendimiento, University College London, Senior Advisor, Innovate UK, Reino Unido
- Karla Padilla, PhD en Químicas biológicas, Universidad Autónoma de Quétaro, Investigadora Instituto de Neurociencias Biométricas, Universidad de Chile
- Pablo Egaña, PhD en Desarrollo Económico Sustentable, Columbia University. Profesor, Universidad Adolfo Ibañez

**Miembros permanentes de la mesa Cambio Climático:**

- Juan Pablo Torres, PhD en Management Science (Estrategia), University of Warwick, Profesor, Universidad de Chile, Coordinador Subcomisión Escenarios Futuros Chile 2050.
- Valentina Durán, Master en Derecho Ambiental, Universidad de Paris I Panthéon-Sorbonne, Profesora Universidad de Chile.
- Martin Thiel, PhD en Oceanografía, University of Maine. Profesor Universidad Católica del Norte
- Anahi Urquiza, PhD en Sociología mención en Geografía, Universidad Ludwig Maximilian de Munich, Alemania, Profesora Universidad de Chile.
- Francisco Calderón, PhD en Física, University of Warwick. Profesor Universidad Católica del Norte.
- Olivia Valdés, Investigadora University of California Davis en Chile
- Jose Opazo PhD en Políticas en Ciencia y tecnología, Universidad de Sussex. Profesor Universidad Adolfo Ibañez.
- Raúl Cordero, PhD en Ciencias Naturales Universidad de

Leibniz, Alemania. Profesor Universidad de Santiago de Chile.
- Fernando Coz, M.Sc. en Environment and Development, University of Edinburgh. UC Davis Chile Life Sciences Innovation Center.
- Alex Godoy, PhD en Ingeniería de Bioprocesos, Pontificia Universidad Católica de Chile. Profesor Universidad del Desarrollo.
- Mauricio Canoles, PhD en Horticultura, Michigan State University. Gerente General UC Davis Chile Life Sciences Innovation Center
- Reinalina Chavarri, Directora Observatorio Sostenibilidad, Universidad de Chile
- Pablo Silva, Magister en Gestión de Recursos Hídricos, Universidad de California, Davis.

**Colaboradores Comisión del Senado**

- Senador Guido Girardi, Senado de Chile.
- Senador Francisco Chahuán, Senado Chile.
- Senador Juan Antonio Coloma, Senado de Chile.
- Senador Alfonso de Urresti, Senado de Chile.
- Senadora Carolina Goic, Senado de Chile.
- Juan Walker, Senado de Chile.
- Marek Hoehn, Biblioteca del Congreso Nacional (BCN).
- Felipe Rivera, Biblioteca del Congreso Nacional (BCN).
- Mauricio Amar, Biblioteca del Congreso Nacional (BCN).

**Colaboradores Rectores y Autoridades Universidades**

- Rector Ennio Vivaldi, Universidad de Chile.
- Rector Ignacio Sánchez, Pontificia Universidad Católica de Chile
- Rector Christian Schmitz, Universidad Católica de la Santísima Concepción.
- María Cecilia Hidalgo, Presidenta Academia Chilena de Ciencias.
- Flavio Salazar, Vicerrector de Investigación y Desarrollo, Universidad de Chile.
- Pedro Bouchon, Vicerrector de Investigación, Pontificia Universidad Católica de Chile
- Adrián Palacios, Vicerrector de Investigación e Innovación, Universidad de Valparaíso.
- Hans Richter, Vicerrector de Investigación, Desarrollo y Creación Artística, Universidad Austral de Chile

- Alvaro Restuccia, Vicerrector de Investigación, Innovación y Postgrado, Universidad de Antofagasta.
- Hugo Salinas, Vicerrector de Investigación y Postgrado, Universidad de Atacama.

**Colaboradores Voluntarios**

- Fernanda Plaza, Coordinadora Ejecutiva, Mesa de Inteligencia Artificial y Sociedad. Investigadora Observatorio de Innovación, Facultad de Economía y Negocios, Universidad de Chile.
- Marco Oporto, Coordinador Ejecutivo, Mesa de Cambio Climático. Investigador Observatorio de Innovación, Facultad de Economía y Negocios, Universidad de Chile.
- Belén Guede, estudiante de Ingeniería en Control de Gestión, Universidad de Chile.
- Agnetha Torres, estudiante Magíster en Políticas Públicas, Universidad de Chile.
- Sebastián Muena, estudiante de Ingeniería Comercial, Universidad de Chile.
- Francisco Núñez, estudiante de Ingeniería Comercial, Universidad de Chile.
- Mario Arce, estudiante de Ingeniería Comercial, Universidad de Chile.
- Enzo Leiva, Ingeniero Civil en Biotecnología Ambiental y MSc Ingeniería Ambiental, Pontificia Universidad Católica de Chile.

## Escenarios Futuros de Chile 2050

### Introducción

La subcomisión de Escenarios Futuros Chile 2050 ha tenido como objetivo construir historias basadas en evidencia científica sobre los potenciales eventos que podrían afectar a la sociedad chilena en un horizonte de plazo al año 2050. La construcción de escenarios entrega desafíos para reflexionar sobre las áreas que el Senado debería estudiar para generar políticas de resiliencia y adaptación en diferentes temas críticos para el país.

Los responsables de la formulación de políticas a menudo se

enfrentan a decisiones estratégicas con resultados futuros inciertos. Estos resultados dependen de una variedad de factores difíciles de predecir más allá de su control. Por lo tanto, tomar decisiones sobre regulaciones bajo condiciones de una profunda incertidumbre es un reto desafiante pero extremadamente necesario de abordar.

La planificación de escenarios se ha desarrollado como un método para representar y hacer frente a incertidumbres profundas que podrían enfrentar organizaciones y sociedades. En las últimas décadas, la planificación de escenarios ha formado un área de creciente interés que ha conectado la academia y la formulación de políticas de los sectores público y privado.

Existe una gran diversidad de enfoques metodológicos para diseñar y usar escenarios en las organizaciones, así como también instituciones que se encargan de generar continuamente escenarios para diferentes tomadores de decisión. Por ejemplo, en Europa está la European Foresight Monitoring Network que proporciona seguimiento de perspectivas en un amplia variedad de casos. También se encuentra Foresight and Governance Project del Woodrow Wilson Center[1] que realiza análisis de escenarios en una variedad de temas globales. El Wilson Center fue creado por el Congreso de Estados Unidos en 1968 para ser un foro político no partidista para abordar problemas globales a través de la investigación independiente y el diálogo abierto para informar ideas prácticas para la comunidad política.

Si bien Chile no tiene un Centro público especializado en identificar nuevas ideas sobre los profundos desafíos geopolíticos que enfrentará Chile en los próximos 50 años, la Comisión del Senado de Desafíos del Futuro, Ciencia, Tecnología e Innovación convocó a un grupo de Rectores y académicos de diferentes áreas de la ciencia para crear un diálogo participativo que entregue al Senado de la República de Chile y a la comunidad nacional un hoja de ruta para establecer los lineamientos básicos de una política nacional de prospección estratégica a desafíos para los próximos 50 o 100 años.

En la primera etapa, un grupo de científicos se ha reunido durante aproximadamente cuatro meses para discutir los diferentes

[1] Ver https://www.wilsoncenter.org

puntos de vista sobre dos temas priorizados por la Comisión del Senado. Este informe resume el trabajo realizado por los científicos sobre los desafíos que se enfrentarán en los escenarios priorizados. En una segunda etapa, el mismo grupo de científicos participará en una sesión con los Senadores de la Comisión Desafíos del Futuro, Ciencia, Tecnología e Innovación y Rectores de diferentes Universidades chilenas para identificar acciones concretas que ayuden a los senadores a priorizar temas de interés al 2050 usando los escenarios y establecer directrices bases sobre cómo trabajar continuamente con planificación de escenarios para crear políticas públicas bajo escenarios de incertidumbre.

La Mesa de Escenarios Futuros Chile 2050 fue convocada por el Presidente de la Comisión Desafíos del Futuro, Ciencia, Tecnología e Innovación del Senado, Senador Guido Girardi, en conjunto con los Senadores de la Comisión Senador Juan Antonio Coloma, Senadora Carolina Goic, Senador Francisco Chahuán, Senador Alfonso De Urresti y Rectores de diferentes universidades chilenas. La Subcomisión de Escenarios Futuros Chile 2050 en sesión con los rectores de las Universidades chilenas prioriza dos mesas de trabajo para planificar escenarios. Estas mesas revisaron los temas de (1) inteligencia artificial y sociedad, y (2) adaptación al cambio climático. A continuación, en la Ilustración 1, se presentan los hitos y actividades del proyecto.

**Ilustración 1: Esquema de actividades del proyecto**

**Fuente: Elaboración propia**

Este informe se divide en 6 partes, la primera parte describe al-

gunas experiencias internacionales usando planificación de escenarios para gestión de políticas públicas y luego se destacan algunas razones de por qué Chile debe establecer una institucionalidad para crear políticas públicas basadas en escenarios. Este documento sigue con la explicación de la metodología de planificación de escenarios y sus fundamentos. Después el documento presenta un resumen de los desafíos destacados por ambas mesas de trabajo que serán utilizadas para crear los escenarios audiovisuales en una segunda etapa. Finalmente se presentan las conclusiones seguidas por los anexos respectivos.

## Escenarios en políticas públicas: Algunas experiencias internacionales.

En el mundo existen muchos países que tienen unidades y organizaciones públicas no partidistas que velan por el desarrollo de escenarios para apoyar el desarrollo de políticas públicas en situaciones ambiguas, con poca información y que pueden tener un gran impacto de largo plazo en las sociedades. No existe una única forma de utilizar la planificación de escenarios para apoyar el desarrollo de políticas públicas. Por ejemplo, la planificación de escenarios podría ser realizada por actores dentro de la administración pública o por personas e instituciones externas. Por ejemplo, se puede contrastar el caso del equipo Foresight project de la Oficina del Gobierno para la Ciencia del gobierno británico con el Wilson Center que es una unidad autónoma en Estados Unidos. En segundo lugar, la unidad encargada de generar escenarios puede tener un mandato permanente o temporal, es decir, podría establecerse como una unidad dependiente del Congreso o uno o más ministerios, o por el contrario, ser una iniciativa temporal como se ha configurado hasta ahora dentro de la Comisión del Senado Desafíos del Futuro, Ciencia, Tecnología e Innovación. En tercer lugar, una unidad de planificación de escenarios podría utilizar un enfoque sectorial o intersectorial. Por ejemplo, se podría trabajar en la creación de escenarios específicos en cambio climático como lo realiza el Ministerio de Medioambiente de Chile en su

proyecto Atlas de Riesgos Climáticos[2] o la Plataforma de Simulaciones Climáticas del Centro para la Investigación del Clima y Resiliencia (CR2) de la Universidad de Chile[3].

En el mundo, se pueden encontrar ejemplos para todas las categorías y, a veces, la práctica cubre más de una dimensión. Por ejemplo, el Programa de Prospectiva del Reino Unido desarrolla su propio análisis y compromete un análisis externo. Su mandato es temporal y se basa en un enfoque intersectorial. En este programa la exploración del horizonte está anclada en muchos departamentos del Gobierno Británico, y a menudo en forma de unidades dedicadas. Por ejemplo, el uso de escenarios ha sido utilizado para enmarcar y respaldar la toma de decisiones que incluyen la estrategia del Gobierno del Reino Unido sobre la gestión del riesgo de inundaciones y erosión costera, que incorporó gran parte del pensamiento de el anterior Proyecto de Defensa Costera y contra Inundaciones de la Agencia de Medio Ambiente.

Por otro lado, la unidad de estrategia del Departamento de Agricultura de los Países Bajos es un ejemplo de actor a cargo del análisis sectorial a largo plazo. En Suecia, el Consejo Sueco de Objetivos Ambientales, que es responsable de monitorear el conjunto de objetivos de calidad ambiental a largo plazo de Suecia, utilizó un conjunto de cuatro escenarios alternativos para generar una gama de nuevos instrumentos de política y medidas adicionales que podrían ayudar a alcanzar los objetivos. En Finlandia, se ha institucionalizado un mecanismo nacional de presentación de informes de prospectiva, que exige que la Oficina del Primer Ministro publique un informe por período electoral que aborde una variedad de cuestiones a largo plazo. El Comité para el Futuro, que es designado por el Parlamento y es el único comité parlamentario dedicado específicamente a las preocupaciones generales del futuro en un país miembro de la Unión Europea, prepara una declaración en respuesta. Al mismo tiempo, el procedimiento ha incluido una serie de Foros Regionales de Futuro.

---

[2] Ver https://arclim.mma.gob.cl/

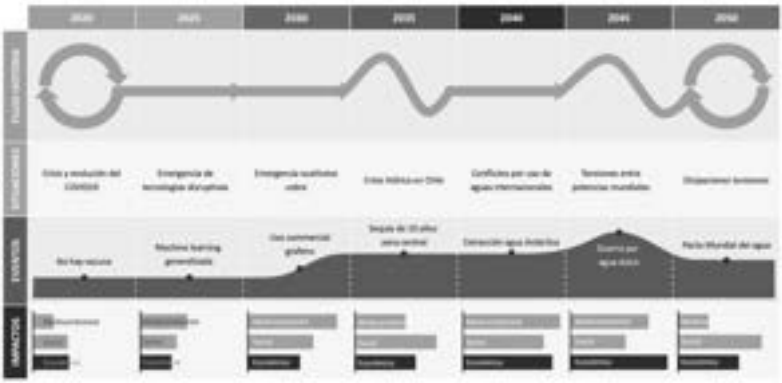
[3] Ver https://simulaciones.cr2.cl/

## Lineamientos para establecer una institucionalidad para planificar escenarios en políticas públicas.

### ¿Qué son los escenarios y para qué sirven?

Los escenarios son historias que consideran preguntas del tipo "¿Qué pasaría si?". Los escenarios consideran un rango de plausibles futuros y cómo estos podrían emerger desde la realidad actual. Reconocen que las personas tienen creencias y toman decisiones que afectan los desempeños individuales, grupales y organizacionales. Los escenarios pueden considerar cambios en el ambiente económico global, político, y de recursos como disponibilidad de agua, efectos invernaderos, suministro de energía, cambios en la demanda, entre otros (Ver Ilustración 2).

**Ilustración 2: Esquema de los escenarios**



**Fuente: Elaboración propia**

La literatura sobre planificación de escenarios destaca una amplia gama de funciones de apoyo a la toma de decisiones (Bishop, Hines y Collins, 2007). La planificación de escenarios ayuda a tomadores de decisión de organizaciones públicas y privadas a comprender mejor los cambios en su entorno externo, detectar señales de alerta temprana a potenciales crisis y perfeccionar las percepciones de los problemas existentes o emergentes y las correspondientes estrategias de resolución de problemas (Wack, 1985). La planificación de escenarios ayuda a gestionar los conflictos entre intereses y valores sociales divergentes y

ayuda a encontrar un terreno común para la acción futura (Wright, Cairns, O'Brien y Goodwin, 2019), que a su vez es una esencia clave de la formulación de políticas públicas. La planificación participativa de escenarios también ayuda a movilizar la acción de diferentes actores públicos y privados. Incluso, realizar continuamente ejercicios de planificación de escenarios puede desencadenar en un cambio cultural en la forma en que las instituciones y organizaciones públicas abordan su futuro a largo plazo y hacen las políticas públicas más adaptables a los cambios externos (Selin, 2006).

Los enfoques metodológicos para la planificación de escenarios están bien cubiertos en la literatura académica especialmente en intervención en organizaciones privadas (Bradfield, Wright, Burt, Cairns y Van Der Heijden, 2005). Sin embargo, su uso e impacto en el ámbito de las políticas públicas ha sido menos explorado. Un ejemplo descrito en la literatura es la formulación de escenarios de políticas medioambientales que se caracteriza por problemas de un alto nivel de complejidad técnica e incertidumbre a largo plazo (Agencia Medioambiental Europea, 2009). Los problemas medioambientales no solo se desarrollan a lo largo de varias décadas, sino que también atraviesan escalas espaciales que están influenciadas por fuerzas impulsoras que no dependen exclusivamente de un grupo de organizaciones o países.

**Beneficios para Chile de tener una unidad para generar escenarios**

En general todas las personas en una sociedad en algún momento nos enfrentamos a opciones que producen consecuencias durante años, e incluso décadas, en el futuro. Cuando un país vive un proceso de reformulación de sus valores, instituciones y reglas de convivencia como es el proceso de crear una nueva constitución o elegir una nueva administración, los representantes de llevar a cabo estos procesos deben visualizar las nuevas oportunidades que sucederán para Chile en los próximos 50 años y al mismo tiempo anticipar amenazas significativas basando sus decisiones en las perspectivas individuales de futuro. Generar una visión global y compartida de las potenciales oportunidades y amenazas a través de procesos participativos que reúnan expertos de las diferentes áreas del conocimiento con personas de los diferentes ámbitos de la sociedad, permite trazar planes que nos permitan como sociedad superar las adversidades comunes.

Crear una visión colectiva compartida del futuro permite alinear iniciativas de país que permitan superar las adversidades que como sociedad enfrentemos. Por lo que establecer una unidad o grupo que permita convocar actores de la sociedad civil que identifiquen continuamente posibles tendencias, incertidumbres, sucesos que darán forma a ese futuro incognoscible, beneficiará enormemente a nuestra sociedad.

Entre los beneficios que podría generar para Chile tener una institucionalidad que facilite escenarios para los diferentes actores de la sociedad chilena como son el congreso, gobierno, ministerios y miembros del poder judicial están:

1) El uso de escenarios puede mejorar la percepción de los habitantes de Chile sobre las habilidades de comunicación y conversación estratégicas que se pueden dar a nivel de los 3 poderes del Estado. Esto ha sido confirmado por estudios que recopilan datos sobre participantes individuales en un proyecto de planificación de escenarios (Phelps y Kapsalis, 2001).
2) El uso de escenarios podría alinear intereses de la sociedad de largo plazo con las expectativas de desarrollo industrial de Chile. Por ejemplo, en un estudio sobre ayudas para la toma de decisiones con gerentes y partes interesadas de una agencia de agua de California, midieron la comprensión de los participantes sobre los desafíos planteados por el cambio climático y los cambios en sus puntos de vista sobre la mejor manera de responder a estos desafíos (Volkery y Ribeiro, 2009).
3) Entender las creencias de las personas sobre problemas de interés público. Generar mecanismos participativos entre diferentes grupos de interés puede ser una estrategia para conocer las percepciones de los ciudadanos frente a impactos potenciales de las políticas públicas que se desean implementar.
4) Basándose en la literatura del sector privado, el uso de escenarios podrían ayudar a los diferentes poderes del Estado a abordar los desafíos que enfrentan las empresas, sus trabajadores y otros grupos de interés. Por ejemplo, los gerentes de empresas pueden rechazar políticas públicas simplemente porque no perciben los beneficios de largo plazo para la sociedad. Los escenarios que utilizan mecanismos audiovisuales de potenciales efectos futuros de políticas públicas podrían ayudar a generar consenso sobre la necesidad urgente de reaccionar en potenciales crisis de largo plazo.

## Metodología y fundamentos

La planificación de escenarios en términos generales tiene como objetivo identificar una gama de amenazas y oportunidades que surgen en un conjunto de escenarios alternativos plausibles, y describen una gama de posibles consecuencias para la sociedad o instituciones específicas (Volkery y Ribeiro, 2009). Este enfoque metodológico centrado en pensar en futuros alternativos ayuda a descubrir opciones de estrategias que puedan ser implementadas en escenarios de alta incertidumbre de largo plazo (Meadows y O'Brien, 2020; Torres, O'Brien, y Kunc, 2010). Si bien, una amplia participación de las partes interesadas de la sociedad no es un requisito esencial en las experiencias de planeamientos de escenario públicas descritos en la literatura, el incluir a expertos de diferentes disciplinas y lugares geográficos que han dedicado gran parte de su vida laboral a investigar gran parte de las consecuencias que envuelven el escenario con otros miembros de la sociedad civil es una práctica cada vez más frecuente en este tipo de enfoques (Schoemaker, 1993).

Este informe expone el trabajo realizado para crear escenarios en dos dimensiones: (1) Inteligencia Artificial y Sociedad y (2) Adaptación al cambio climático. El uso de los escenarios para evaluar futuras políticas tiene un diseño ex ante, es decir, se crean los escenarios y luego se reflexionará qué tipo de políticas públicas podrían ayudar a enfrentar las oportunidades y amenazas identificadas en el escenario. Sin embargo, alternativamente el diseño de los escenarios podría haber sido ex post, es decir, evaluar el impacto de políticas públicas específicas a través de la creación de escenarios. Utiliza un diseño ex ante permite a la Comisión de Desafíos del Futuro, Ciencia, Tecnología e Innovación evaluar ex ante varias opciones regulatorias junto a los rectores de las universidades chilenas que participarán en las sesiones. Posterior a esta sesiones, y de ser creada una institucionalidad para trabajar con la planificación de escenarios, la Comisión del Senado podría buscar generar una verificación de decisiones importantes frente a un conjunto de escenarios más alternativos a largo plazo.

Una de los desafíos enfrentados por la subcomisión de Escenarios Chile 2050 fue que al ser una mesa de trabajo convocada de manera ad-hoc por el Senado, el proceso fue ejecutado por profesionales que voluntariamente compartieron sus experiencias, y un

grupo de voluntarios ayudaron a coordinar y tomar nota de cada sesión. Este proceso de seguimiento fue documentado con actas en cada reunión que son presentadas en el Anexo 1.

**Ilustración 3: Flujo de etapas y entregables de la subcomisión Escenarios Futuros Chile 2050**

**Fuente: Elaboración propia**

El proceso completo tiene 4 etapas de trabajo. Actualmente se han desarrollado las Etapas 1 y 2, y la subcomisión de Escenarios Futuros Chile 2050 está trabajando en crear el material audiovisual para ser presentado a un grupo multi actor compuesta por Senadores, Rectores, Científicos y otros miembros de la sociedad civil (Etapa 3). Al final de este proceso se recopilarán los aprendizajes finales de todas las etapas anteriores.

**Ilustración 4: Temas Priorizados por la Comisión de Rectores**

**Fuente: Elaboración propia**

Inicialmente con los Senadores de la Comisión de Desafíos del Futuro, Ciencia, Tecnología e Innovación y las autoridades universitarias se levantaron 6 temas de importancia nacional para analizar con escenarios de Chile 2050. Estos fueron Inteligencia Artificial, Convivencia Internacional, Cambio Climático, Relaciones

Sociales y Humanas, Evolución de las Industrias Nacionales y Salud, Vida y Enfermedades. Para comenzar se decidió priorizar dos temas que fueron (1) Inteligencia Artificial y Sociedad, y (2) Adaptación al cambio climático. Luego de este proceso, las autoridades universitarias y senadores propusieron una lista potencial de expertos para convocar a crear los escenarios. Para implementar este proceso el coordinador junto a un equipo de voluntarios enviaron invitaciones a potenciales miembros. Los expertos que aceptaron la invitación participaron de las sesiones de presentaciones y trabajo para crear los escenarios. El proceso y sus actividades se resume en la Ilustración 5.

**Ilustración 5: Actividades Etapa 1 de Creación de Escenarios.**

**Fuente: Elaboración propia**

Al momento de la elaboración de este informe de avance, el equipo de trabajo se encuentra en la Actividad 8. Luego de la creación de los escenarios audiovisuales se realizará una última sesión con los expertos para validar los escenarios antes de ser presentados a los senadores y autoridades universitarias. Las actividades de este último taller con las autoridades se resumen en las discusiones propuestas de la Ilustración 6.

**Ilustración 6: Actividades Etapa 2 de Taller Multiactor sobre enfrentar los escenarios (en desarrollo).**

**Fuente: Elaboración propia**

El trabajo de las Etapas 1 y 2 ha sido gracias al trabajo colaborativo de un equipo de voluntarios a cargo de la organización y gestión de la planificación de escenarios, con un grupo de expertos científicos, Senadores, Rectores y otras autoridades académicas.

## Mesa Escenarios de Inteligencia Artificial y Sociedad

### Resumen del trabajo de la mesa

La Mesa sobre Inteligencia Artificial y Sociedad está compuesta por más de 15 académicos y académicas, quienes se reunieron permanentemente los viernes de 11:00 a 12:00 hrs. en formato de video conferencia.

Las sesiones de exposición iniciales fueron desarrolladas por:

- Juan Velázquez presentó sobre la urgencia de desarrollar una estrategia de inteligencia artificial para Chile. Fecha de presentación: 09 de abril de 2021.
- Pedro Maldonado presentó sobre inteligencia artificial y cerebro humano. Fecha: 16 de abril de 2021.
- Felipe Escandón presentó sobre la perspectiva de la regulación de la inteligencia artificial desde la Comisión Europea. Fecha: 23 de abril de 2021.

- Mariana Bargsted presentó sobre el futuro del trabajo y la inteligencia artificial. Fecha: 30 de abril de 2021.
- Gonzalo Valdés presentó sobre inteligencia artificial y su impacto en las organizaciones. Fecha: 28 de mayo de 2021.

En cada una de las sesiones de presentación se realizaron discusiones sobre los temas tratados que han enriquecido el levantamiento de desafíos y han posibilitado visualizar futuros a ser considerados en los escenarios.

Luego de la ronda de sesiones de presentaciones, la mesa trabajó bajo la modalidad de taller el desarrollo de un escenario que priorice los desafíos que presentan un alto grado de incertidumbre para la sociedad chilena y no se perciben grandes capacidades de reacción para enfrentar estos desafíos con los instrumentos de políticas públicas actuales.

A continuación se presentan los objetivos y fecha de los cuatro talleres para crear los escenarios y sus narrativas.

Taller 1: Identificando Drivers. El objetivo de este taller fue identificar los motores de cambio (drivers) políticos, económicos, sociales, tecnológicos, legislativos y ambientales, que podrían impactar la configuración del futuro de la sociedad en los ámbitos de la inteligencia artificial y sociedad. Fecha: 04 de junio de 2021.

Taller 2: Priorizando Drivers. El objetivo de este taller fue identificar los motores de cambio que son más prioritarios para la generación de políticas públicas en Chile y cuyo resultado es incierto. Fecha: 11 de junio de 2021.

Taller 3: Creando el tema de los escenarios. El objetivo de este taller fue nombrar cada escenario y analizar su contenido, de acuerdo a los drivers previamente priorizados. Fecha: 18 de junio de 2021.

Taller 4: Construyendo narrativas. El objetivo de este taller fue crear una línea de tiempo con los eventos clave para la materialización de cada escenario. Fecha: 25 de junio de 2021.

## Desafíos futuros de la Inteligencia Artificial en la sociedad chilena

Actualmente en Chile hasta la fecha no existe una regulación sobre inteligencia artificial. El Ministerio de Ciencia, Tecnología,

Conocimiento e Innovación espera establecer para fines del año 2021 una política para abarcar estos ámbitos. Esta política tiene como propósito resguardar la ética, potenciar la reconvención laboral, enlazar la inteligencia artificial con el sector productivo y crear infraestructura que permita el desarrollo de nuevas tecnologías en un periodo de 10 años.

En particular, en el mes de agosto del año 2019 el Ministerio de Ciencias anunció la elaboración del plan de acción nacional de inteligencia artificial. Esta iniciativa, proviene de un trabajo de varios meses en la Comisión Desafíos del Futuro, Ciencia, Tecnología e Innovación, que culminó con la entrega del documento llamado "Inteligencia Artificial Para Chile: La Urgencia de Desarrollar una Estrategia", el cual busca definir los parámetros a considerar que requiere esta tecnología con una mirada propia del país.

Tras un proceso de redacción que incluyó discusiones en mesas regionales y auto convocadas, además del trabajo de un comité de expertos y del sector privado, quienes nutrieron los lineamientos generales, fue como se dio origen a un borrador oficial sobre la Política Nacional de Inteligencia Artificial. En diciembre de 2020 se presentó este borrador junto a una consulta pública, recibiendo más de 200 respuestas, de las cuales un 60% provenía de la academia y el 20% del sector industrial. Esta consulta pública fue el último paso previo de la publicación de la primera Política de inteligencia artificial chilena, la cual delineó una hoja de ruta para el desarrollo y adopción responsable de esta tecnología en el país.

Dentro de esta iniciativa hay tres grandes ejes principales:

a). Factores habilitantes, que implica la infraestructura que va a permitir el desarrollo de la inteligencia artificial.

b). Desarrollo y adopción, que busca definir las acciones para adoptar la inteligencia artificial en nuestro quehacer.

c). Ética, aspectos normativos e impactos sociales y económicos, que busca entregar un conjunto de recomendaciones en el marco de la ética, los estándares y la regulación, para mirar esta tecnología de forma integral, que se oriente en beneficio de las personas.

Debido a los impactos en muchos ámbitos de la actividad humana, se plantea que la inteligencia artificial debe acatarse a recomendaciones que dicta la OCDE, los cuales son:

- Crecimiento inclusivo, desarrollo sostenible y bienestar;
- Valores centrados en el hombre y la equidad;
- Transparencia y explicabilidad;

- Robustez, seguridad y protección;
- Rendición de cuentas.

También se aborda la regulación de la Unión Europea sobre inteligencia artificial en los ámbitos relacionados a los impactos en la comunidad política y económica, así como también en sus derechos y principios éticos. En esta regulación se definen los siguientes principios que deberían ser abordados en las políticas chilenas en el futuro:

- Una inteligencia artificial debe ser confiable para la sociedad, es decir, toda aplicación privada o pública debe ser lícita (cumpla con la ley), ética (cumpla con los valores de la sociedad) y robusta.
- Una inteligencia artificial debe estar sujeta a una supervisión humana cumpliendo con los derechos de privacidad, transparencia y rendición de cuentas.
- Una inteligencia artificial debe poder ser evaluada si cumple con leyes y procesos existentes de una sociedad (constitución, normativas y otros procedimientos).

Otro desafío destacado por los científicos de la mesa es que Chile debe fomentar la creación de un ecosistema de emprendimiento e innovación para facilitar que los beneficios de la Inteligencia Artificial lleguen a toda la sociedad. La definición de ecosistema de emprendimiento que utilizó la mesa es el *"conjunto de redes de instituciones públicas y privadas, cuyas actividades e interacciones inician, importan, modifican y difunden nuevas tecnologías y conocimientos"* (Freeman, 1995). Para que se desarrolle un ecosistema que fomente el desarrollo de nuevas ideas centradas en mejorar el bienestar de la sociedad, las instituciones público y privadas deben coordinar las acciones políticas y de gestión independientemente de quienes estén a cargo de implementarlas.

Además Chile debe aumentar la inversión en Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación (CTCI) anualmente a estándares de países OECD. Esto es al menos llegar a 2% del PIB para los próximos 20 años. En ese sentido, se comenta que resultaría ventajoso para Chile establecer áreas estratégicas para tener conversaciones a largo plazo, estableciendo pilares estratégicos a 20 o 30 años en CTCI como ha hecho Reino Unido.

El desafío de crear continuamente regulaciones que se adelanten a las acciones que podrían afectar a la sociedad es en esencia uno de los retos fundamentales para nuestra sociedad. En inteligencia

artificial este desafío se puede establecer en dos posturas: (1) no regular las actividades de inteligencia artificial que podrían afectar a la sociedad o (2) regular marcos generales lo suficientemente amplios que permitan a los desarrolladores de políticas públicas y reguladores discernir cuando una actividad de inteligencia artificial podría afectar a la sociedad. Hoy en día, el estado actual de la inteligencia artificial se basa en algoritmos que clasifican muy bien una cantidad muy grande de datos pero tienen algún componente de supervisión humana. Esto implica que el desafío de corto plazo es regular que el proceso de selección de los datos que se están ingresando al algoritmo no generen sesgos que vulneren los derechos de los ciudadanos y así como también eliminar sesgos que vulneren derechos asociados a la programación del algoritmo que procesa los datos.

Pero en los próximos 10 años, si la Inteligencia Artificial mejora sustancialmente su estado y desempeño a una forma teórica de IA (robusta) en la que los algoritmos podrían tener una inteligencia igual a la de los humanos, es decir capacidades para resolver problemas, aprender y planificar el futuro sin supervisión humana, los desafíos regulatorios son mucho más grandes y la forma cómo gestionar políticas públicas sería más ambiguo. Respecto a este punto, los científicos advirtieron que una Inteligencia Artificial no regulada podría repetir el patrón de desigualdad al que se enfrentaron todas las sociedades en las últimas tres revoluciones industriales. Por ejemplo, en la primera y segunda revolución industrial las organizaciones del sector privado emplearon nuevas tecnologías de infraestructura sin regulación, lo que logró riqueza y avances, pero también mucha explotación de los trabajadores, concentración de la riqueza y muchas desigualdades. Las regulaciones impuestas en los años posteriores lograron proteger a consumidores y empleados, y desarticular carteles y grandes monopolios. Todo a través de fomentar la competencia regulada y proteger la democracia. Aquellos países que regularon en exceso las actividades económicas a través de la concentración estatal exclusiva de toda la riqueza terminaron en regímenes totalitarios. Es por esto que controlar en exceso los desarrollos tecnológicos por parte del Estado y reguladores podría generar consecuencias negativas a la sociedad.

El conocimiento avanzado en inteligencia artificial en todos los ciudadanos de un país es una barrera de protección frente a las

enormes desigualdades que puede generar el desarrollo de este conjunto de conocimientos en la sociedad. Por esta razón, un gran desafío para Chile es determinar los cambios en los enfoques educacionales de la educación primaria, secundaria y universitaria en inteligencia artificial centrada en desarrollar sus conocimientos técnicos (ej. cómo programar algoritmos) pero también educar a ciudadanos éticos sobre los impactos negativos que podrían generar las aplicaciones de inteligencia artificial en la sociedad. Si bien el desafío de los próximos 5 años será como dar acceso rápido y masivo a los conocimientos técnicos de inteligencia artificial en la sociedad, dado las profundas desigualdades en el acceso a la educación, los reguladores de políticas públicas también deberán actuar simultáneamente en evitar las potenciales consecuencias negativas de la Inteligencia Artificial en la sociedad, por ejemplo, el uso de información personal conductual y fisiológica de las personas sin el consentimiento individual o para fines que generen cualquier tipo de discriminación hoy o en los próximos 30 años.

Otro desafío que deberá enfrentar Chile y el mundo, es la brecha de desigualdad de género que podría traer la inteligencia artificial. Hoy en día, disminuir la desigualdad de género es un tema importante para la sociedad chilena, pero si no se regula cómo evitar que la brecha de género aumente simplemente por el acceso a los conocimientos de la inteligencia artificial, en los próximos 10 años el escenario de desigualdad podría ser mucho peor al actual. En resumen, la inteligencia artificial puede aumentar las capacidades cognitivas de las personas que tienen acceso a programar algoritmos que automatizan tareas y procesos, por eso considerando que hay ciertos accesos a derechos básicos que todavía no están cubiertos en la ley, la brecha de inequidades de género y societal puede verse incrementada con la inteligencia artificial.

Por otro lado, la mesa de expertos también incluyó algunas discusiones para enfrentar los desafíos sobre el futuro del trabajo bajo la perspectiva del impacto de la inteligencia artificial en la sociedad chilena en los próximos 30 años.

Existe una tensión en el mundo académico, si la inteligencia artificial puede ser una solución al fin del trabajo humano, o por el contrario, disminuir las fuentes laborales de los sectores sociales con menos acceso a los conocimientos de la inteligencia artificial. Al respecto, será clave el ajuste de habilidades para trabajar en entornos asociados a la robótica, la automatización y la inteligencia

artificial (RAIA) y para nuevas tareas no automatizadas que puedan emerger. Los expertos advierten que en los próximos 5 años se modificarán ciertos tipos de trabajos (con alto esfuerzo de motricidad fina y asistencia a humanos), y aumentará el desarrollo de la gig economy que traerá como consecuencias no deseadas la inestabilidad y precarización laboral en algunos sectores de la sociedad. También se destaca que un desafío de mediano plazo será regular el trabajo donde el jefe director de un humano puede ser un algoritmo.

Si bien, entre algunos expertos existen preocupaciones sobre la alta probabilidad de reemplazo de muchas ocupaciones que hoy emplean a muchos trabajadores chilenos, los expertos plantean que estas preocupaciones siempre han existido en cada revolución industrial. Y lo que ha ocurrido en las revoluciones anteriores es que la economía se reconvierte, surgen ocupaciones y servicios nuevos que incluso no imaginamos hoy. Sí existe consenso que habrán transformaciones y disrupciones en el mercado chileno en donde muchas organizaciones no lograrán adecuarse y serán reemplazadas por nuevas organizaciones, muchas de ellas emprendimientos de base tecnológica como son las startups. Los científicos esperan que en Chile en los próximos 10 años se crearán nuevas formas de ofrecer servicios y muchas nuevas plataformas de intercambio entre personas que tienen necesidades y organizaciones que puedan satisfacerlas. También en las agencias públicas la sociedad cada vez demandará modificaciones que mejoren la interacción entre ciudadanos, empresas y el Estado.

Finalmente, se destacan tres dimensiones que ponen en peligro la aplicación exitosa de regulaciones públicas a la Inteligencia Artificial:

- Chile es ambivalente en la relación sociedad-individuo (colectivismo).
- Las políticas de Estado deben tener una mirada de largo y corto plazo (30 años o más).
- Disminuir la distancia de poder entre los ciudadanos y sus representantes de gestionar las políticas públicas.

## Mesa Escenarios de Adaptación al Cambio Climático

### Resumen del trabajo de la mesa

La Mesa sobre escenarios de adaptación al cambio climático está compuesta por más de 12 académicos y académicas, quienes se reunieron permanentemente los viernes de 15:00 a 16:00 hrs. en formato de video conferencia.

Las sesiones de exposición iniciales fueron desarrolladas por:

- Laura Gallardo, sobre el Antropoceno, los límites planetarios y los elementos que hay que tener presente para el futuro del país. Fecha de presentación: 09 de abril de 2021.
- Martin Thiel, sobre ciencia ciudadana cómo herramienta para involucrar al público general en la investigación y mitigación del cambio climático, y Francisco Calderón sobre la energía de fusión cómo alternativa energética para el país. Fecha de presentación: 16 de abril de 2021.
- Anahí Urquiza, sobre los conceptos de vulnerabilidad y resiliencia ante el cambio climático. Fecha de presentación: 23 de abril de 2021.
- Valentina Durán, sobre instrumentos legales para combatir el cambio climático. Fecha de presentación: 30 de abril de 2021.
- Olivia Valdés, Pablo Silva y Fernando Coz, presentaron en la temática aguas de uso, aguas dulces y uso de suelo, mostrando casos comparativos con la UC David. Fecha de presentación: 28 de mayo de 2021.
- Raúl Cordero, presentó sobre transición energética y mitigación del cambio climático. Fecha de presentación: 04 de junio de 2021.

En cada una de las sesiones de presentación se realizaron discusiones sobre los temas tratados que han enriquecido el levantamiento de desafíos y han posibilitado visualizar futuros a ser considerados en los escenarios. Al igual que en la Mesa de Inteligencia Artificial y Sociedad, la Mesa de Adaptación al Cambio Climático trabajó bajo la modalidad de taller el desarrollo de un escenario que priorice los desafíos que presenten un alto grado de incertidumbre para la sociedad chilena y no se perciben grandes capacidades de reacción para enfrentar estos desafíos con los instrumentos de políticas públicas actuales.

A continuación se presentan los objetivos y fecha de los cuatro talleres para crear los escenarios y sus narrativas.

Taller 1: Identificando Drivers. El objetivo de este taller es identificar los motores de cambio (drivers) políticos, económicos, sociales, tecnológicos, legislativos y ambientales, que podrían impactar la configuración del futuro de la sociedad en los ámbitos de la adaptación al cambio climático. Fecha: 04 de junio de 2021.

Taller 2: Priorizando Drivers. El objetivo de este taller es identificar los motores de cambio que son más prioritarios para la generación de políticas públicas en Chile y cuyo resultado es incierto. Fecha: 11 de junio de 2021.

Taller 4: Creando el tema de los escenarios. El objetivo de este taller es nombrar cada escenario y analizar su contenido, de acuerdo a los drivers previamente priorizados. Fecha: 18 de junio de 2021.

Taller 5: Construyendo narrativas. El objetivo de este taller es crear una línea de tiempo con los eventos clave para la materialización de cada escenario. Fecha: 25 de junio de 2021.

## Desafíos futuros frente a la adaptación al cambio climático

Uno de los mayores desafíos de corto plazo es que todos los ciudadanos y organizaciones públicas y privadas reconozcan que hoy existe una emergencia climática y ambiental que afectará las actividades humanas, económicas, sociales y de salud en Chile y el mundo para los próximos 100 años o más.

Las investigaciones nacionales e internacionales han mostrado rápidos cambios medioambientales como es el aumento de la temperatura de las zonas australes de Chile, la baja en la cantidad y densidad de la nieve en la Cordillera de Los Andes que riega los principales afluentes de la zona norte y centro de Chile, así como la rápida erosión y desertificación de los suelos que históricamente han sido terrenos cultivables.

El riesgo climático es un proceso multifactorial que se compone principalmente de las amenazas que provienen del cambio del clima y de la exposición que tienen las actividades humanas a estas variaciones climáticas. Por lo tanto, crear planes de resiliencia nacional al cambio climático son fundamentales para desarrollar

capacidades de adaptación y respuesta a las dificultades que enfrentarán los ciudadanos en los próximos años. La capacidad de resiliencia nacional estará condicionada a la flexibilidad de las instituciones del Estado, a la magnitud de los cambios en el clima, al aprendizaje sobre las consecuencias de esos cambios en las actividades humanas, y lo más importante a conocer las posibles respuestas que el Estado y sus ciudadanos pueden generar para adaptarse rápidamente a las amenazas que impone el cambio climático. Por lo tanto, existe un gran desafío de coordinar el monitoreo de los cambios en el clima en las diferentes zonas del país, sus efectos en la población humana, animal y vegetal con la creación de políticas públicas de resiliencia y adaptación.

Algunos de los científicos de la mesa de Cambio Climático creen fundamental para enfrentar esta emergencia climática la necesidad de ratificar tratados internacionales que comprometen la disminución de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), así como también aquellos acuerdos que refuercen políticas de acceso a información y participación de la ciudadanía en proyectos que puedan afectar los recursos estratégicos del país como son el agua, la tierra cultivable para alimento y la contaminación de aire, tierra y agua.

Además de los desafíos de ratificación de acuerdos internacionales, es importante observar ejemplos internacionales de normativa y litigaciones, con el propósito de adaptarlas e incorporarlas en el marco normativo chileno. Como el caso de Francia y su Constitución, en la que existe una reciente propuesta del Presidente, luego de la convención ciudadana por el clima, donde se definió que Francia es una República que lucha contra el cambio climático y por la protección de la biodiversidad y el cuidado del medio ambiente. La Constitución Política de la República debe recoger la importancia de proteger la naturaleza y reforzar el enfoque de Derechos Humanos y medioambiente, esto último plasmado en políticas de largo plazo. Un desafío para la sociedad chilena es la incorporación de los principios del derecho ambiental (precautorio, progresividad, no regresión, contaminador pagador, entre otros) junto con asegurar el derecho a la información y participación de todos los ciudadanos para afrontar la crisis climática desde una perspectiva normativa, social y económica.

Otro desafío de corto plazo es consolidar toda la información sobre los diferentes impactos ambientales en un único marco regu-

latorio de cambio climático. Si bien, el proyecto de Ley de Marco de Cambio Climático incluye nuevos instrumentos para afrontar la crisis climática, un reto central es articular todos los instrumentos de acción climática en ejecución previo a la promulgación de la ley marco de cambio climático. La estrategia de la contribución determinada a nivel nacional (NDC) busca disminuir las emisiones de gases de efecto invernadero y adaptar el país a los efectos del cambio climático. Esta estrategia responde a lo estipulado en el Acuerdo de París junto con el trabajo de los objetivos de desarrollo sostenible (ODS). La NDC de Chile propone metas a cumplir en cinco áreas: mitigación, adaptación, integración, medios de implementación e información. Sin embargo, es sumamente necesario que de forma urgente toda la sociedad chilena tenga un entendimiento y claridad de la estrategia nacional NDC. Es importante, que las políticas públicas de resiliencia y adaptación al cambio climático consideren como central el bienestar de las personas y su territorio así como lo sustenta el pilar social de transición justa al desarrollo sostenible.

Uno de los desafíos globales en cambio climático estipulado en el Acuerdo de París es limitar el aumento de la temperatura por debajo de los 2ºC. Este tipo de medidas buscan mitigar los efectos del cambio climático en las sociedades humanas. Sin embargo, la sociedad chilena tiene el doble reto de reducir la temperatura, pero gestionando los riesgos climáticos como son mantener la seguridad energética para las labores industriales y humanas o el manejo y uso de la tierra para generar seguridad alimentaria e hídrica para actividades humanas y silvoagropecuarias. Si bien el reto de la seguridad energética limpia se ha abordado desde hace varios años a través de la estrategia de diversificación de las fuentes energéticas que consideren proveedores de energías renovables dentro del sistema interconectado central energético, como son las plantas solares y futuramente basado en hidrógeno verde, la demanda nacional y global por energía continuará subiendo exponencialmente en los próximos 30 años.

El Plan de Acción Nacional de Cambio Climático 2017-2022 (PANCC) de Chile está orientado en esencia a la implementación de medidas para adaptarse al Cambio Climático, reduciendo la vulnerabilidad del país frente a este (MMA, 2017). El PANCC contempla un conjunto de actividades para avanzar en todos los ejes de la Contribución Determinada a nivel nacional de Chile

(NDC), además de ser el instrumento de política pública que dará coherencia a las iniciativas que se generen en los diversos sectores, incorporando la perspectiva nacional y local, y fortaleciendo la resiliencia de Chile al Cambio Climático. El PANCC se planteó considerando los siguientes principios rectores: Bien común, Equidad, Sustentabilidad, Precautorio, Transparencia, Participación ciudadana, Cooperación y Sinergias (entre todos los sectores y niveles de gobernanza), Costo-Efectividad, Flexibilidad y Coherencia (MMA, 2017). A nivel de objetivos, considera cuatro ejes principales:

1) Adaptación: Fortalecer la capacidad de Chile para adaptarse al cambio climático profundizando los conocimientos de sus impactos y de la vulnerabilidad del país.
2) Mitigación: Crear las condiciones habilitantes para la implementación, cumplimiento y seguimiento de los compromisos de reducción de emisiones de GEI de Chile ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC).
3) Medios de Implementación: Desarrollar las condiciones habilitantes necesarias para la implementación de acciones de mitigación y adaptación al cambio climático. Esto, al nivel nacional y subnacional en los ámbitos de: institucionalidad y marco legal, transferencia tecnológica, creación de capacidades y asistencia técnica, financiamiento, y negociación internacional.
4) Gestión del cambio climático a nivel regional y comunal: Desarrollar las bases institucionales, operativas y las capacidades necesarias para avanzar en la gestión del cambio climático en el territorio, a través del gobierno regional y comunal e incorporando a todos los actores sociales.

El PANCC es una política importante para enfrentar el cambio climático, sin embargo es urgente establecer una institucionalidad que controle el monitoreo y cumplimiento normativo en las diferentes actividades de la vida social e industrial de Chile. Los científicos de esta mesa creen importante que el monitoreo y control institucional favorezca la aceleración de la carbono neutralidad en los próximos años, especialmente en las actividades industriales.

Existe consenso en que la crisis climática debe abordarse desde diversas disciplinas, razón por la cual también se abordaron soluciones de ciencia ciudadana para vincular a la ciudadanía con la ciencia, y además se abordó la energía de fusión nuclear cómo al-

ternativa a la transición energética, entendida cómo otra opción además de las energías renovables. Existe consenso en la mesa que la crisis climática debe abordarse desde diversas disciplinas e instituciones públicas y privadas, razón por la cual es importante vincular a la ciudadanía con la ciencia especialmente a nivel de la educación de los niños y jóvenes.

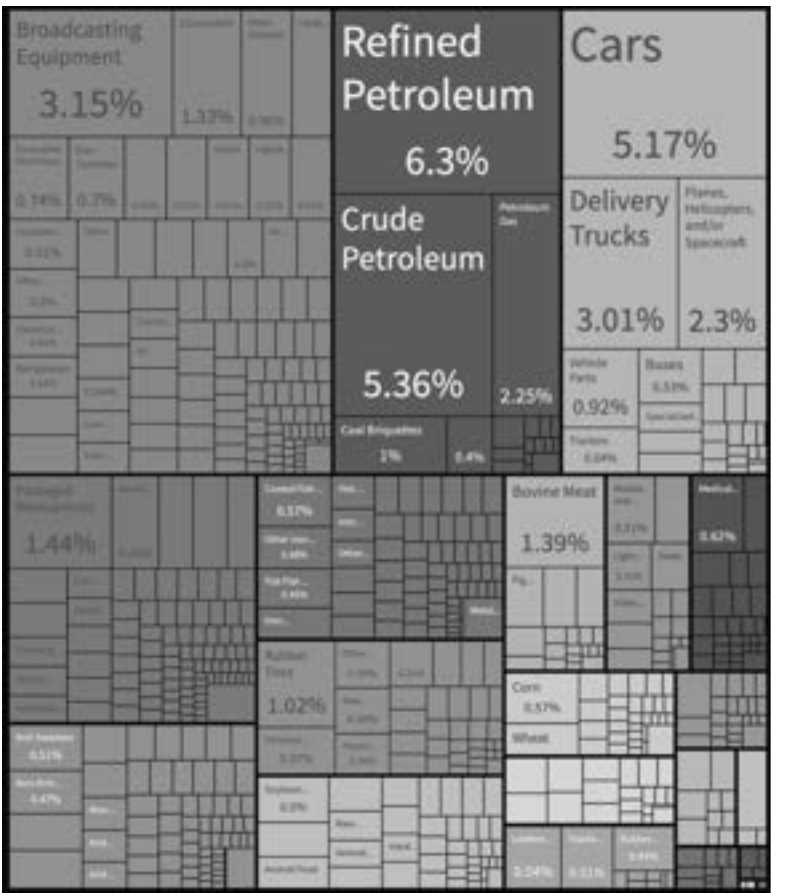
Es clave que la sociedad chilena perciba que el cambio climático es también un problema de desigualdad ya que las consecuencias de los efectos climáticos serán más difíciles de enfrentar por las poblaciones de bajos ingresos, los sectores rurales alejados de las principales ciudades, así como también la población adulto mayor. Por ejemplo, los hogares con acceso a climatización eléctrica serán menos vulnerables al aumento progresivo de la temperatura que puede provocar diferentes enfermedades especialmente para la población de mayor edad. La deshidratación prolongada y la baja ingesta calórica de alimentos en la población como consecuencia de la escasez de alimentos en latinoamérica serán desafíos importantes para la sociedad chilena que se espera que alcance una población de 21 millones de habitantes. Estos efectos también podrían generar migraciones mucho mayores a las experimentadas en Chile en 2021 donde grupos humanos de extranjeros y chilenos podrían decidir migrar a las ciudades con mejores condiciones de vida. Si consideramos que desde la región de los ríos hacia el sur de Chile existe abundante acceso a agua potable desde las cuencas cordilleranas, se podría generar un estrés por el uso alternativo de la tierra generando conflictos entre la actividad urbana especialmente de construcción de viviendas y turismo, agrícola para cultivar alimentos, y actividad ganadera. La competencia por el uso efectivo de la tierra generará que aumenten los costos no sólo de la tierra, sino que también de los alimentos y potencialmente el agua. Por lo tanto, la población de ingresos económicos más bajos podría tener graves dificultades para enfrentar si aumenta el costo de vida por efectos del cambio climático y no mejoran las condiciones laborales proporcionalmente. Esto podría generar en los próximos 30 años un descontento progresivo en la población más vulnerable, que podría provocar, a su vez, un incremento en la inestabilidad política y social interna de Chile y por otra parte potenciales conflictos con países que aspiren a los recursos estratégicos compartidos (ej. agua dulce, biodiversidad marina y alimentos). Por todas las razones exhibidas anteriormente es importante declarar que el cambio climático es un

problema que debe asociarse a los derechos humanos y debe ser abordado con acuerdos internacionales conjuntos.

Otro desafío de largo plazo que expusieron algunos expertos de la mesa están relacionados con las actividades que involucran el mar. Por ejemplo, existe una alta vulnerabilidad de la estructura portuaria chilena frente a fuertes marejadas. Este reto no sólo implica mantener una infraestructura portuaria en condiciones óptimas para recibir productos del extranjero, sino que evitar los cierres temporales de los puertos como consecuencia de las condiciones del clima. Los retrasos en las entregas de los productos pueden generar agotamientos temporales en productos de primera necesidad especialmente de alimentos, y de ser prolongados los cierres de los puertos podrían llevar a aumentos en los precios de estos insumos de primera necesidad para la población chilena. Según el Observatorio de Complejidad Económica del Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT)[4] en 2019 aproximadamente el 22% de las importaciones realizadas por Chile fueron maquinaria, 12% petróleo, 13% artículos de maquinaria y transporte y 6% alimentos (ver Ilustración 10).

[4] Ver https://oec.world/en/profile/country/chl

**Ilustración 10: Matriz de importaciones de Chile en 2019 equivalentes a 67 billones de dólares**




**Fuente: Observatorio de Complejidad Económica del MIT**

En caso de no tener cambios en nuestra matriz de producción nacional en los próximos 30 años, el acceso a maquinaria, combustibles fósiles, algunos alimentos y los medios de transporte se podrían ver amenazados por efecto del cambio climático.

La contaminación marina también será un desafío que Chile deberá abordar con soluciones que eviten erosionar la capacidad de generación de alimentos extraídos del mar. La contaminación marina no sólo puede generar aumento de las enfermedades humanas por su consumo, sino que también la erosión del fondo marino podría generar el surgimiento de patógenos altamente perjudiciales para la vida marina.

## Conclusiones

Este informe resume el trabajo realizado por más de 25 científicos de varias disciplinas y universidades ubicadas en diferentes zonas del país cuyo objetivo fue construir historias basadas en evidencia científica sobre los potenciales eventos que podrían afectar a la sociedad chilena en un horizonte de plazo al año 2050. Un grupo de Senadores, Rectores de universidades chilenas y algunos científicos priorizaron dos temas para trabajar en la subcomisión de Escenarios Futuros, estos fueron (1) Inteligencia Artificial y Sociedad, y (2) Cambio Climático. La construcción de escenarios levantó desafíos para reflexionar sobre las áreas en que el Senado de Chile debería reflexionar sobre políticas de resiliencia y adaptación en diferentes temas críticos para el país. Este informe presenta los resultados preliminares de la construcción de escenarios para informar al Senado sobre las actividades realizadas desde Octubre de 2020 a Octubre de 2021.

El método utilizado para planificar escenarios permite representar y hacer frente a incertidumbres profundas que podrían enfrentar organizaciones y comunidades. Los escenarios que están en construcción presentan un rango de plausibles futuros y cómo estos podrían emerger desde la realidad actual. Cuando un país vive un proceso de establecer la Constitución que regirá la vida y las normas de convivencia de la sociedad es un momento muy adecuado para llevar a cabo un ejercicio de reflexión de escenarios para visualizar las nuevas oportunidades y retos que podría enfrentar la sociedad chilena en los próximos 50 años y al mismo tiempo anticipar amenazas significativas basando sus decisiones en las perspectivas individuales de futuro. Generar una visión global y compartida de las potenciales oportunidades y amenazas a través de procesos participativos que reúnan expertos de las diferentes áreas del conocimiento con personas de los diferentes ámbitos de la sociedad, permite trazar planes que nos permitan como sociedad superar las adversidades comunes.

Un segundo propósito de este informe es destacar la importancia que Chile tenga una unidad en el Senado que trabaje con el enfoque de escenarios para desarrollar políticas públicas de largo plazo basado en la evidencia científica. En el mundo existen muchos países que tienen unidades y organizaciones públicas no

partidistas que velan por el desarrollo de escenarios para apoyar el desarrollo de políticas públicas en situaciones ambiguas, con poca información y que pueden tener un gran impacto de largo plazo en las sociedades. No existe una única forma de utilizar la planificación de escenarios para apoyar el desarrollo de políticas pública, pero si es fundamental que la creación de escenarios inspire a crear consenso sobre políticas públicas de Estado a través de un enfoque participativo que se base en la evidencia. Una vez creados los escenarios audiovisuales se espera convocar a un taller multiactor para entregar los resultados a los Senadores, Rectores, y otros representantes de la Sociedad Civil sobre las situaciones potencialmente ambiguas a 30 años que motiven el análisis: Qué pasaría si sucede el escenario? Esperamos que las reflexiones expresadas en este informe logradas por el trabajo colaborativo de este grupo de científicos alerten sobre situaciones potencialmente riesgosas, especialmente los impactos poco explorados de la inteligencia artificial en nuestra sociedad, así como también los desafíos centrales en el camino a la adaptación al cambio climático.

## Referencias

Agencia Medioambiental Europea (2009) Looking Back on Looking Forward. A Review Of Evaluative Scenario Literature, Technical Report 3/2009, Copenhagen, EEA.

Bishop, P., Hines, A., Collins, T. (2007) The current states of scenario development: an overview of techniques. Foresight, 9 (1) (2007), pp. 5-25

Bradfield, R., Wright, G. Burt, G. Cairns, G., Van Der Heijden, K. (2005) The origins and evolution of scenario techniques in long range business planning. Futures, 37 (8), pp. 795-812

Burke, M., Hsiang, S. M. & Miguel, E. (2015). "Global non-linear effect of temperature on economic production". Disponible en: https://www.nature.com/articles/nature15725

Consejo de Ministros para la Sustentabilidad y el Cambio Climático (CMSCC) (2020). "Contribución determinada a nivel nacional (NDC) de Chile: Actualización 2020". Disponible en https://mma.gob.cl/wp-content/uploads/2020/04/NDC_Chile_2020_espan%CC%83ol-1.pdf

Corte Interamericana de Derechos Humanos (Corte IDH) (2017). "Opinión Consultiva OC-23/17". Disponible en: https://www.corteidh.or.cr/docs/opiniones/resumen_seriea_23_esp.pdf

República de Chile (1980). "Constitución Política de la República de Chile". Disponible en: https://obtienearchivo.bcn.cl/obtienearchivo?id=documentos/10221.1/60446/3/132632.pdf

Dihlac, M., Mai, V., Mörch, C., Noiseau, P., & Voarino, N. (2020). "Pensar la Inteligencia Artificial responsable: una guía de deliberación". Disponible en: https://opendialogueonai.com/wp-content/uploads/2020/07/ES_Delib.pdf

Freeman C (1995). "The national system of innovation from a historical perspective". Cambridge Journal of Economics, 19(1): 1-19

McCarthy, J. (1955). A proposal for the Dartmouth summer research project on Artificial Intelligence

Meadows, M. and O'Brien, F. A. (2020) "The use of scenarios in developing strategy : an analysis of conversation and video data", Technological Forecasting and Social Change, 158, 120147

Ministro de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación (2020). "Borrador Política Nacional de Inteligencia Artificial". Disponible en: https://www.minciencia.gob.cl/legacy-files/borrador_politica_nacional_de_ia.pdf

Ministerio del Medio Ambiente (MMA) (2017). "Plan de Acción Nacional de Cambio Climático 2017-2022". Disponible en: https://mma.gob.cl/wp-content/uploads/2017/07/plan_nacional_climatico_2017_2.pdf

Phelps, R. y Kapsalis, S. (2001) Does scenario planning affect performance? Two exploratory studies. Journal of Business Research 51, pp. 223-232

Selin, C. (2006). Trust and illusive force of scenarios. Futures, 38 (1), pp. 1-14.

Schoemaker, P. (1993) Multiple scenario development: its conceptual and behavioral foundation. Strategic Management Journal, 14, pp. 193-213

Torres, J. P., Kunc, M. and O'Brien, F. A. (2017) "Supporting strategy using system dynamics", European Journal of Operational Research, 260, 3, 1081-1094

Volkery, A., Ribeiro, T. (2009) Scenario planning in public policy: Understanding use, impacts and the role of institutional context factors. Technological Forecasting and Social Change, 76, (9), pp. 1198-1207.

Wack, P. (1985) Scenarios: shooting the rapids. Harvard Business Review, 63 (6), pp. 139-150

Wright, G., Cairns, G., O'Brien, F. A. and Goodwin, P. (2019) "Scenario analysis to support decision making in addressing wicked problems: pitfalls and potential", European Journal of Operational Research, 278, 1, 3-19

Futuro del Trabajo

# Desafíos para el Futuro del Trabajo en Chile

*Coordinador: Pablo Egaña del Sol*
*Universidad Adolfo Ibañez*

**Miembros**

- Pablo Egaña, Profesor UAI Nucleo Milenio sobre Evolución del Trabajo (MNEW) y COES. Coordinador subcomisión.
- Mariana Huepe, Investigadora División de Desarrollo Social, CEPAL. Sub-coordinadora subcomisión.
- David Bravo, Profesor PUC.
- Alejandro Micco, Profesor UCHILE.
- José Miguel Benavente, Director Innovación BID y Profesor UAI.
- Claudia Martínez A., Profesora PUC y JPAL LAC.
- José Opazo, Profesor UAI.
- Alexis Montecinos, Profesor Suffolk U, Boston.
- Gonzalo Muñoz, Profesor U Estatal de O´Higgins. Catalina Amigo, Investigadora NEST-r3 UCHILE.
- Julio Labraña, Profesor Universidad de Tarapacá.
- Gabriel Cruz, Investigador UAI y JPAL LAC.
- Benjamín Villena, Profesor UDP.
- Juan Velázquez, Profesor UCHILE.
- Patricio Aroca, Profesor UAI.
- Juan Pablo Torres, Profesor UCHILE.
- Macarena Bonhomme, Investigadora UDP y COES.

## Participantes

- Dante Contreras, Profesor UCHILE y Subdirector COES.
- Gonzalo Mena, Investigador Oxford University.
- Jeanne Lafortune, Profesora PUC y JPAL LAC. David Autor, Profesor MIT.
- Suresh Naidu, Profesor Universidad de Columbia, New York.
- Glenda Quintini, OECD.
- Patricia Navarro-Palau, OECD.
- Raúl de la Puente, Fundación Chile XXI.
- María Angélica Ibáñez, Fundación Chile XXI.
- Eugenio Rivera, Fundación Chile XXI.
- Mario Alburquerque, Fundación Chile XXI.
- Sergio Olivares, Fundación Chile XXI.

## Colaboradores

- Senador Guido Girardi, Senado de Chile.
- Senador Francisco Chahuán, Senado Chile.
- Senador Juan Antonio Coloma, Senado Chile.
- Senador Alfonso de Urresti, Senado Chile.
- Senadora Carolina Goic, Senado Chile.
- Juan Walker, Senado de Chile.
- Marek Hoehn, Biblioteca del Congreso Nacional (BCN).
- Felipe Rivera, Biblioteca del Congreso Nacional (BCN).
- Mauricio Amar, Biblioteca del Congreso Nacional (BCN).

## Introducción

La cuarta revolución industrial 4.0 se caracteriza por la llegada de la inteligencia artificial y de la robótica avanzada a los procesos productivos, así como por la profundización del uso de las tecnologías de información y comunicación (TIC) asociadas a los cambios tecnológicos de los 1980s y 1990s. Una característica importante de esta revolución es que viene de la mano con una mayor capacidad para procesar una inmensa y creciente cantidad de datos (Big Data), usando diversas metodologías y algoritmos

que se han perfeccionado en los últimos 30 años. Esta capacidad de cómputo en constante expansión y el desarrollo formal de técnicas en estadística (como *deep learning* o *reinforcement learning*), han permitido que la nueva generación de algoritmos pueda facilitar el "aprendizaje" de estructuras complejas dentro de un gran volumen de datos. Este aprendizaje le permite a robots y computadores encontrar soluciones de manera precisa y eficiente a una amplia gama de problemas, como visión computacional, procesamiento de lenguaje, control autónomo, *decision intelligence*, entre otros.

Como en antiguas revoluciones tecnológicas (relacionadas con la máquina a vapor y energía eléctrica), estas nuevas tecnologías representan oportunidades en términos de productividad y crecimientos de bienestar. Sin embargo, también constituyen una disrupción importante en la organización actual del trabajo con efectos diversos para trabajadores, por género, territorios y sectores económicos (OIT, 2019).

En concreto, el mundo está viviendo un importante periodo de transiciones donde nuevas fuerzas tecnológicas, medioambientales y demográficas plantean desafíos urgentes. En este sentido, el Futuro del Trabajo no se refiere solo a los impactos futuros de estas nuevas fuerzas de cambio, sino también a aquellos que ya es posible observar en la actualidad. No obstante, es importante destacar que el Futuro del Trabajo es también un escenario en construcción: la organización futura del trabajo en el país depende en gran manera de las acciones, decisiones y estrategias que el Estado, las empresas y los trabajadores tomen en el presente (Bosch et al., 2018).

Este documento presenta los principales desafíos y esboza las dimensiones relevantes para elaborar una estrategia para el mundo del trabajo en Chile en el contexto de la revolución 4.0. El contenido expuesto en este documento se desprende del trabajo realizado por la subcomisión "Futuro del Trabajo" de la Comisión Desafíos de Futuro, Ciencia, Tecnología e Innovación, del Senado de Chile. La primera sección introduce la necesidad de implementar una Estrategia para el Futuro del Trabajo en el país que permita abordar los desafíos presentes y futuros en búsqueda de un desarrollo sustentable e inclusivo, y presenta algunas experiencias internacionales relevantes. Luego, la segunda sección entrega más detalles acerca de las amenazas y oportunidades para el

mundo del trabajo en el contexto de la actual revolución tecnológica, considerando también las desigualdades persistentes que caracterizan el mundo del trabajo en Chile (a nivel de género, socioeconómicas y territoriales) y otras fuerzas de cambio simultáneas y relevantes (cambio climático, envejecimiento de la población y migraciones). Finalmente, la tercera sección concluye con orientaciones de política pública y de acciones que consideramos importantes dado el contexto nacional.

## I. Una Estrategia para el Futuro del Trabajo: Algunas experiencias internacionales

El trabajo tiene un rol fundamental en la vida de las personas y en el funcionamiento de la sociedad. Desde el punto de vista individual, el trabajo otorga ingresos que permiten satisfacer necesidades materiales y ayuda a forjar una identidad creando vínculos que otorgan sentido y propósito. Desde una mirada colectiva, el trabajo es central para el funcionamiento de la economía, la cohesión y la reproducción social (OIT, 2019). Sin embargo, como mostraremos en la próxima sección, el trabajo puede estar asociado a situaciones de exclusión, inseguridad, desigualdad e invisibilización. En otras palabras, no todos los trabajos ofrecen condiciones dignas, seguras, igualitarias y de reconocimiento.

Distintos países han implementado esfuerzos coordinados a nivel nacional para enfrentar la revolución digital en el mundo del trabajo (ver Tabla 1). Entre las distintas experiencias, destacan la iniciativa "Future of Work: 2035 – For Everyone to Shine" de Japón y el Consejo de la Disrupción en Dinamarca. El año 2016, el Ministerio de Salud, Trabajo y Bienestar de Japón creó un órgano consultivo compuesto por expertos y asesores de distintos sectores y grupos de interés, incluidos trabajadores y empleadores. Tras un periodo de reuniones y consultas (12 sesiones entre enero y agosto), el panel publicó un informe final en el cual propuso un conjunto de cambios considerados necesarios para alcanzar una sociedad en la que "todos brillen". El documento aborda los cambios y desafíos que enfrenta la sociedad nipona, entre los que destaca el envejecimiento poblacional junto a tasas de natalidad decreciente y los impactos de las distintas innovaciones tecnológicas, tanto corrientes como estimadas. Sus propuestas, que incluyen acciones en educación, innovación, regulación laboral, se-

guridad social, acceso a la información, entre otras (ver Figura 1), se enfocan en crear una sociedad en la que "todos los miembros, incluidas mujeres, hombres, jóvenes, personas mayores, personas con discapacidad, personas afectadas con graves enfermedades y personas que han fracasado en la vida, tengan sus oportunidades y roles para encontrar la realización en sus trabajos y vidas" (FW2035 Panel, 2016: 4).

De manera similar, el Danish Disruption Council o "Consejo de la Disrupción" fue creado por el gobierno danés el año 2017 para anticipar los desafíos y oportunidades de las nuevas tecnologías en el mercado laboral, y discutir "el mejor camino para que Dinamarca navegue hacia el futuro" (Gobierno Danés, 2019: p.6). El consejo se constituyó por 8 ministros[1] y 30 miembros permanentes seleccionados por el gobierno, los cuales incluyeron representantes sindicales y de empresas, CEOs de las compañías más importantes del país, expertos y emprendedores. El consejo funcionó durante dos años como un foro para la creación de políticas públicas, siguiendo dos ambiciones generales: (1) mantener a Dinamarca como uno de los países más ricos del mundo y (2) asegurar que los beneficios de los desarrollos futuros lleguen a todos los daneses. En este periodo, el consejo sesionó en distintos lugares del país (un total de 8 sesiones), visitó empresas e instituciones educacionales locales, realizó debates públicos y presentó propuestas, estrategias y acuerdos políticos tripartitos. El trabajo del consejo concluyó el año 2019 con la publicación de un reporte en conjunto con el gobierno danés, en el que este último se comprometió con 15 objetivos agrupados en cuatro temas identificados como prioritarios para el país: (1) estado de bienestar próspero e igualitario, (2) educación futura en la era digital, (3) empresas digitales competitivas y (4) mercado de trabajo flexible, robusto y seguro[2]. Con el fin de avanzar hacia estos objetivos e implementar las medidas concretas discutidas por el consejo (ver Figura 1), el gobierno aseguró financiamiento (un billón de coronas danesas, € 13.4 millones)

[1] Además del primer ministro, quien presidió el consejo danés, en éste también participaron los ministros de Finanzas, Asuntos Económicos y del Interior, Trabajo, Innovación del Sector Público, Educación, Educación Superior y Ciencia e Industria, Empresas y Asuntos Financieros (Gobierno Danés, 2019).

[2] Además, el gobierno danés se comprometió a publicar una revisión anual que diera cuenta de los avances alcanzados en cada uno de los 15 objetivos.

para el periodo 2018-2022.

**Tabla 1: Algunas experiencias internacionales**

| País | Iniciativa | Integrantes / Participantes | Objetivos | Año o periodo | Resultados |
|---|---|---|---|---|---|
| **Japón** | Comisión: "Future of Work: 2035 – For Everyone to Shine" | CEO's, académicos e investigadores ( 14 expertos) y representantes de empresas y trabajadores (5 asesores o consejeros). | Una sociedad en la que todos tengan oportunidades y roles para alcanzar la realización en la vida y en el trabajo. | 2016 | Un informe con diagnóstico y propuestas de política. |
| **Dinamarca** | Consejo: Danish Disruption Council | 8 ministros y 30 miembros permanentes (representantes de empresas, trabajadores, CEO's de empresas estratégicas, expertos y emprendedores). | (1) Mantener al país como uno de los más ricos del mundo, (2) mantener y fortalecer apertura comercial y (3) continuar siendo un país seguro, igualitario, con fuerte cohesión social y oportunidades para todos. | 2017-2019 | Realización de debates públicos, promoción de acuerdos tripartitos y un informe identificando avances y desafíos, con propuestas de política pública (con financiamiento asegurado). |
| **Noruega** | Comisión: Sharing Economy Committee | 9 miembros: 7 académicos/ expertos, un representante de la conferación de empresas noruegas y un representante de la confederación de sindicatos del país. | Identificar oportunidades y desafíos en la regulación de la economía de plataformas | 2016-2017 | Un informe con propuestas de reformas legislativas. |
| **República de Corea** | Estrategia nacional: Desarrollo sostenido de competencias laborales (y de la economía nacional) | Participación coordinada de distintas instituciones gubernamentales, en colaboración con industrias, instituciones académicas y otros grupos de interés (ej. sindicatos, proveedores de capacitaciones). | Alinear el desarrollo de la fuerza laboral con objetivos de desarrollo económico. | Desde la década de los 60s | Transformación exitosa del sistema de formación de la fuerza de trabajo (en téminos de estrategia, supervisión, implementación y calidad). |

**Fuente: Elaboración subcomisión con información en FW2035 Panel (2016), Gobierno Danés (2019), Ministerio de Finanzas de Noruega (2017) y Banco Mundial (2013).**

Otra iniciativa internacional para enfrentar los desafíos de la revolución digital, aunque con un foco más acotado que las experiencias anteriores, es el Sharing Economy Committe o "Comisión de Economía Colaborativa" de Noruega. Esta comisión fue nombrada por el gobierno en marzo del año 2016, y su mandato se limitó a evaluar las oportunidades y los desafíos de regulación asociados al desarrollo de la economía de las plataformas. El comité – compuesto por expertos y representantes de consumidores, empresas, sindicatos y emprendedores – se enfocó principalmente en las plataformas de los mercados de transporte y alojamiento, y propuso cambios legislativos relacionados con la protección de los trabajadores y consumidores, así como regulaciones a los mecanismos de tributación (ver Figura 1).

Finalmente, otra experiencia importante de mencionar es la de República de Corea, país que se destaca a nivel internacional por su exitosa experiencia de desarrollo de su fuerza laboral. Desde la década de los 60s, la economía coreana ha crecido sostenidamente, pasando de ser uno de los países más pobres del mundo a un país desarrollado con una economía basada en el conocimiento avanzado. Durante todo este periodo, Corea del Sur ha implementado diversas acciones para alinear las competencias de la fuerza laboral con objetivos estratégicos de desarrollo económico. Estos esfuerzos han involucrado la participación coordinada de distintas instituciones gubernamentales en torno a una estrategia de desarrollo común, en colaboración con industrias, instituciones académicas y otros grupos de interés. El Banco Mundial (2013) destaca la exitosa experiencia coreana y resume sus principales acciones en materia de formación laboral entre 1970 y 2010. Además de las decisiones estratégicas en términos curriculares y en relación a la supervisión y administración de las instituciones educacionales y de capacitación, en Banco Mundial subraya la importancia que tuvo para Corea del Sur el contar con sistema precisos y robustos de monitoreo y anticipación de competencias laborales.

**Figura 1: Algunas propuestas de comisiones o consejos extranjeros enfocados en el futuro del trabajo y de la economía bajo la revolución digital**

**Fuente: Elaboración subcomisión con información en FW2035 Panel (2016), Gobierno Danés (2019) y Ministerio de Finanzas de Noruega (2017).**

## II. Principales desafíos para el Futuro del Trabajo en Chile

Hasta antes de la pandemia, Chile venía experimentando durante décadas una senda positiva en términos de superación de pobreza, nivel general de salarios y participación laboral femenina, entre otros indicadores. De acuerdo al PNUD (2020), la tasa nacional de pobreza por ingresos se redujo desde 68.5% a 8.6% entre 1990 y 2017 y, entre el 2009 y 2017, la proporción de personas en situación de pobreza multidimensional cayó de 27,4% a 18,6%. Además, la participación laboral femenina aumentó 16 puntos porcentuales en el periodo 1990-2013, desde 32% a 48% (Aninat et

al., 2017). De manera similar, el porcentaje de mujeres que contribuye a los ingresos del hogar aumentó del 28,7% al 38,6% entre 1990 y 2009 (Henríquez y Riquelme, 2010).

No obstante, la crisis sanitaria y económica ha significado un retroceso en muchas de estas variables y no es claro todavía cuán profundos y persistentes serán sus efectos sociales y económicos. La evidencia muestra que los hogares más afectados han sido aquellos con una mujer como jefa de hogar: El 40% de estos hogares ha visto reducido el número de personas ocupadas y alrededor de un 30% no tiene a ninguna persona trabajando durante la crisis sanitaria, en comparación con el 24% de los hogares con jefatura masculina (Bergallo et al., 2021). Así, el país enfrenta en la actualidad un desafío de reactivación económica y social importante que debe incorporar no solo una mirada de futuro que permita beneficiarnos del cambio tecnológico constante en el contexto post pandémico, sino también con asegurar que la recuperación sea equitativa y sustentable en términos sociales, económicos y medioambientales.

Esta sección presenta los cambios y desafíos específicos a la 4ta revolución industrial, poniendo énfasis en sus articulaciones con las desigualdades persistentes que caracterizan el mercado laboral nacional y con otras fuerzas de cambio relevantes para la reorganización futura del trabajo en Chile.

## II. 1. Desigualdades persistentes

### a. Desigualdades de género

La participación laboral femenina (PLF) en América Latina ha aumentado sustancialmente en las últimas décadas, no obstante la velocidad del crecimiento se había estancado antes de la pandemia actual. En el 2018, la tasa de PLF en la región era de 56.6%, mientras que el promedio de los países desarrollados era de 70.7% (CEPAL, 2019). En el caso de Chile, la PLF aumento de 46,8% a 52,5% entre el 2010 y el 2019 (Cerda et al., 2020). Sin embargo, esta tasa se encontraba bajo el promedio de la región, y tenía una brecha de más de 20 puntos porcentuales respecto a la tasa de participación de los hombres. Esta brecha se observa también en la tasa de empleo, así como en la proporción del empleo informal, el que tiene también una mayor prevalencia en las mujeres. Al mismo

tiempo, la brecha salarial entre hombres y mujeres es de 21,6% en Chile, mientras que el promedio mundial es de 22,4% (OIT, Global Wage Report 2018-19).

A pesar de los avances pre-pandemia en PLF, la responsabilidad del trabajo no remunerado en Chile sigue recayendo principalmente en las mujeres. Las mujeres de todas las edades y condiciones socioeconómicas destinan en general más horas que sus contrapartes masculinas al trabajo no remunerado en hogares y comunidades, es decir, a actividades relacionadas con la mantención y administración del hogar y la comunidad[3], y con el cuidado de niños y niñas, personas mayores y personas en condición de dependencia. En efecto, de acuerdo con datos de la Encuesta Nacional sobre Uso del Tiempo[4] para el año 2015, las mujeres destinaban en promedio tres horas diarias más que los hombres a actividades de trabajo no remunerado, entendido como todas aquellas actividades asociadas al trabajo doméstico y al cuidado de integrantes del propio hogar, de otros hogares y de la comunidad. Más aún, la evidencia sugiere que esta brecha no disminuyó, e incluso puede haber aumentado, en el contexto de la pandemia.[5]

Debido a la desigual distribución del trabajo no remunerado, las mujeres enfrentan costos importantes en términos de participación y segmentación laboral. Según datos de la Encuesta de Caracterización Socioeconómica Nacional del año 2017, el 51% de las mujeres entre 15 y 64 años que se encontraban fuera de la fuerza laboral señaló a las tareas domésticas y/o de cuidado como uno de los principales obstáculos para buscar trabajo o iniciar una actividad por cuenta propia, mientras que solo 3% de los hombres

---

[3] Por ejemplo, según datos del Observatorio de Género, Mujeres y Territorios para los territorios rurales-urbanos en Chile (es decir, para todo el país excluyendo grandes metrópolis y territorios rurales profundos), las mujeres participan un 15% más que los hombres en juntas de vecinos (Observatorio de Género, Mujeres y Territorios, 2020).

[4] Encuesta de carácter nacional y válida para zonas urbanas.

[5] Buitrago y Bronfman (2021) señalan que un mayor porcentaje de mujeres (9%) han dejado de trabajar en comparación a los hombres (0.7%) debido a que necesitan más tiempo para cuidar a sus hijos, hijas o familiares enfermos. De manera similar, el Centro UC de Encuestas y Estudios Longitudinales encontró que las mujeres en Chile dedicaron nueve horas semanales más que los hombres a tareas domésticas y de cuidado durante la pandemia.

inactivos en el mismo rango etario nombra estas actividades como limitaciones relevantes. En concreto, al concentrar las responsabilidades de cuidado, las mujeres enfrentan mayores obstáculos para asumir determinadas tareas o responsabilidades en el mercado laboral, lo cual afecta directamente sus patrones de participación laboral.

Otro factor que afecta la participación femenina en el mercado del trabajo es el conjunto de normas sociales respecto al rol de la mujer. Estas normas configuran expectativas en torno a lo que las mujeres pueden y deberían hacer, afectando sus aspiraciones desde temprana edad y, en particular, sus trayectorias formativas. Investigaciones han mostrado que, en comparación con los hombres, es más probable que las mujeres subestimen sus competencias y tengan menos confianza en sus habilidades para obtener y profitar de un trabajo. Las normas sociales de género también afectan cómo las mujeres son percibidas por los demás. Por ejemplo, existe evidencia de que éstas tienen menos probabilidades que los hombres de ser recomendadas laboralmente dentro de sus redes de contacto. Asimismo, las prácticas discriminatorias de contratación, la seguridad (por ejemplo, en el transporte) y ciertas regulaciones a su contratación han sido señalados como obstáculos importantes para mayores tasas de participación femenina (Pimkina y de la Flor, 2020).

Más aún, una vez que se encuentran trabajando, las mujeres tienden a concentrarse en ocupaciones más flexibles, de menor calidad y remuneración y con menores requerimientos de capital humano que los hombres (Banco Mundial, 2019). Esta desigualdad laboral se relaciona directamente con el hecho que las mujeres se concentran en ocupaciones tradicionalmente consideradas 'femeninas' relacionadas con servicios menos valorados socialmente y porque tienen una menor representación en posiciones de liderazgo o en cargos de mayor jerarquía. Además, a pesar de que las tasas de inserción en la educación terciaria son similares entre hombres y mujeres, las mujeres tienen una menor representación en carreras relacionadas con ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas (STEM), las cuales no solo se caracterizan por tener una mayor productividad y mejores remuneraciones, sino también se estima serán más demandadas en el contexto del futuro del trabajo (Bustelo, Egaña, Ripani, et al., 2020).

**b. Desigualdades educacionales y socioeconómicas**

El mercado laboral en Chile es heterogéneo y desigual en términos de remuneración y calidad. En particular, los trabajadores remunerados se pueden clasificar como asalariados, cuenta propia (o autoempleados) y empleadores. De acuerdo a su situación contractual, los asalariados se pueden subdividir en asalariados con contrato indefinido, asalariados con contrato de corta duración (incluye a honorarios) y asalariados sin contrato. La estructura del mercado laboral chileno se ha mantenido relativamente estable durante la última década. En general, menos del 50% de los trabajadores remunerados corresponden a asalariados con contrato indefinido mientras que el 30% aproximadamente corresponde a asalariados sin contrato y trabajadores por cuenta propia. Sin embargo, en el segundo trimestre del año 2020, los asalariados con contrato indefinido aumentaron su participación relativa en el total de ocupados, mientras que los trabajadores sin contrato y por cuenta propia la disminuyeron. En un contexto de crisis –es decir, donde las nuevas contrataciones se mantienen al mínimo-, estos cambios reflejan el mayor riesgo de desempleo que enfrentan los trabajadores que no cuentan con una relación contractual con un empleador.

Además de estar más expuestos a los shocks negativos, este subconjunto de trabajadores es también el que se encuentra más desprotegido al momento de enfrentarlos. Por un lado, la legislación laboral chilena está construida sobre la idea del trabajador asalariado con empleo estable y formal, el cual no representa la totalidad de los trabajadores en el país. Al no cotizar en los sistemas de seguridad social o al hacerlo de manera interrumpida, muchos trabajadores no cuentan con fondos para acceder a prestaciones de carácter contributivo como las pensiones de vejez, invalidez y sobrevivencia, y los seguros de salud, de cesantía, y de accidentes laborales y enfermedades profesionales. A pesar de que un subconjunto de estos trabajadores accede a prestaciones de carácter solidario como la pensión básica solidaria y el subsidio de cesantía, entre otros, los montos de estas transferencias son muchas veces insuficientes para satisfacer sus necesidades mínimas y las de sus familias (además, dado su carácter focalizado, el sistema tiene el riesgo de cometer errores de exclusión, es decir, dejar a personas que necesitan ayuda sin acceso a apoyo público). Más aún, al no ser parte del Código del Trabajo, los trabajadores de-

pendientes e independientes que no cuentan con una relación contractual formal están desprotegidos legalmente en diversas situaciones, como por ejemplo en aquellas relacionadas con las condiciones de higiene y seguridad en sus puestos de trabajo, o con la protección del embarazo y la maternidad. Por otro lado, los trabajadores asalariados sin contrato, así como los autoempleados, también tienen en general menores remuneraciones, lo que dificulta la posibilidad de contar con ahorros propios para enfrentar periodos de desempleo o shocks económicos.

Las desigualdades que caracterizan la organización del trabajo remunerado en Chile se originan y reproducen en parte a través de las diferencias en el acceso a educación y capacitaciones. En efecto, si bien Chile muestra una cobertura educativa elevada especialmente en el nivel de la formación terciaria, ésta se distribuye desigualmente entre los diferentes sectores de la población, contribuyendo a la reproducción de desventajas de inicio relacionadas con el nivel socioeconómico, el género o la pertenencia a una etnia, entre otras variables (Carrasco, Zúñiga y Espinoza, 2014; Espinoza y González, 2015; Brunner et al., 2021). Además, las desigualdades de competencias laborales tienden a profundizarse en la edad adulta: Los trabajadores independientes o por cuenta propia además de ser más vulnerables (en términos de seguridad social) y enfrentar mayor incertidumbre (en relación a la recepción de ingresos), también cuentan con un menor acceso a capacitaciones y otras instancias formativas. Dentro de los trabajadores asalariados también existen diferencias de acceso a instancias de formación. Según datos de la Encuesta Longitudinal de Empresas, un 66% de las grandes empresas realizó capacitaciones o acciones para perfeccionar a sus trabajadores el año 2017, mientras que estos porcentajes fueron 37%, 18% y 6% para empresas medianas, pequeñas y micro. Esta diferencia adquiere mayor relevancia al considerar que —de acuerdo a la Encuesta Nacional de Empleo, INE— las mipymes generaron 60% de los puestos de trabajo en el país a comienzos del 2021.

Finalmente, el modelo de relaciones laborales en el país refuerza la desigualdad socioeconómica en el mercado laboral al establecer un sindicalismo a nivel de empresa con escaso poder negociador y contar con una baja cobertura entre los trabajadores. Por un lado, la regulación excluye la negociación a nivel ramal o nacional, así como también a "aquellas materias que restrinjan o limiten la fa-

cultad del empleador de organizar, dirigir y administrar la empresa" (Artículo 306 del Código del Trabajo). Y, por otro, solo el 22% de los asalariados participan de alguna organización sindical versus el promedio del 47% en los países de la OECD (Dirección del Trabajo, 2020) (Pérez Sepúlveda, 2018, 2020).

**c. Desigualdades territoriales**

Basados en estudios recientes del Centro de Economía Regional de la UAI, se identificaron al menos tres elementos relevantes relacionados al futuro del trabajo que impactan en el proceso de generación de desigualdades territoriales en Chile. Un primer elemento es la dinámica que ocurre como resultado del desarrollo tecnológico en el sector transporte y telecomunicaciones, es decir, la separación de las decisiones -antes simultáneas- de dónde vivir y dónde trabajar a través del fenómeno conocido como conmutación de larga distancia o conmutación interregional. En el contexto de la pandemia y la profundización del uso de TIC y plataformas como Zoom y Google Meet, ha ocurrido la sustitución de la conmutación interregional por el trabajo online desde el hogar o la oficina central. Si algunas de estas tecnologías llegaron para quedarse, uno podría esperar una mayor deslocalización del trabajo a escala nacional e incluso internacional en las próximas décadas. Así, la localización de las empresas en un territorio ya no garantiza su desarrollo, ya que los trabajadores podrán cada vez más elegir dónde vivir en base a criterios de calidad y costos de vida, independientes de la localización de su trabajo.

Un segundo elemento que atenta contra la generación de mercados laborales locales completos o complejos es el drenaje de cerebros que se produce en el proceso de selección universitaria. Aceptando que los puntajes de las pruebas de selección universitaria (PAA, PSU o PTU) son un buen indicador de la inteligencia y habilidades de los estudiantes, un porcentaje superior al 95% de aquellos que sacan altos puntajes (superior a 700 de un máximo de 850) en Santiago se quedan estudiando en la capital, mientras que más del 50% de los estudiantes de regiones con similar puntaje emigra a estudiar a la Región Metropolitana (RM). Por el contrario, considerando sólo a aquellos estudiantes que sacan menos de 550 puntos, más del 80% de la RM migra hacia regiones y la migración desde regiones a Santiago es casi nula.

Un tercer elemento que afecta al mercado laboral indirectamente es la concentración territorial de los dueños del capital, los trabajadores con ingresos altos y sus familias. La concentración territorial de los ingresos genera un círculo virtuoso a nivel local a través de una mayor demanda de bienes y servicios complejos y especializados y mayores ingresos municipales (a través de aumentos de recaudación de impuestos locales, como contribuciones, permisos de circulación, patentes de negocios, entre otros). Sin embargo, en conjunto con la conmutación laboral interregional y en ausencia de incentivos y mecanismos fuertes de redistribución, la concentración tiende a profundizar las desigualdades de calidad de vida entre los habitantes de distintas localidades a través de la intensificación de las diferencias de acceso a bienes públicos y privados de calidad.

### II. 2. Desafíos de la 4ta revolución industrial

La cuarta revolución digital se caracteriza por la presencia de un cambio tecnológico acelerado que ha transformado, y seguirá haciéndolo, diversos aspectos de nuestras vidas desde cómo nos relacionamos con otros, hasta los modos de producción, las estructuras productivas y los modelos de negocios. Muchos de estos cambios son inciertos, ya que no conocemos en el presente todas las tecnologías que existirán dentro de los próximos años y no podemos estimar con precisión la amplitud y profundidad de los impactos que éstas tendrán en modos futuros de organización social y económica.

La actual revolución tecnológica se distingue de otros procesos similares anteriores por la velocidad de expansión y adopción de las nuevas tecnologías, la cual no tiene precedentes históricos. Más aún, como se muestra más adelante, la pandemia actual ha acelerado muchos de estos procesos de transformación tanto en el mundo como en diversas industrias chilenas. Sin embargo, es importante destacar que, a nivel mundial, la adopción de tecnologías como la Inteligencia Artificial ha sido más lenta de lo que se esperaba hace algunos años (MIT Technology Review, 2019; US Census Bureau Report, 2020). Si bien las grandes empresas han podido adoptar tecnologías basadas inteligencia artificial de manera agresiva, los altos costos de adopción de estas tecnologías mantienen, por el momento, un nivel más modesto de transformación en pequeñas y medianas empresas.

En relación con sus impactos en el mercado laboral, los cambios tecnológicos recientes se pueden agrupar en dos tipos, a veces superpuestos. Por una parte, se encuentran las tecnologías de automatización, que permiten automatizar tareas que tradicionalmente realizan seres humanos, y, por otra parte, las tecnologías de intermediación, que aumentan la capacidad de conectar la oferta con la demanda de servicios y bienes. Las tecnologías de automatización incluyen el desarrollo y uso de robots y drones, computadores cognitivos e inteligencia artificial, sensores e internet de las cosas, vehículos autónomos, asistentes inteligentes, entre otros. Mientras que las tecnologías de intermediación están asociadas al uso de plataformas digitales, como por ejemplo aquellas plataformas de transporte compartido (ej. Uber), de intermediación laboral (ej. LinkedIn), de trabajo digital (ej. Freelance) y de uso de bienes de capital (ej. Airbnb) (Bosch et al., 2018). El resto de esta sección presentará los principales desafíos para el mundo del trabajo asociados a ambos tipos de tecnología.

### a. Riesgos de automatización y desempleo

Las tecnologías de automatización no solo crean nuevos puestos de trabajo sino también destruyen empleos. Es decir, por un lado, estimulan la generación de empleo al aumentar la productividad y crear nuevas ocupaciones relacionadas con las nuevas tecnologías. Pero, por un lado, también aumentan la probabilidad de que ciertas tareas más rutinarias y de carácter repetitivo sean reemplazadas por máquinas, softwares y algoritmos. Según estimaciones de la Fundación Chile (2017), más de un 20% de los trabajadores en Chile (1,9 millones de personas) tiene un riesgo alto de automatización. En términos sectoriales, la agricultura, transporte y minería son las que concentran un mayor porcentaje de trabajadores cuyas tareas pueden ser potencialmente reemplazadas completamente -o en gran mayoría- por innovaciones tecnológicas. Sin embargo, considerando su alta participación en el empleo, la organización destaca que el sector comercio es el que enfrenta una situación más preocupante.[6]

En términos territoriales, los datos muestran impactos hetero-

[6] Para mayor información acerca del impacto del cambio tecnológico en el sector comercio, ver Fundación Chile (2020).

géneos (Egaña y Cruz, 2020). En efecto la Figura A1 muestra la probabilidad de automatización por provincia separado en cinco quintiles donde el Quintil 5 corresponde a los territorios con mayores ocupaciones con alta probabilidad de automatización. Por ejemplo, en la región de Antofagasta, la provincia de Antofagasta tiene un 6% de sus trabajadores con alto riesgo de automatización, mientras que la provincia de Tocopilla un 35%.[7] Esto se puede deber a que Antofagasta es una ciudad orientada a servicios para la macro zona Norte, mientras que Tocopilla tiene una economía basada en la minería, la energía y la pesca que son sectores con mayor riesgo de automatización.

Egana-delSol, Cruz, y Micco (2021) calcularon la probabilidad de automatización de cada sector económico, utilizando además un índice de trabajo remoto. En las Figuras A2 y A3 se observa una correlación entre automatización y trabajo remoto, es decir, los sectores con mayor probabilidad de automatización son además los que exhiben menores posibilidades de trabajar de manera remota. Si bien no es una relación causal, podemos argumentar que estos sectores con alto riesgo y baja capacidad de trabajo remoto tienen más restricciones para operar durante la pandemia, y por tanto tienen mayores incentivos para acelerar sus transformaciones tecnológicas.

Por último, Egana-delSol, Cruz y Micco (2022) comparan el nivel de desempleo durante la pandemia de las ocupaciones laborales con alto nivel de automatización con el resto de las ocupaciones encontrando que los trabajos con alta probabilidad de automatización han reducido significativamente su nivel de empleo en comparación con el resto de los trabajos. En el segundo semestre del 2020 las ocupaciones con alta probabilidad de automatización han reducido su empleo en 10 puntos porcentuales aproximadamente.

Muchas de las nuevas oportunidades laborales están y estarán relacionadas con la creación y el uso de tecnologías. Dada la segregación de género presente en el mercado del trabajo y en el sistema educativo, es más probable que sean los hombres quienes se beneficien más de estos nuevos empleos (Amaral et al., 2019; PNUD, 2015). Sin embargo, también se espera que aumenten las oportunidades laborales en el sector salud, cuidados y educación, en los

[7] Ibíd.

cuales las mujeres se encuentran mejor representadas. El crecimiento de estos sectores se relaciona con el envejecimiento de la población (lo cual aumenta la demanda de servicios de cuidado y de salud) y con el aumento que ha tenido y se espera seguirá teniendo la matrícula educativa, especialmente en enseñanza preescolar y secundaria. No obstante, aun cuando los trabajos considerados típicamente femeninos en el sector salud, cuidados y educación tienen un menor riesgo de automatización por el tipo de habilidades que requieren, también se caracterizan por tener una menor remuneración y calidad que aquellos en donde los hombres se encuentran mejor representados (Bustelo, Egaña, Ripani, et al., 2020).

**b. Desequilibrio entre oferta y demanda de competencias**

Los cambios tecnológicos redefinen las habilidades necesarias para el trabajo. Se espera que las habilidades cognitivas avanzadas, como los conocimientos STEM, y aquellas no-cognitivas, como la resolución de problemas, adaptabilidad, movilidad y las habilidades sociales, sean más valoradas y demandadas en el mercado laboral. Por el contrario, los conocimientos y habilidades más relacionadas con la ejecución de tareas rutinarias, o cognitivas no avanzadas tendrán menor demanda y remuneraciones relativas. De no adaptarse la actual estructura de formación técnico-profesional a los cambios en los requerimientos de competencias laborales, se puede profundizar el descalce actual que existe en el país entre las competencias existentes y las demandadas. De acuerdo a los datos de la encuesta PIAAC (2015), Chile es uno de los países de la OECD con mayor descalce en nivel educacional, competencias y áreas de estudio. Un tercio (34%) de los trabajadores se encuentran sobre o sub-cualificados respecto del nivel educacional requerido para su empleo, y la mitad se encuentra en un campo de trabajo distinto al que estudió (Comisión Nacional de Productividad, 2018). Estos descalces son relevantes en términos individuales (menor empleabilidad, remuneración, satisfacción laboral) y agregados (desempleo, subempleo, baja productividad), y se vuelven más preocupantes al considerar que en contextos de rápido cambio tecnológico las nuevas competencias adquiridas pueden quedar rápidamente desactualizadas y obsoletas (Schwab, 2016; Gleason, 2018).

Los estudios disponibles y la opinión casi unánime de los ex-

pertos que estudian el sistema de formación técnico-profesional en Chile plantean que el mayor problema que enfrenta el país en materia de formación de adultos es la ausencia de un sistema integrado y coordinado. En particular, la Comisión Nacional de Productividad (2018) identifica tres factores que inhiben el funcionamiento sistémico de las distintas instituciones de formación técnico-profesional en el país e impactan negativamente en sus resultados: (i) ausencia de alternativas interrelacionadas a los usuarios; (ii) ausencia de coherencia normativa, es decir, la ausencia de una normativa común; y (iii) fragmentación y dispersión de roles, es decir, cada institución actúa dentro del ámbito particular de su mandato e intenta generar mecanismos intrainstitucionales para mejorar su propia gestión. Esta descoordinación estructural origina una proliferación de mediciones, sistemas, criterios y evaluaciones que no solo desaprovechan sinergias y desperdician recursos, sino también confunden al usuario.

### c. Flexibilización y precarización laboral

Las tecnologías digitales, y en particular las plataformas digitales para conectar la oferta y la demanda de bienes y servicios que conforman lo que se conoce en la literatura como 'economía gig', 'economía por tareas', o 'economía de plataformas'. Estas tecnologías permiten mayor flexibilidad laboral y mayor accesibilidad a ciertos tipos de trabajos, tanto dentro como fuera de la frontera nacional. En particular, la extensión de las tecnologías digitales, como los computadores portátiles y los teléfonos inteligentes, crean las condiciones para la proliferación de una amplia gama de servicios a demanda, desde el envío de alimentos a domicilio y servicios de conducción, hasta labores que se pueden realizar a distancia (incluso transnacionalmente), como servicios de contabilidad, ingeniería y consultorías de distinto tipo. Sin embargo, al mismo tiempo que las tecnologías de intermediación y el desarrollo de la economía gig permiten ampliar la participación laboral y los ingresos de las personas, surgen nuevas formas de trabajo caracterizadas por una mayor flexibilidad y rotación laboral, una difusa relación entre empleador y trabajador y una mayor desprotección en términos de seguridad social y regulación laboral.

Las nuevas tecnologías digitales pueden beneficiar a aquellos que buscan empleo parcial o que requieren de mayores grados de flexibilidad horaria, como estudiantes, personas mayores, mujeres

y migrantes (Drahokoupil and Piasna, 2017). Sin embargo, también están asociadas a mayores niveles de precarización laboral, en particular en contextos en que la seguridad social (i.e. pensiones, salud y seguro de desempleo) se basa en la figura tradicional del trabajador asalariado. Además, estudios han revelado importantes vulneraciones de derechos laborales en los trabajadores de plataformas, como horarios laborales extensos y altos niveles de estrés (Arriagada et al., 2021; Graham et al., 2017). La pandemia ha incrementado estas precariedades y ha expuesto la desprotección de los trabajadores de la economía gig: La mayoría no contó con condiciones mínimas de seguridad para evitar el contagio, ni tuvo acceso a beneficios laborales como seguros de cesantía y salud, quedando completamente expuestos a contraer el virus y arriesgarse a reducir sus ganancias o perder sus vidas (Bonhomme et al., 2020; Arriagada et al., 2021; Katta and Ustek-Spilda, 2020).[8]

Por otro lado, las nuevas tecnologías digitales junto con la disminución de los costos de transporte, contribuyen a profundizar los procesos de globalización económica, facilitando la creación de nuevas cadenas de valor y la deslocalización de los procesos productivos (PNUD, 2015).[9] En la actualidad, muchas actividades económicas están integradas en cadenas mundiales de valor que comprenden distintas etapas del proceso productivo, desde la extracción de materias primas hasta servicios de postventa. La naturaleza móvil de estas redes de producción puede generar menor seguridad en el empleo y aumentar los incentivos para reducir costos, ejerciendo presión sobre los salarios y las condiciones laborales de los trabajadores (en especial los no cualificados). Ya que, con el fin de flexibilizar la producción y gestionar costos, las empresas pueden recurrir cada vez más a trabajadores con contratos de corta duración, trabajadores eventuales o por tarea, contratistas independientes y trabajadores subcontratados.

Se ha argumentado que la flexibilidad que ofrecen las plata-

[8] Estos niveles de precariedad laboral impulsaron la movilización de trabajadores tanto en Chile como en el resto de América Latina, quienes salieron a protestar a las calles exigiendo mejores condiciones laborales (Howson et al., 2020).

[9] Por deslocalización nos referimos al proceso mediante el cual las empresas instalan sus centros productivos en lugares con menores salarios y menores regulaciones para ahorrar costos.

formas digitales en torno a dónde, cuándo y cómo trabajar puede resultar atractiva para muchas mujeres que actualmente combinan el trabajo remunerado con el trabajo doméstico no remunerado y de cuidado (OECD, 2018). De manera similar, la economía gig podría ampliar las oportunidades laborales para las mujeres, al reducir las barreras de entrada a sectores y ocupaciones considerados típicamente masculinos y al facilitar el acceso a redes más amplias de clientes o empleadores (Bustelo, Egaña, Ripani, et al., 2020; PNUD, 2015). Sin embargo, la evidencia para América Latina y el Caribe sugiere que, aun cuando en la actualidad las brechas de género en el acceso a las TICs en la región son bajas (en particular, a internet y teléfonos celulares), las mujeres hacen un uso más limitado que los hombres de los dispositivos digitales y de internet. Esta brecha de uso reduce la capacidad de usar efectivamente las tecnologías y los beneficios potenciales que se podrían obtener de ellas, como utilizar plataformas de intermediación laboral o participar como micro emprendedoras en plataformas de comercio electrónico (Egaña, Ripani, et al., 2020; OECD, 2018).

## II. 3. Otras fuerzas de cambio relevantes

### a. Cambio climático

La meta país de alcanzar la carbono-neutralidad al 2050 implica importantes cambios en el mercado laboral asociados, por ejemplo, al cierre programado de plantas termoeléctricas, transformaciones probables en el sector de transporte y movilidad, nuevas regulaciones industriales, entre otros (MAPS Chile, 2014; Ministerio de Energía, 2019). Por un lado, la transición energética deberá estar acompañada de procesos de reconversión laboral adecuada en aquellos sectores que se verán impactados por estos cambios para evitar aumentos significativos de desempleo fomentando el reconocimiento de aprendizajes previos, perfeccionando y reentrenando. Por otro lado, enfrentar riesgos socioambientales, como el cambio climático, requieren de la integración de tecnologías sustentables en sectores críticos para la sociedad, tales como energía, agua y alimentos, y esto requiere formar capital humano especializado requerido en los nuevos empleos (Ministerio del Medio Ambiente, 2016). Estos elementos han de ser considerados en el desarrollo de una estrategia de transición justa.

Paralelamente se requerirá la reconversión y traslado de empleos en zonas afectadas por posibles futuras catástrofes ambientales, desarrollar nuevas competencias asociadas a la gestión proactiva de riesgos y construcción de resiliencia, así como lograr una re-especialización laboral para desarrollar servicios y productos con mayor valor agregado, tanto en la explotación sustentable de materias primas como en nuevos sectores económicos.

**b. Envejecimiento de la población**

El envejecimiento de la población es un fenómeno mundial asociado a la disminución de las tasas de natalidad y el aumento de la esperanza de vida. Además, se ha observado que es un fenómeno feminizado, destacando la mayor cantidad de mujeres mayores, proporción que va aumentando en forma progresiva mientras mayor es la edad observada (CEPAL, 2018). En particular, Chile presenta un envejecimiento acelerado, y se estima que para el 2025 las personas mayores (60 años y más) representarán el mismo número que las menores de 15 años (CEPAL, 2018). Además, el país presenta la mayor expectativa de vida de Sudamérica (79,5 años) y, como se mencionó antes, una marcada feminización de la vejez, en línea con las tendencias globales (Albala, 2020).

Envejecer en Chile no es igual para todas las personas mayores. En particular, las 'desigualdades persistentes' antes mencionadas -de género, socioeconómicas y territoriales- marcan claras diferencias en el acceso a salud, vivienda, en la situación de dependencia y en la distribución de pensiones. Lo anterior se traduce muchas veces en la continuidad de personas mayores en el mercado laboral, bajo condiciones de informalidad y precariedad laboral, dada la ausencia de dispositivos de política pública adecuados que regulen esta situación (Paz, 2011). Esto repercute no sólo en la necesidad de desarrollar mecanismos inclusivos de protección social en la vejez, sino también en la de implementar sistemas de capacitación continua y esfuerzos de reconversión laboral que permitan actualizar conocimientos y competencias a lo largo de todo el ciclo de vida. Los programas de formación continua pueden contribuir a retardar los procesos de deterioro en las habilidades de personas mayores (Picchio, 2015), lo que enfatiza la importancia de desarrollar estrategias de formación continua adaptadas a los distintos grupos etarios y métodos de aprendizaje (Cerda, 2017).

### c. Migración

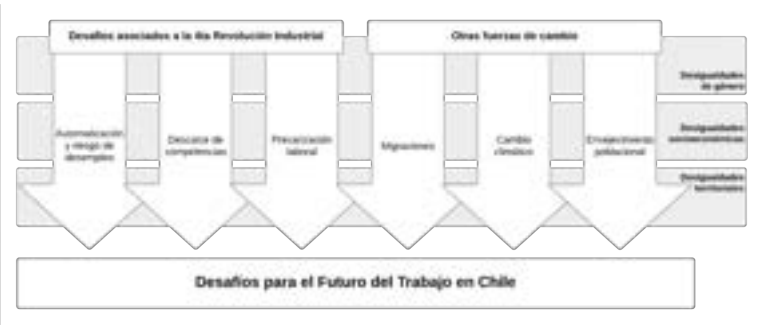
La migración se ha convertido hoy en un fenómeno global que afecta a todos los países, e impacta particularmente sus sistemas políticos, económicos, educativos y de protección social. Chile no es una excepción en este respecto. En efecto, según las últimas estimaciones (INE & DEM, 2020), en las últimas dos décadas el número de migrantes en Chile ha aumentado en un 809% (1.492.522 migrantes); un aumento sin precedentes de las personas migrantes residentes corresponde predominantemente a una migración Sur-Sur.

Los migrantes que llegan a Chile poseen una serie de características. Según el Instituto Nacional de Estadísticas (INE), los principales países de proveniencia han sido Perú (25.2%), Colombia (14.1%), Venezuela (11.1%), Bolivia (9.9%), Argentina (8.9%), Haití (8.4%), Ecuador (3.7%), Brasil, (2.2%) y República Dominicana (1.6%) (INE, 2018). La migración venezolana es la que más ha crecido en los últimos años (INE and DEM, 2020). Las edades de los migrantes fluctúan entre los 25 y 44 años principalmente, y si bien anteriormente la migración era predominantemente femenina, actualmente la distribución es más balanceada y entre el 2018 y 2019 el número de hombres fue mayor que el de mujeres migrantes (INE and DEM, 2020).

## III. ¿Cómo avanzar?: Algunas direcciones de política pública

En este informe hemos intentado destacar la complejidad y las múltiples fuerzas de cambio que moldean y moldearán el Futuro del Trabajo en Chile. La Figura 2 esquematiza los principales desafíos para el mundo del trabajo asociados a la actual ola de cambio tecnológico, e intenta ilustrar su interconexión y superposición con otros desafíos simultáneos. En concreto, los retos que plantea la revolución digital para el mundo del trabajo no son independientes de otras dinámicas que lo afectan, como son los cambios demográficos y la crisis medioambiental. A su vez, los impactos que estas fuerzas de cambio tienen en el mundo del trabajo se encuentran entrelazados con otros elementos de carácter más estructural que caracterizan la desigualdad social y económica en el país, como las inequidades de género, socioeconómicas y territoriales.

**Figura 2: Principales desafíos para el Futuro del Trabajo en Chile**




**Fuente: Elaboración subcomisión.**

Habiendo dicho lo anterior y entendiendo el rol central que cumple el trabajo en la organización de nuestra sociedad, en esta sección presentaremos un conjunto de acciones e intervenciones que nos parecen relevantes para afrontar y encauzar los cambios tecnológicos hacia una sociedad más inclusiva, sustentable y cohesionada.

Creemos fundamental que todas las medidas que proponemos a continuación tengan un componente de diálogo social. La adopción de nueva tecnología crea ganadores y perdedores. La participación de todos los stakeholders (trabajadores, empresarios, inversionistas, organizaciones educacionales y sociales, gobierno) para afrontar los cambios -por ejemplo, para identificar brechas de habilidades y diseñar e implementar programas para desarrollarlas- puede minimizar el daño a individuos y comunidades, y contribuir a una mejor distribución de sus beneficios (OECD, 2018; Autor et al., 2020; OIT, 2019).[10]

### a. Consejo tripartito para el Futuro del Trabajo en Chile

En línea con la experiencia internacional, proponemos la conformación de un consejo constituido por expertos y distintos actores políticos y sociales, para que juntos acuerden una Estrategia para el Futuro del Trabajo en Chile y promuevan acciones de política pública de largo alcance. La participación de todos los grupos de in-

[10] En particular, entre los distintos beneficios, el dialogo social contribuye a adoptar un enfoque de inteligencia artificial "bajo control humano" que garantice que las decisiones definitivas que afectan al trabajo sean tomadas por personas (OIT, 2019).

terés (o *stakeholders*, a saber, trabajadores, empresarios, instituciones educacionales, gobierno, etc.) es importante para lograr acuerdos que tengan la legitimidad para ser sostenibles en el tiempo, y así encauzar el cambio tecnológico hacia objetivos acordados y comúnmente deseados. Como la experiencia danesa, creemos que este consejo podría funcionar como un foro de políticas públicas y regulaciones que alineen los incentivos y las acciones de distintas instituciones gubernamentales y no-gubernamentales con objetivos sociales, económicos y medioambientales. Dentro de las recomendaciones o atribuciones del consejo (dependiendo de su extensión temporal), deben encontrarse además mecanismos para supervisar el cumplimiento de los objetivos y actualizar los compromisos acordados en el contexto de un escenario cambiante.

### b. Formación de habilidades y competencias laborales para el siglo XXI

Consideramos importante que el sistema de formación de capital humano en el país se alinee a los requerimientos de la revolución tecnológica 4.0 y al desafío de cambio económico estructural que impone la crisis medioambiental. En particular, es relevante que, además de fortalecer la enseñanza de competencias digitales y aquellas específicas a los sectores estratégicos para el desarrollo nacional, el sistema educacional y de formación de trabajadores refuerce la formación de competencias cognitivas básicas (i.e. lectura, escritura, aritmética) y avanzadas (i.e. resolución de problemas complejos, pensamiento crítico, creatividad, manejo de datos), y el desarrollo de habilidades socio-emocionales como el trabajo en equipo, la creatividad, la autogestión, el aprendizaje autónomo y la comunicación avanzada, entre otras.

Lo anterior requiere invertir (i) en el desarrollo de la primera infancia, lo que incluye nutrición, salud, protección y educación, ya que durante los primeros años de vida se sientan las bases para la adquisición de habilidades cognitivas y socioconductuales avanzadas en el futuro; (ii) en la etapa escolar, para asegurarse que una mayor escolarización se traduzca en un mayor aprendizaje; y (iii) en la educación terciaria, con especial énfasis en el sistema de capacitación y formación continua en la edad adulta, tanto dentro como fuera del entorno laboral, con el fin de permitir que las y los trabajadores se mantengan productivos en un entorno cambiante.

En particular, para el último punto, es importante la creación de

trayectorias formativas flexibles, con canales de comunicación entre los sectores universitarios y técnico-profesionales de nivel superior (Banco Mundial, 2019). En concreto, se requiere implementar un sistema integrado de formación y aprendizaje que apoye a personas y trabajadores a perfeccionar y adquirir nuevas competencias a lo largo de todo el ciclo de vida, y reconozca aprendizajes previos adquiridos tanto formal como informalmente. En Chile, ha habido avances de en esta materia (ej. Chile Califica[11]), pero estos han sido insuficientes y se requieren mayores esfuerzos de coordinación.

La idea de una formación de nivel superior adquirida una sola vez a lo largo de la vida es hoy insuficiente. Las instituciones de capacitación y formación de adultos deben adaptarse a la demanda por aprendizajes técnicos y profesionales de personas de edades diferentes a las de su estudiantado tradicional. Similarmente, a nivel de pregrado adquiere mayor importancia la enseñanza de habilidades de resolución de problemas complejos con foco en competencias de trabajo interprofesional e interdisciplinario, cuestión que demanda una reorganización profunda del modelo hoy predominante de unidades académicas disciplinares y sin mayores vinculaciones entre sí (Lattuca, 2001; Steinbicker, 2011; Fam et al., 2020).

Finalmente, todo lo anterior es particularmente importante en contextos de envejecimiento poblacional, en tanto también permite aumentar las posibilidades de que los trabajadores de edad avanzada puedan seguir siendo económicamente activos mientras lo deseen (OIT, 2019).

---

[11] El programa Chile Califica fue un proyecto de alcance nacional que se implementó durante el período 2002-2008 con el objetivo de contribuir al desarrollo productivo del país y al mejoramiento de las oportunidades, a través de la construcción de un Sistema de Formación Permanente. Chile Califica contribuyó a dar forma a la arquitectura institucional que sustenta al sistema de formación de adultos en el país en la actualidad, sin embargo, aun cuando intentó coordinar el trabajo de tres ministerios (Educación, Economía y Trabajo y Previsión Social), en la práctica no fue exitoso en establecer un sistema integrado de formación (Catelli, 2016; SCA, 2009).

**Recuadro 2:**

**Experiencias internacionales exitosas en materia de formación de trabajadores**

La OECD propone cinco áreas claves para mejorar los sistemas de formación de competencias laborales en contextos de la revolución 4.0: (i) Mejorar la cobertura y la inclusión de adultos a procesos de formación; (ii) alinear el contenido de formación con las necesidades del mercado laboral; (iii) mejorar la calidad y el impacto de la oferta de capacitación y formación; (iv) asegurar un financiamiento adecuado y sostenible entorno a la formación; y (v) fortalecer los mecanismos de gobernanza. En este contexto, destacan distintas iniciativas internacionales.

**(i) Cobertura e inclusión de adultos a procesos de formación**. Distintos países han puesto incentivos económicos para aumentar la cobertura de capacitación en adultos, fomentando la participación a través de campañas de información pública para concienciar sobre los beneficios del aprendizaje tanto para empresas y trabajadores, y velando por que los salarios reflejen más fielmente las ganancias de productividad de la formación. Algunas experiencias internacionales son:

- **Portugal:** *Qualifica Centres* brinda servicios para informar, orientar, reclutar, validar y certificar habilidades de forma gratuita.
- **Francia:** Trabajadores acumulan créditos de formación en su Cuenta de Formación Personal (*Compte Personnel de Formation*).
- **Corea del Sur:** el programa *CHAMP* facilita la colaboración entre pymes y grandes empresas para la capacitación a trabajadores.
- **Holanda:** Actividades de orientación laboral *(Ontwikkeladvies*) para trabajadores mayores de 45 años.
- **Reino Unido:** *Unionlearn* apoya a los sindicatos para ayudar a los trabajadores a adquirir habilidades para mejorar su empleabilidad.
- **Irlanda:** *Women ReBOOT* ayuda a las mujeres inactivas

a desarrollar habilidad y ganar confianza en sí mismas para ingresar al mercado laboral tecnológico después de una interrupción profesional.

**(ii) Alinear el contenido de formación con las necesidades del mercado laboral.** Para poder cumplir este objetivo varios países se han enfocado en recopilar información de las habilidades necesarias para el mercado laboral para poder anticipar qué tipo de capacitaciones son necesarias, acreditar y certificar a los proveedores de formación, e implementar una sólida cultura de evaluación de la eficacia de políticas y programas.

Algunos ejemplos:

- **Bélgica:** El *Cité de métiers* organiza reuniones semanales para informar a los consejeros (counsellors) sobre los cambios en la demanda laboral.
- **Estonia:** Los empleadores pueden recibir un subsidio de capacitación cuando contratan y forman a personas que buscan empleos en ocupaciones que son relevantes en el mercado laboral.
- **Australia:** Programa de Transición para trabajadores en sectores con bajo nivel de empleo futuro.
- **Suecia:** Los Consejos de Seguridad Laboral actúan antes de los despidos laborales entregando asesoramiento, orientación, y apoyo financiero.

**(iii) Mejorar la calidad y el impacto de la oferta de capacitación y formación.** Para mejorar la calidad y el impacto se han creado iniciativas que buscan guiar a los proveedores de formación. Además, se han creado certificados para otorgar sellos de calidad. Algunos ejemplos:

- **Dinamarca:** Creación de una herramienta de autoevaluación (*VisKvaliter*) que ayuda a medir la satisfacción de los participantes y los resultados de aprendizajes, y también para medir la satisfacción de los empleadores.
- **Japón:** Creación de talleres para que los proveedores de formación se familiaricen y comprendan mejor las nuevas directrices de calidad.
- **Finlandia:** El programa *Liideri* financia proyectos de empresas que buscan mejorar sus operaciones a través

de cambios en gestión, formas de trabajo y utilización de las habilidades de su personal.

**(iv) Tener un financiamiento adecuado y sostenible entorno a la formación.** Ampliar la cobertura de los sistemas de aprendizajes de adultos y mejorar la calidad de la formación requiere recursos financieros. Además de garantizar financiamiento público adecuado, en algunos casos será importante compartir la carga financiera a través de un cofinanciamiento por el gobierno, los empleadores y las personas, teniendo en cuenta la capacidad de pago y los beneficios obtenidos. Algunos ejemplos:

- **Inglaterra:** Creación de Préstamos para Estudiantes Avanzados para que trabajadores adultos sean recapacitados.
- **Noruega:** Subsidios disponibles para los empleadores que entregan capacitaciones (*Bedriftsintern opplæring*).

**(v) Fortalecer los mecanismos de gobernanzas:** La formación de adultos es una responsabilidad compartida que requiere la participación activa de todas las partes interesadas, para garantizar la coherencia y la coordinación de las políticas de aprendizaje. Para esto se han propuesto iniciativas que buscan mejorar la coordinación vertical entre los diferentes niveles de gobierno, fortalecer la coordinación horizontal entre distintos ministerios e incrementar la cooperación entre el gobierno, la sociedad civil y otras partes interesadas.

Algunos ejemplos:

- **Polonia:** Creación de un Equipo Interdepartamental para el Aprendizaje Continuo dirigido por el Ministerio de Educación y compuesto por diez ministerios y la oficina del primer ministro.
- **Alemania:** La ley define los objetivos de la formación profesional, el ordenamiento de las titulaciones y certificaciones, la estructura formativa (niveles y requisitos de acceso), las prácticas laborales, las responsabilidades de las empresas, los mecanismos de medición y monitoreo, entre otros aspectos.
- **Australia:** la formación técnico-profesional está regulada a través de distintas leyes con ajustes territoriales

(siendo un país federal) que constituyen el marco normativo integrado.

En todos estos casos se garantiza un modelo coherente que ofrece trayectorias educativas (formación inicial) y laborales (formación continua) bajo un Marco Nacional de Cualificaciones, un estricto sistema de calidad (público y privado) y un sistema de certificación de competencias basado en perfiles ocupacionales.

**Fuente: OECD (2019) y Comisión Nacional de Productividad (2018).**

### c. Fortalecer sindicatos y mecanismos de negociación colectiva

Consideramos importante balancear las necesidades de flexibilidad y disminución de costos laborales de los empleadores, con la necesidad de seguridad económica y trato justo de los trabajadores. Un sistema balanceado de relaciones laborales contribuirá a una distribución más justa de los costos y beneficios del futuro del trabajo (OECD, 2019). La Organización Internacional del Trabajo define a la representación colectiva de trabajadores y de empleadores como un "bien público" que ha de ser promovido a través de políticas públicas, en tanto "refuerza la pertinencia y la legitimidad de las decisiones adoptadas, así como el compromiso en aras de su aplicación", contribuyendo así a generar las capacidades institucionales que se requieren para guiar la transición hacia el futuro del trabajo (OIT, 2019: p. 43).

Lo anterior requiere esfuerzos públicos para extender y fortalecer los mecanismos de negociación colectiva a todos los trabajadores y empresas, y apoyar las iniciativas de las organizaciones que busquen robustecer su legitimidad representativa. Esta tarea puede requerir cambios legislativos para asegurar la libertad sindical y de asociación de los trabajadores en 'zonas grises' (como aquellas que caracterizan el funcionamiento de la economía de las plataformas, ver abajo) y de las nuevas formas de empresas, así como también acciones concretas para acompañar los esfuerzos de inclusión de organizaciones tradicionales sin desincentivar la emergencia de nuevas formas de organización (OIT, 2019; OECD, 2019).

### d. Modernizar la regulación laboral

Es importante establecer garantías laborales universales que aseguren un conjunto adecuado de derechos y protecciones a todos los trabajadores, independiente de su situación en el mercado laboral (i.e. formal/informal, asalariado/auto-empleado, subcontratado, etc.) (Autor et al., 2020; OIT, 2019). En particular, el mandato de Trabajo Decente incorporado en los Objetivos de Desarrollo Sustentable plantea que todos los trabajadores deberían disfrutar de derechos laborales fundamentales relacionados con la seguridad y la salud en el trabajo, salarios adecuados y límites máximos a la jornada laboral (así como también garantizar un mínimo de horas de trabajo que genere opciones reales de flexibilidad y control sobre los horarios de trabajo) (OIT, 2019).

Dentro de las acciones de política pública en materia de regulación y fiscalización del mercado laboral que adquieren importancia en el contexto de la revolución digital, se encuentran aquellas orientadas a (i) disminuir el "falso empleo por cuenta propia", (ii) reducir el tamaño de la 'zona gris' entre auto-empleo y trabajo asalariado (como es el caso, por ejemplo, de los trabajadores a honorarios en el país), y (iii) extender la protección a aquellos trabajadores donde genuinamente existe ambigüedad en la situación de empleo (como es el caso de los trabajadores de la economía gig) (OECD, 2019) (ver Figura 8).

**Figura 8: Recomendaciones de la OECD para clasificar y proteger a todos los tipos de trabajadores**

| Luchar contra el auto-empleo (o empleo por cuenta propia) | Reducir zona gris entre auto-empleo y trabajo asalariado | Extender derechos y protección a trabajadores en 'zona gris' |
|---|---|---|
| • Asegurar que empleadores y trabajadores estén conscientes de las regulaciones existentes<br>• Fortalecer multas a empresas que clasifican erróneamente a sus trabajadores<br>• Fortalecer la capacidad de fiscalización laboral para detectar infracciones.<br>• Reducir incentivos a la clasificación errónea de relaciones laborales con el fin de evadir impuestos o regulaciones. | • Revisar, actualizar y armonizar definiciones de lo que significa ser un (auto)empleado con el fin de simplificar y reducir la incertidumbre de trabajadores y empleadores. | • Identificar grupos específicos de trabajadores con requerimientos de mayor protección<br>• Decidir derechos y protecciones a extender (salario justo, seguridad y salud, anti-discrminación, protección al empleo, etc.) y si éstos debiesen ser adaptados<br>• Clarificar y asignar deberes y responsabilidades en casos de relaciones triangulares de empleo (lo que incluye economia de las plataformas). |

**Fuente: Elaboración subcomisión con información de OECD (2019).**

**e. Extender y adaptar la Protección Social**

Por razones de inclusión y equidad, así como también para alcanzar objetivos de desarrollo económico, es importante que la protección social sea un derecho al cual accedan todos los trabajadores y sus familias, independiente de su situación contractual (incluyendo a los trabajadores por cuenta propia). Las actuales transformaciones tecnológicas y del mundo del trabajo están asociadas a trayectorias laborales más interrumpidas, con más transiciones entre distintos tipos de empleo y mayores periodos de desempleo. Un piso de protección social que asegure un nivel básico de protección a todos los trabajadores que lo necesiten, contribuye a disminuir incertidumbres e inseguridades, e incentiva la participación productiva en el mercado laboral (OIT, 2019). Como medida general, la universalización de la protección social requiere extender la cobertura de las prestaciones sociales revisando sus criterios de elegibilidad (como el requisito de empleo), pero también esfuerzos públicos orientados a garantizar la correcta clasificación del estatus de los trabajadores para que estos puedan recibir el apoyo que sus circunstancias y riesgos ameritan (OECD, 2019).

Además, se requiere fomentar activamente la creación de empleos formales (Banco Mundial, 2019) y apoyar la inserción en nuevas industrias y trabajos de trabajadores desplazados (ya sea por los cambios tecnológicos o por dinámicas relacionadas con el cambio climático). Esto se logra, por un lado, promoviendo condiciones locales propicias para el desarrollo de negocios y la creación de empleos de calidad y, por otro, ampliando los servicios públicos de empleo (sistemas de intermediación laboral y de formación de trabajadores) para apoyar procesos de transición y reconversión laboral (OIT, 2019). Por otro lado, es importante también adaptar el sistema de protección social, y en particular el seguro de desempleo, a las nuevas formas de trabajo, las cuales difuminan la distinción entre empleo y desempleo (OECD, 2019). En particular, los desafíos del futuro del trabajo requieren extender la protección a los "desempleados a tiempo parcial" o a aquellos trabajadores en empleos precarios que buscan mejorar su situación laboral. En este sentido, es importante asegurar que los programas de empleo se adapten a las nuevas circunstancias de sus clientes o beneficiarios e incluyan políticas adaptadas a las necesidades de grupos específicos, proveyendo distintas alternativas de formación y asesora-

miento profesional personalizado (*career counseling*).

Relacionado con lo anterior, creemos necesario diseñar e implementar políticas especialmente enfocadas en la integración al mercado laboral de grupos en desventaja, como desempleados de largo plazo (es decir, personas que han estado por mucho tiempo involuntariamente fuera del mercado laboral), personas con capacidades diferentes y migrantes. La evidencia internacional muestra que esta integración no es un resultado directo del crecimiento económico, sino que se requieren políticas que consideren el contexto local y la problemática del grupo específico (OECD, 2018). Esto puede involucrar, por ejemplo, desarrollando programas de formación que consideren en su diseño e implementación tanto al grupo poblacional que se quiere beneficiar como a sus potenciales empleadores; y a través de la promulgación de nuevas regulaciones, acceso a financiamiento y apoyo personalizado a empresas sociales que beneficien a estos grupos de trabajadores (OECD, 2018).

### f. Disminuir brechas de género

Hay distintas medidas que podrían implementarse para mejorar la situación de las mujeres en el mercado laboral. Primero, es importante incentivar una mayor adquisición de competencias 4.0 entre mujeres y niñas. Esto, por un lado, para que más mujeres se beneficien de los trabajos mejor remunerados que serán impulsados por el cambio tecnológico, y por otro, para que éstas tengan más influencia en la creación y el uso de las nuevas tecnologías (Bustelo, Egaña, Ripani, et al., 2020). Segundo, se necesitan políticas que corrijan la discriminación de las mujeres en el sistema educacional (desde edades tempranas) y en el mercado laboral (OIT, 2019). Entre algunas medidas mencionadas en la literatura se encuentran aquellas orientadas a fortalecer la voz y el liderazgo de las mujeres, eliminar la violencia y el acoso en el trabajo. Además, la disminución de la discriminación femenina en el mercado laboral podría beneficiarse de políticas de transparencia salarial y acciones afirmativas (como las cuotas de género) para darle visibilidad al liderazgo femenino y contribuir a cambiar estereotipos, e implementar políticas que mejoren el equilibrio entre el trabajo y la vida familiar, tanto para hombres como para mujeres, para evitar que los costos del trabajo doméstico y de cuidados recaigan sólo en las últimas (OIT, 2019; Bustelo, Egaña, Ripani, et al., 2020).

Respecto a este punto, algunas medidas recomendadas son la reformulación de los permisos y licencias parentales y de las políticas de cuidado infantil, para promover la corresponsabilidad dentro del hogar, y la expansión de la oferta pública de servicios de cuidado infantil y de adultos mayores, así como los centros de educación preescolar públicos.

**g. Generar más y mejores datos laborales**

Como se mencionó antes, las nuevas tecnologías destruyen empleos, pero también crean nuevas ocupaciones y puestos de trabajo. No es trivial estimar los cambios netos de empleo que ocurrirán en el contexto de la revolución 4.0 ni determinar con exactitud qué sectores y territorios serán los más afectados. En este contexto, se requieren mejores herramientas para monitorear los cambios en los distintos mercados laborales del país, y así poder anticipar requerimientos y diseñar e implementar medidas que respondan a las necesidades locales.

En Chile existen distintas iniciativas que podrían fortalecerse y escalarse para cumplir con los desafíos del Futuro del Trabajo. En particular, una respuesta a esta necesidad de prospección, anticipación y monitoreo permanente del mercado laboral es la red de Observatorios Laborales Regionales de SENCE (ver más detalles en https://observatorionacional.cl/), la cual tiene el objetivo de generar, analizar y diseminar información relevante para los actores del mundo del trabajo de cada región, a fin de contribuir a la pertinencia territorial a la toma de decisiones de las autoridades, actores privados y de la sociedad civil. Respondiendo a un propósito similar, el Observatorio Laboral de SENCE está desarrollando el Sistema de Análisis de Bolsas de Empleo (SABE) a través del Instituto de Sistemas Complejos de Ingeniería (ISCI). Este proyecto recopila y estandariza información procedente de portales de búsqueda en internet en Chile. Utilizando técnicas de minería de textos y aprendizaje automático (*machine learning),* se desarrollan algoritmos que clasifican los avisos de trabajo y las descripciones del último empleo de los postulantes en categorías ocupacionales. Esta iniciativa permitirá detectar brechas entre demanda y oferta laboral (avisos y postulantes) en distintos nichos de ocupación. Además, en el mediano plazo se detectarán habilidades descritas en avisos de empleo, y se clasificarán los avisos por sector económico, ubicación geográfica y requerimiento educacionales de los

postulantes. Esta información es útil para determinar rutas formativas de capacitación más apropiadas para los postulantes, apoyar las tareas de intermediación laboral que realizan las OMIL (Oficinas municipales de información laboral) y proveer retroalimentación a los actores del ámbito educacional para la continua actualización de los contenidos curriculares de programas existentes, así como la formación de otros nuevos. Finalmente, la Bolsa Nacional de Empleo (BNE), servicio de intermediación laboral de la Subsecretaría del Trabajo, funciona como un portal de ofertas de cursos de formación y entrega información de demanda y oferta de capacitación periódicamente a SENCE.

Respecto a las problemáticas territoriales elaboradas anteriormente, podríamos argumentar que se podría complementar la información con los niveles de conmutación interregional, información que es generada mensualmente por el INE a través de la NENE.

### h. Regulaciones en materias de privacidad, competencia y tributación

Las nuevas tecnologías digitales requieren modernizar las regulaciones en materia de privacidad, competencia y tributación. En particular, distintas organizaciones han recomendado modernizar la reglamentación del uso de datos, y la regulación e inspección de medidas anti-monopolios y monopsonios (OIT, 2019; Banco Mundial, 2019; OECD, 2019). Además, la naturaleza virtual de los nuevos procesos empresariales limita la capacidad de los gobiernos para fiscalizar y recaudar ingresos (Banco Mundial, 2019). En este contexto, es importante mejorar los mecanismos de tributación con el fin de generar espacio fiscal para financiar el desarrollo del capital humano y la protección social con recursos públicos. Entre las medidas sugeridas se encuentran impuestos sobre la propiedad en las grandes ciudades, impuestos selectivos, impuestos a las emisiones de carbono, eliminar técnicas de elusión fiscal, igualar impuesto a las empresas basadas en plataformas digitales con el impuesto a las demás empresas (Banco Mundial, 2019). La Figura 3 resume los resultados y propuestas del *Danish Disruption Council (Dinamarca)* y *Sharing Economy Committee* (Noruega) en estas materias.

**Figura 3: Resultados y propuestas del *Danish Disruption Council* y el *Sharing Economy Committee* en materia de la economía colaborativa o de plataformas**

| Resultados del Danish Disruption Council (Dinamarca)* | |
|---|---|
| **Protección al consumidor** | Diversas iniciativas (24) para definir un marco en donde el consumidor pueda hacer uso de sus propios datos para acceder a mejores productos, y para facilitar un acceso seguro y simple al comercio online |
| **Acuerdos para la economía colaborativa y de las plataformas** | Acuerdos políticos en materia tributaria para contribuir a una estrategia de crecimiento económico a través de la economía colaborativa** |
| | Fortalecer fiscalización de las condiciones de competencia y gigantes tech |
| | Formación del Consejo de la Economía Colaborativa |
| **Ética y datos** | Formación del Consejo de Ética en Datos |
| | Empresas deben declarar sus políticas de ética de datos |
| **Estrategia de Inteligencia Artificial (IA)** | La ambición de Dinamarca es tomar la iniciativa en el desarrollo y aplicación responsable de la IA. La estrategia establecerá lineamientos para el sector público y privado (consideraciones éticas e inversión en IA) |
| **Propuestas del Sharing Economy Committee en Noruega** | |
| **Portal de información** | Para entregar información a consumidores, plataformas y proveedores de servicios acerca de derechos y obligaciones en la economía colaborativa |
| **Mercado del Trabajo** | La mayoría de los miembros del comité consideró que no era necesario reformar la legislación laboral en el país, pero se propuso realizar investigaciones para evaluar más profundamente la situación. |
| **Protección al Consumidor** | Diálogo entre autoridades y plataformas para desarrollar estándares y mejores prácticas en la industria. Si el diálogo no es exitoso, consejo de consumidores escribe lineamientos. Incluir servicios persona a persona. |
| **Impuestos** | La economía colaborativa tributa lo mismo que cualquier otra empresa, para esto -entre otras medidas- la información debe ser clara y estar disponible online (portal de información). |
| **Medidas específicas para mercados especiales** | En el sector **transporte**, la mayoría estuvo de acuerdo en eliminar el requisito de poseer licencia de taxi en los conductores de plataformas (sólo licencia de conducir) y otras medidas relacionadas, por ejemplo, con la fijación de precios y el estatus legal del trabajador. En el sector **alojamiento** no se recomendaron cambios, sólo considerar mayor acceso legal del departamento de estadísticas del país a datos del funcionamiento de la economía de las plataformas. |

**Fuente: Elaboración subcomisión con información de Gobierno Danés (2019) y Ministerio de Finanzas de Noruega (2017).**

## Referencias

Amaral, N., Azuara, O., González, S., Ospino, C., Pagés, C., Rucci, G. & Torres, J. (2019). El futuro del trabajo en América Latina y el Caribe: ¿Cuáles son las ocupaciones y las habilidades emergentes más demandadas en la región? *Banco Interamericano de Desarrollo*.

Aninat, I., González, R., & Szederkenyi, F. (2017). Participación laboral femenina en Chile: aspectos culturales y caminos de reforma. Séptimo Encuentro de la Sociedad Chilena de Políticas Públicas. Encuentro llevado a cabo en Santiago, Chile.

Arriagada, A., Bonhomme, M., Leyton, J. & Ibáñez,F. (2021). "Fairwork Chile Puntuaciones 2021: Estándares Laborales en la Economía de Plataformas". Equipo Fairwork Chile.

Autor, D., Mindell, D. & Reynolds, E. (2020). The Work of the Future: Building Better Jobs in an Age of Intelligent Machines. *MIT Work of the Future.*

Banco Mundial (2013). Republic of Korea: workforce development. SABER Multiyear Country Report.

Banco Mundial (2019). La naturaleza cambiante del trabajo. *Informe sobre el Desarrollo Mundial 2019*.

Bergallo, P., Mangini, M., Magnelli, M., & Bercovich, S. (2021). Los impactos del COVID-19 en la autonomía económica de las mujeres en América Latina y el Caribe. ONU Mujeres.

Bonhomme M, Arriagada A and Ibáñez F (2020) La otra primera línea: COVID-19 y trabajadores de plataformas digitales – CIPER Chile. *CIPER Chile*, 4 February. Santiago. Available at: https://ciperchile.cl/2020/04/02/la-otra-primera-linea-covid-19-y-trabajadores-de-plataformas-digitales/ (accessed 20 June 2020).

Bosch, M., Pagés, C. & Ripani, L. (2018). El futuro del trabajo en América Latina y el Caribe: ¿Una gran oportunidad para la región? *Banco Interamericano de Desarrollo*.

Brunner, J. J., Ganga, F., & Labraña, J. (2021). Universidad y protesta social: una reflexión desde Chile. *Revista Iberoamericana de Educación Superior*, 11(32).

Bustelo, M., Egaña, P., Ripani, L., Soler, N. & Viollaz, M. (2020). Automation in Latin America: Are Women at Higher Risk of Losing Their Jobs?, Inter-American Development Bank.

Carrasco, E., Zúñiga, C., & Espinoza, J. (2014). Elección de carrera en estudiantes de nivel socioeconómico bajo de univer-

sidades chilenas altamente selectivas. *Calidad En La Educación*, 40, 95–128

Catelli, R. (2016). Políticas de Certificação por meio de exames nacionais para a Educação de Jovens e Adultos: um estudo comparado entre Brasil, Chile e México. Tese Doctoral, Universidade de São Paulo, São Paulo, Brasil. Disponible en: https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/48/48134/tde-15092016-144248/publico/ROBERTO_CATELLI_JUNIOR_CORRIGIDA.pdf [consultado el 15-06-2021].

Cerda, R., Domínguez, C., Lafortune, J., Muñoz, N., Reyes, J., 2020. Empleo femenino y Covid-19: diagnóstico y propuestas. Temas de la Agenda Pública, 15(130), 1-20. Centro de Políticas Públicas UC.

Cerda, R. (2017). "Desafíos para la capacitación laboral en un mundo que evejece". En "Chile: Desafíos de la Productividad y el Mundo Laboral". Bertranou, F. & Astorga,R. coordinadores.

Comisión Nacional de Productividad (2018). Formación de Competencias para el Trabajo en Chile.

Dirección del Trabajo (2020), ENCLA 2019. Informe de resultados Novena Encuesta Laboral. Santiago: Dirección del Trabajo.

Drahokoupil J and Piasna A (2017) Work in the Platform Economy: Beyond Lower Transaction Costs. Intereconomics: Review of European Economic Policy 52(November-December): 335–340. DOI: 10.1007/s10272-017-0700-9.

Egaña, Pablo y Gabriel Cruz (2020) COVID-19's Impact on the Labor Market shaped by Automation: Evidence from Chile. Columbia University Global Center (https://globalcenters.columbia.edu/content/covid-19s-impact-labor-market-shaped-automation-evidence-chile-0)

Egana-delSol, P., Cruz, G. & Micco, A. (2022). COVID-19 and Automation in a Developing Economy: Evidence from Chile. Technological Forecasting and Social Change (Forthcoming).

Espinoza, O., & González, L. E. (2015). Equidad en el sistema de educación superior de Chile: Acceso, permanencia, desempeño y resultados. En A. Bernasconi (Ed.), La educación superior de Chile (pp. 519–579). Ediciones Universidad Católica de Chile.

Fundación Chile (2017). Automatización y Empleo en Chile. Nota técnica para la Comisión Nacional de Productividad.

"Future of Work 2035: For Everyone to Shine" Panel (2016), "Future of Work 2035: For Everyone to Shine" Report, , Ministerio de Salud, Trabajo y Bienestar, Tokyo. https://www.mhlw.

go.jp/file/06-Seisakujouhou-12600000-Seisakutoukatsukan/0000152705.pdf

Gleason, N. W. (2018). Higher Education in the Era of the Fourth Industrial Revolution. Springer Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-13-0194-0

Graham M, Lehdonvirta V, Wood A, et al. (2017) *The Risks and Rewards of Online Gig Work At the Global Margins*. Oxford Internet Institute, University of Oxford. Available at: https://www.oii.ox.ac.uk/blog/new-report-the-risks-and-rewards-of-online-gig-work-at-the-global-margins/ (accessed 25 November 2019).

Henríquez, H., & Riquelme, V. (2011). El derecho a ganar lo mismo ley 20.348: Igualdad de remuneraciones entre hombres y mujeres. Temas Laborales, 27.

Howson K, Ustek-Spilda F, Grohmann R, et al. (2020) 'Just because you don't see your boss, doesn't mean you don't have a boss': Covid-19 and Gig Worker Strikes across Latin America. International Union Rights 27(3). International Centre for Trade Union Rights: 20–28. DOI: 10.14213/inteuniorigh.27.3.0020.

INE and DEM (2020) Estimación de personas extranjeras residentes habituales en Chile al 31 de diciembre de 2019. Informe técnico: desagregación regional y comunal. Santiago: Instituto Nacional de Estadísticas; Departamento de Extranjería y Migración.

Katta S and Ustek-Spilda F (2020) *Fairwork Releases Report on Platform Responses to Covid-19*. Oxford: Fairwork Foundation. Available at: https://fair.work/fairwork-releases-report-on-platform-responses-to-covid-19/ (accessed 20 June 2020).

MAPS Chile (2014). Opciones de mitigación para enfrentar el cambio climático: resultados de Fase 2. Ministerio del Medio Ambiente; Santiago, Chile. Disponible en: https://mma.gob.cl/wp-content/uploads/2014/12/ResultadosdeFase2_MAPSChile.pdf

Ministerio de Energía (2019). Carbono neutralidad en el sector energía. Proyección de consumo energético nacional 2020. Disponible en: https://energia.gob.cl/sites/default/files/pagina-basica/informe_resumen_cn_2019_v07.pdf

Ministerio del Medio Ambiente (2016. Tercera Comunicación Nacional de Chile ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático. Disponible en: https://mma.gob.cl/wp-content/uploads/2017/12/TCN-2016b1.pdf

OECD (2018). Job creation and local economic development 2018: Preparing for the future of work.

OIT (2019). Trabajar para un futuro más prometedor. Comisión mundial sobre el futuro del trabajo, Organización Internacional del Trabajo.

OIT, Global Wage Report 2018-19

Paz, J. (2011). Los desafíos laborales del envejecimiento de la población en América Latina y el Caribe. Revista Latinoamericana de Población, vol. 5, núm. 9, pp. 123-144. Disponible en: https://www.redalyc.org/pdf/3238/323827305006.pdf

Pérez Sepúlveda, 2018,

Pérez Sepúlveda (2020). Tercerización y regulación laboral en Chile: Una reconstrucción de las transformaciones del trabajo. Journal of Institutional Studies, Revista Estudos Institucionais, v. 6, n. 3, p. 1157-1183, doi: 10.21783/rei.v6i3.537.

Pimkina, Svetlana y Luciana de la Flor (2020). Promoting Female Labor Force Participation. World Bank Group. Jobs Working Paper No. 56.

PNUD (2015). Informe sobre Desarrollo Humano 2015: Trabajo al servicio del desarrollo humano.

PNUD (2020). Evolución de la Pobreza 1990-2017: ¿Cómo ha cambiado Chile?

Santiago Consultores Asociados (SCA) (2009). Evaluación en Profundidad Programa ChileCalifica. Resumen Ejecutivo. SCA: Santiago, Chile. Disponible en: http://www.dipres.gob.cl/574/articles-50159_doc_pdf.pdf [consultado el 15-06-2021].

Schwab, K. (2016). The fourth industrial revolution. World Economic Forum.

Data Centers

# Chile, un jugador de nivel mundial en infraestructura de Data Centers y de Nubes[1]

*Coordinador: Jaime San Martín*

## 1. Introducción

En Agosto de 2021, el Presidente de la Comisión Desafíos del Futuro, Ciencia, Tecnología e Innovación del Senado, Honorable Senador Guido Girardi Lavín, convoca esta Comisión con el objetivo de "Prospectar como la instalación de data centers y nubes, junto con otras ventajas nacionales en el ámbito digital y geopolíticas, impactaran en varias industrias y sectores científicos de clase mundial que tiene Chile y nos abrirán nuevas industrias en el mundo digital de servicios globales y nuevas posibilidades para transformar a Chile en un actor relevante a nivel global, entregando una visión nacional en la materia". El presente documento es un resumen de la información recopilada por la comisión, de las entrevistas realizadas y de las discusiones que se realizaron en ella. En un documento futuro incluiremos la visión y estrategia que propondremos y que está esbozada en este documento.

Chile tiene la oportunidad de transformase en un jugador importante en este tipo de infraestructura, al menos en la región,

[1] Documento elaborado por Gastón l'Huillier, Guillermo Muñoz y Jaime San Martín. Diciembre 2021.

por varias condiciones que explicaremos, pero que se pueden resumir en:

- Una posición geopolítica de ventaja en la región.
- Un plan energético agresivo en lo ambiental que hace interesante la instalación de data centers en Chile, no solo desde el punto de vista económico, sino que además muestra avanzada en el mundo en la sustentabilidad ambiental de las inversiones. El consenso creciente de dar un impulso a las regiones permitirá hace más atractiva la inversión en estas infraestructuras, acercándolas a lugares que tienen ventajas energéticas evidentes.
- Una inversión creciente en data centers en los últimos años.
- Un desarrollo tecnológico importante, principalmente en telecomunicaciones.
- Un desarrollo científico en ciencias de la ingeniería, matemáticas y computación de liderazgo en la región, que permiten aprovechar esta inversión para el desarrollo de la ciencia, la tecnología y la innovación nacional.
- Una estabilidad política, que aunque esté a prueba, ha sabido encauzar por la vía institucional.

Sin embargo hay varios temas que deben ser superados para hacer realidad este desarrollo:

- La variable más limitante es la escasez de recursos humanos especializados, tanto para el desarrollo de esta infraestructura, y tal vez más importante, en el uso de ellas para la innovación y los servicios globales.
- Una redundancia pobre y una resiliencia baja del sistema de comunicaciones en lo interno y en nuestros enlaces internacionales, principalmente fuera de la región central, lo que produce una inercia que impide el desarrollo de los territorios que claramente tienen ventajas para la instalación de data centers.
- La falta de legislación avanzada en los temas relacionados a los datos, su seguridad y las buenas prácticas, frenan la inversión internacional.
- Una competencia importante de países cercanos como: México, Colombia y por supuesto Brasil.

En el presente documento se presentan los antecedentes considerados a través de distintas fuentes y entrevistas. Esta oportunidad que tiene Chile de convertirse en un jugador importante en las infraestructuras de nubes y data centers, al menos a nivel re-

gional, dependen de las ciertas ventajas que tiene nuestro país y de superar algunas debilidades. Cada uno de estos factores deben ser estudiados en profundidad y requieren de un análisis que va más allá del propósito de este documento que es el de presentar la situación actual, a juicio de varios expertos, los puntos claves que potencian su desarrollo, como las limitantes que debemos superar. Desarrollar un plan estratégico completo requerirá de estudiar a profundidad cada tema, con un plan de acción detallado. A este respecto, el país consta con una tradición de conformar comisiones técnicas de alto nivel como las Comisiones del Proyecto País del Colegio de Ingenieros, de las cuales presentaremos algunas de sus conclusiones en los temas atingentes a esta presentación.

## 2. Antecedentes

Para compartir un contexto en la materia recurrimos a rescatar distintas fuentes sobre la visión de las autoridades relacionadas con la economía digital, como el Ministro de Economía Lucas Palacios que informó que estamos frente a la creación de un completo ecosistema de economía digital, que a septiembre de 2021 mostraba un total de 173 proyectos con un valor de inversiones de US$ 4.300 millones proyectados a cuatro años, estimando que a fines de año podría llegar a un total de US$ 5.000 millones. Estos proyectos incluyen los anuncios de Microsoft, Huawei, Google, Oracle, Grade, Ascenty, Odata, Globant, Accenture, Edge-ConneX, StarLink, Terminal.io, K+S y Becton Dickinson, Equifax, IPNet, ZeroFox, Ubiquity, ThoughtWorks, Nisum, Arkano Software, entre otros. De estos proyectos se encontraban en etapa de instalación inversiones por US$ 1491 millones. Estos proyectos de inversión provienen de 31 países y destacan entre estas inversiones el rubro de data centers y de compañías de servicios de nubes a terceros, software, consultoría y diversos tipos de servicios e infraestructura que se engloba en economía digital.

Se destaca que las primeras empresas que se instalaron en Chile-Microsoft, Oracle, Google y Amazon (Web Services) generaron un efecto imán y multiplicador, con lo que se está formando un núcleo interesante para entregar y exportar servicios tecnológicos desde América Latina al Asia Pacifico. Además, en un contexto de pandemia, se ha acrecentado la demanda por las necesidades digitales acelerando el proceso. Estas iniciativas incluyen

un buen número de data centers y servicios asociados, pero también servicios de desarrollo de software, consultoría y otros, incluyendo la expansión del Santiago Development Center de Equifax que sería el más grande de la compañía, superando los que tiene en Dublin y Atlanta. También está la firma Evernote que invertirá para expandir sus servicios globales en el ámbito de consultoría en TI, en materia de software las americanas ThoughtWorks y Nisum y la uruguaya Arkano software también se están expandiendo. A esto se suman 3 proyectos en industrias creativas. Se incluye a Zero-Fox, relacionada con un centro de desarrollo de software especializado en inteligencia artificial para detectar ciber amenazas, el de la firma portuguesa Ubiquity especializada en sensorización, la brasileña IPNet especialista en geoanalítica y otra de origen chino-estadounidense, CloudMinds operador de sistemas basados en la nube para robots inteligentes. En opinión de varios expertos esta atracción de inversiones responde a varios factores, incluyendo:

- Los 29 tratados de libre comercio con 70 países y los 38 acuerdos de resguardo de la inversión extranjera,
- Los avances en conectividad y proyectos de fibra óptica continental y transcontinental,
- El actual despliegue de la red 5G,
- Las capacidades inigualables para acceder a energías que facilitan el objetivo de muchas multinacionales de transitar a la carbono neutralidad, indicando que en los data center el 90% de los costos operacionales es la energía. También es importante indicar que no se han ofrecido condiciones especiales en materia impositiva o contratos con el gobierno y que el trato es equivalente al de cualquier otra inversión extranjera o nacional.

El Ministro menciona que entre las debilidades está el bajo nivel de digitalización de las empresas nacionales y una ley de datos personales muy antigua, pero que el gobierno se comprometió a avanzar en ambas brechas. De hecho, casi dos tercios (62%) de las pymes incrementaron el uso de tecnologías digitales durante la pandemia y a junio de 2021 se digitalizaron 370 mil empresas. Además, los inversionistas han hecho saber que es muy importante tener una ley de resguardo de datos personales que sea del primer mundo y que a nivel de Ejecutivo empujaron una ley de datos personales, recordando que se anunció la creación de una agencia de datos personales que estará radicada en Economía.

Las empresas mencionadas tienen un horizonte de inversión de largo plazo y que están buscando países que hayan tenido una historia institucional que les brinde seguridad y que sus inversiones serán resguardadas. Indica que fue muy bien observada la forma en Chile canalizo institucionalmente el conflicto social y que luego del plebiscito para aprobar el desarrollo de una nueva constitución, se esclarecieron nuevas inversiones. Agrega que Chile es el país de Latinoamérica que más invierte en tecnologías de información per cápita. El ejecutivo plantea que podemos gatillar nuevas posibilidades. Solo este año se esperan inversiones en ciberseguridad superiores a los US$ 290 millones, lo que se puede aprovechar para instalar aquí centros de soporte para acceder a un mercado global superior a los US$ 150 mil millones al año. Indica que la medición del desarrollo digital en Chile indicó que la economía digital representa el 22% del PIB del país, situándolo en primer lugar en Latinoamérica en el Índice de Valor Económico Digital por su adopción de tecnologías digitales, aceleradores y talento digital. Comenta que en Chile al 2020 teníamos casi 113 mil personas empleadas en el rubro, lo que apalanca otras decenas de miles de puestos de trabajo y genera un ecosistema de capital humano, en que la mayoría son profesionales extranjeros. Como un ejemplo de este efecto multiplicador menciona que Microsoft instalará un data center, que según sus propias proyecciones en los próximos años va a generar US$ 13.000 millones de ingresos y 51.000 nuevos puestos de trabajo.

Complementando esta visión con la de otros actores, se puede destacar lo siguiente:

- Desde la subsecretaria de Telecomunicaciones se indica que el 5G tiene potencial para aumentar el PIB en US$ 15.000 billones en un plazo de 10 años. Sus beneficios serán una mejor relación costo eficiencia de los procesos productivos, mayor productividad de procesos y nuevos modelos de negocio.
- Brad Smith, Presidente de Microsoft, indica que el plan TransformaChile#ReactivaciónDigital involucra la construcción de una red de data centers, que esperan crear 51 mil puestos de trabajo en los próximos 5 años y capacitar a 180 mil personas en habilidades digitales en forma gratuita. Plantea que los países que se recuperan rápido de la pandemia son los que tienen acceso a tecnología y esta inversión permite contar con la infraestructura más moderna.

- Desde el Ministerio de Transportes y Comunicaciones se indica que el cable transoceánico es la primera iniciativa que permitirá conectar a la región con Oceanía y finalmente con Asia, abriendo enormes posibilidades para que Chile se transforme en el hub digital de Sudamérica del lado del Pacífico, convirtiéndose de paso en un atractivo para distintas inversiones como data centers y relacionadas con el comercio digital. Indica que al ser Australia un hub emergente, se están construyendo muchos cables a Asia lo que se traduce en que se puede comprar capacidad hasta Asia, en lugar de construir, lo que hace más atractivo el proyecto. Esta conexión favorece la posición de Chile en la región dado que hay muchos países interesados en participar en el proyecto. Esta importancia geopolítica es relevante que Chile da una señal de modernidad y confianza económica en tiempos turbulentos, mostrando vanguardia para el resto de los países. El auge de este sector se refleja en que representa la mitad de la cartera total de iniciativas que maneja InvestChile, equivalen a más de la mitad de empleos a generar y a US$ 1 de cada US$ 4 que se contempla invertir de inversiones extranjeras.

### 2. 1. Informes de estrategia país aportados por Comisiones del Proyecto País del Colegio de Ingenieros

Aprovecharemos el trabajo adelantado por el Proyecto País del Colegio de Ingenieros, que a través de más de 100 comisiones temáticas elaboraron planes estratégicos de desarrollo nacional en diversas materias, y hemos seleccionado y resumido los informes de las comisiones de Transformación Digital, Exportación de Servicios y Exportación de Energía Eléctrica que resultan pertinentes al presente documento.

#### a. Transformación Digital[2]

La transformación digital trae muchas oportunidades y también impactos potenciales para la gestión de empresas y organiza-

[2] Comisión de Transformación Digital del Proyecto País 2025-2040, del Colegio de ingenieros, presidida por Guillermo Muñoz Herrera: https://proyectopaischile.blogspot.com/p/baje-el-libro.html Libro Estrategia de Transformación Digital https://www.amazon.com/Estrategias-transformación-digital-estrategias-organizacionales-ebook/dp/B08L6Z32F5

ciones, así como para los países en términos más amplios. Tiene implicancias tanto a nivel de estrategia y modelos de negocio, impactando también profundamente en las maneras de relacionarse con clientes, proveedores, complementadores y competidores. Asimismo, en la transformación cultural y de las formas de organización y relacionamiento al interior de éstas. Los datos se han convertido en un nuevo recurso económico para crear y capturar valor. El control sobre los datos es estratégicamente importante para poder transformarlos en inteligencia digital. En prácticamente todas las cadenas de valor, la capacidad de recopilar, almacenar, analizar y transformar datos aporta potencia adicional y ventajas competitivas. Los datos digitales son fundamentales para todas las tecnologías digitales emergentes, tales como análisis de datos, IA, blockchain, IoT, computación en la nube y todos los servicios basados en internet. Los modelos de negocio centrados en datos están siendo adoptados no solo por empresas de plataformas digitales, sino que también, cada vez más, por empresas de diversos sectores. Para Chile existen potencialidades en innovaciones específicas en ámbitos en los que el país ya cuenta con ventajas competitivas, como minería, agro-alimentos, ERNC, astronomía, pesca, entre otros. Y por supuesto que, en la medida que el país fortalezca sus capacidades de innovación y de emprendimiento, todas las opciones de desarrollo disruptivo están abiertas (ver detalles de las necesidades para hacer de Chile un país con mayor nivel de innovación en el informe de la Comisión Desarrollo de Ciencia y Tecnología).

Para transformar en valor las potencialidades de la transformación digital se requiere cerrar ciertas brechas y requerimientos básicos que están más allá de las posibilidades individuales de una organización y que requieren miradas país en las que la participación de los gobiernos es fundamental debido a que se trata de requerimientos para la economía del país en su conjunto, ya que se enmarcan en la globalización de las oportunidades y amenazas que en lo digital son más obvias que en la economía física; en el campo digital las ventajas comparativas se desvanecen muy rápidamente y aparecen nuevas oportunidades con la misma velocidad. Por este motivo, es imperioso que el país cuente con políticas públicas en materias de Transformación Digital, las que se deben abordar partiendo por la identificación y medición de los niveles de brechas que es necesario cerrar para, a partir de ello,

habilitar las potencialidades que lo digital puede brindar al desarrollo del país. Como en todos los ámbitos del desarrollo, se constata la existencia de brechas entre los países en el ámbito digital. Chile debe enfocarse en cerrar estas brechas para hacer de lo digital un base para su desarrollo futuro. Las brechas están en capital humano, en Infraestructura tecnológica en la capilaridad, alcance y ancho de banda de las redes, en definiciones estratégicas a nivel de Estado y empresas, en ciberseguridad, en modernización del Estado.

El contexto internacional nos muestra, de forma cada vez más tangible, que la masificación de tecnologías digitales, las genéricas y las especializadas por verticales industriales, son herramientas de gran potencial para modernizar y transformar a los actores económicos, con el potencial de aumentar exponencialmente su valorización y eficiencia. Esta tendencia internacional es conocida como "la cuarta revolución industrial", "industrias inteligentes" o "industrias 4.0". De este modo, soluciones basadas en tecnologías digitales como Big Data, Inteligencia Artificial, Cloud Computing, Seguridad, Almacenamiento, Redes de Sensores, Movilidad, Robótica y Blockchain están siendo cada vez más cruciales para habilitar la mejora de factores productivos de la industria, como su competitividad, el valor agregado de productos y servicios, la excelencia operacional y las exportaciones de productos y servicios.

Lo anterior representa, además, una atractiva oportunidad de negocio para la industria digital del país. De manera ilustrativa, se destaca el rápido crecimiento de la industria digital mundial dentro del ámbito de la Internet de las Cosas (IoT) cuyo crecimiento anual está cerca del 17% y cuyo objetivo fundamental radica en la eficiencia de los procesos. Según Gartner Group (2014), los sectores económicos que liderarán los mayores crecimientos a nivel mundial serán manufactura, recursos naturales, transporte y utilities, sectores donde Chile tiene ventajas competitivas.

### b. Servicios de Exportación[3]

Con un horizonte al 2040, se define una estrategia de Desarrollo en Materia de Servicios Globales, que corresponden a aquellos que

[3] Comisión de Servicios de Exportación del Proyecto País del Colegio de ingenieros, presidida por Carlos Álvarez Voullieme

se transmiten directa o potencialmente vía redes digitales, y que han sido impulsados fuertemente con el nacimiento y despliegue de internet. La comisión estima que en la categoría Otros Servicios creció a una tasa anual de 7,1% entre 2003 y 2018 pasando de explicar un 27% a un 40% del total de las exportaciones de servicios. De allí la importancia de analizar el actual estado de situación de estos rubros y sus perspectivas de contribuir al crecimiento futuro del país.

Una encuesta elaborada por la Universidad Católica por encargo de InvestChile pone en evidencia que las empresas de servicios que exportan aventajan sustancialmente a las empresas de servicios que no exportan, en materias tan relevantes como inversión realizada en los últimos 10 años, contratación de personal calificado con formación universitaria, contratación de personal extranjero de alta calificación, calidad de las condiciones de trabajo ofrecidas (contratos indefinidos y beneficios) y nivel de sindicalización, y disponibilidad de departamentos de I+D y volumen de inversión en I+D. Ello implica que las empresas exportadoras en estas categorías no sólo hacen una importante contribución de valor agregado a la economía nacional sino que además contribuyen al fortalecimiento de capacidades competitivas esenciales para el país y generan empleos de alta calidad. De allí su importancia. Un segmento de especial significación en el grupo de los "Otros servicios" lo constituye la categoría denominada "Servicios Globales" (SSGG) que alcanza especial prominencia a partir de fines de la década de 1990, y que se origina en la posibilidad –viabilizada con el arribo de internet—que tienen las empresas de localizar algunos de sus procesos en terceros países ya sea a través de unidades propias ("captive offshoring") o externalizadas ("offshore outsourcing"). Existe una amplia gama de servicios que pueden ser provistos de esta manera desde algunos muy básicos e intensivos en mano de obra de baja calificación como los centros de llamados hasta los servicios de investigación y desarrollo, intensivos en capital humano avanzado. Entran en esta categoría también servicios financieros, servicios profesionales de arquitectura, ingeniería o leyes, desarrollo de software y servicios muy intensivos en capital como el hosting de sistemas de información en data centers, entre otros. Este segmento es especialmente importante por la generación de empleo de alta calificación, la posibilidad de atracción de inversión extranjera directa que involucra,

y por portar un alto potencial de transferencia tecnológica al país. Hasta la fecha no existen estadísticas publicadas directamente por el Banco Central de esta categoría de servicios, pero es posible obtener una aproximación a su evolución.

Los importantes cambios que ha sufrido el mundo en los últimos 30 años, con fenómenos como la globalización del comercio y la inversión, la irrupción de internet y el importante crecimiento de los países en desarrollo, especialmente en Asia, han venido acompañados de una importante expansión en el comercio de servicios, la que se acelera durante la primera década del siglo XXI. Si bien en años recientes el crecimiento del comercio de servicios ha evidenciado una leve desaceleración, la tasa de crecimiento del comercio de servicios entre 2005 y 2017 alcanzó un 5,7% anual, bastante mayor que el crecimiento en el comercio de bienes (UNCTAD, 2018). Al concentrarnos en el crecimiento agregado a nivel mundial del comercio de los "otros servicios", se observa que estos crecen a una tasa de 7,6% anual entre 2005 y 2018, observándose un cierto estancamiento a partir de la crisis financiera global y una recuperación del dinamismo a partir del 2016. Durante el periodo 2005-2018 a nivel global las exportaciones de servicios de Tecnologías de información crecieron a una tasa superior al 9% (y en América Latina de un 7,4%), y en ambos casos se observa una caída sustancial en el dinamismo a partir del 2012 para recuperarse a partir del 2016.

Un punto para considerar, sin embargo, es que luego de la crisis financiera global, el comercio internacional de bienes se ha mantenido prácticamente estancado, mientras que el comercio internacional de servicios se ha expandido holgadamente, ver Figura 1.

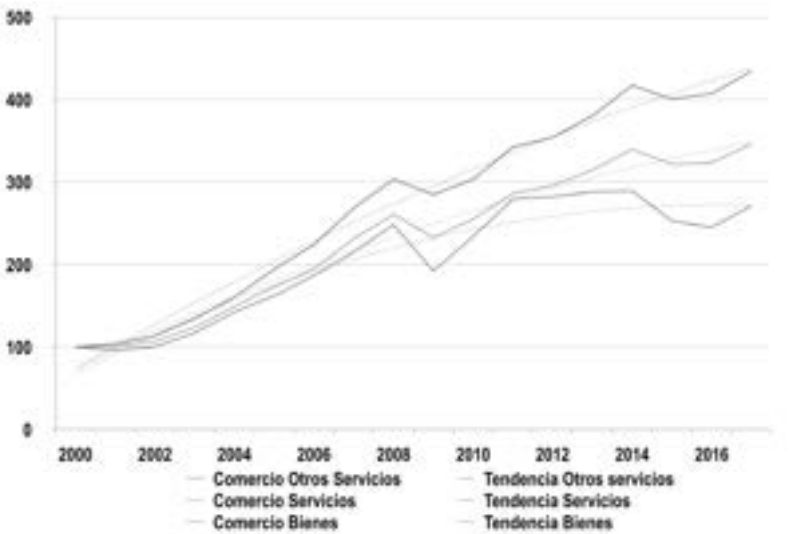



**Figura 1: Índices de comercio mundial, periodo 2000-2017 (Índices base 2000=100).**

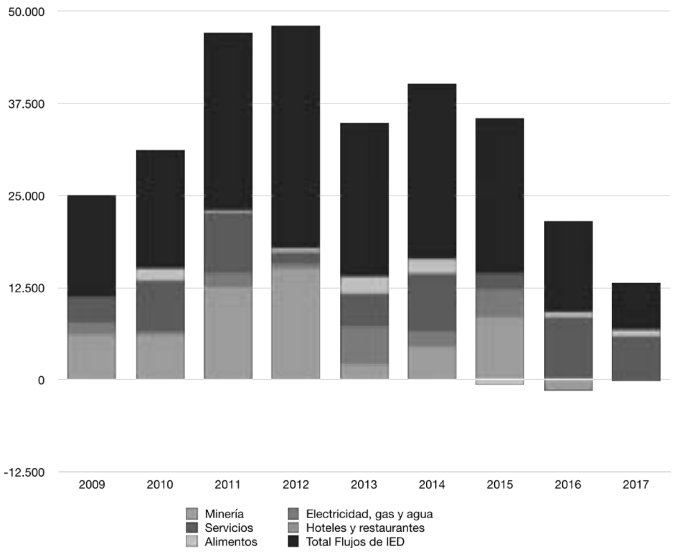
**Tendencias nacionales**. Las exportaciones de servicios desde Chile, a nivel agregado, crecen a una tasa anual promedio de 4,8% anual desde el año 2003, logrando un dinamismo sustancialmente mayor que el de las exportaciones de bienes, y generando un efecto positivo sobre el crecimiento del PIB. Este crecimiento es el resultado de la combinación de un magro crecimiento de un 1,1% anual en el grupo del transporte, estrechamente asociadas al comercio de bienes, y un dinámico crecimiento anual de los viajes y los "otros servicios" a tasas anuales de un 7,5%. El segmento de los "otros servicios" alcanza un volumen de exportaciones de US$4.094 millones el 2018. La ausencia de series estadísticas anuales, impiden hacer un análisis detallado de la evolución de los servicios globales. Sin embargo, la existencia de dos estudios contratados por CORFO y e InvestChile, realizados en los años 2010 y 2017 por IDC, entregan luces acerca de la evolución de este segmento en el período. Las exportaciones de este segmento crecieron aceleradamente durante la década del 2000, alcanzando un volumen cercano a los US$1.000 millones el año 2010. A partir de allí la tasa de crecimiento cayó sustancialmente a niveles de 3,1%anual entre 2010 y 2016. Información proveniente del Banco Central y Aduanas de algunas de las partidas relevantes de este segmento, señalan una recupera-

ción del crecimiento de las exportaciones a partir del 2016 a tasas superiores al 5%.

El análisis detallado a nivel de sectores que hace el estudio de IDC, permite concluir que la pérdida de dinamismo de los servicios globales durante esta década se explicaría fundamentalmente por la drástica caída de las exportaciones de servicios profesionales, fuertemente concentrados en los servicios de ingeniería minera que se derrumban con el fin del superciclo de los commodities en torno al año 2013, y por la pérdida de competitividad de los servicios de centros de llamados asociado al aumento de los costos laborales en el país. Por otra parte, los rubros que más contribuyeron en ese período al aumento de las exportaciones durante esta década son los procesos de marketing y ventas, los procesos de logística, los procesos de infraestructura de TI (servicios de "cloud computing") y servicios de I+D, explicado fundamentalmente por el aumento de la actividad astronómica. El segmento de servicios globales absorbía el año 2017 un total de 27.272 trabajadores. Un total de 11.100 trabajaban en el subsegmento de procesos de negocios (BPO), y 9.400 en el área de servicios de Tecnologías de Información.

Chile sigue siendo una localización atractiva para la inversión extranjera en el campo de los servicios globales. Si bien ha sido desplazado por otros países como República Dominicana, Perú y Colombia en el segmento de los centros de llamadas, las empresas internacionales que desarrollan software siguen incrementando su personal en Chile, como son los casos de Equifax y Synapsys, a la vez que nuevas empresas como Evernote anuncian el establecimiento de unidades de desarrollo en Chile. Mención aparte merece el sustancial incremento de la inversión en el campo de servicios de la nube, rubro en el que líderes mundiales como Google, Oracle, Huawei, Amazon y Ascenty se encuentran en distintas fases de materialización de importantes inversiones de Centros de Datos.

**Figura 2. Flujos de IED (Millones de US$).**




**Análisis estratégico**. De acuerdo con el Informe de Comercio Mundial de la OMC de 2019, el comercio de servicios crecerá dinámicamente en las próximas décadas, alcanzando una participación del 50% del comercio mundial para el año 2050. Ello es el resultado de tendencias que favorecen el crecimiento de este comercio: (1) El continuo desarrollo de las tecnologías digitales que amplían la canasta de servicios comercializables y reducen los costos; (2) Cambios demográficos que afectan la composición de la demanda por servicios y los patrones de ventajas competitivas entre países; (3) Aumento del ingreso global que favorece la demanda por servicios; y (4) Cambio climático que afectará el turismo y los viajes, y asimismo potenciará el desarrollo de servicios relacionados con el medio ambiente. La materialización de estas tendencias acelerará el comercio de servicios en general y especialmente en los rubros incluidos en los servicios globales como son los servicios TIC, de comunicaciones, Finanzas y Seguros y otros servicios de negocios, los cuales se espera puedan llegar a crecer a tasas de 8,2%, 6,7%, 6,7% y 4,9% respectivamente, a nivel global en el período 2018-2040. Como parte de las tendencias mencionadas cabe destacar algunas que tienen particular relevancia para Chile:

- La adopción plena de tecnologías de traducción simultánea, que eliminarán las desventajas para países con baja disponibilidad de personal bilingüe.
- La reducción de la importancia de la relación cara a cara para la prestación de servicios, lo que incrementará la proporción de servicios prestados a distancia, beneficiando a países distantes a los grandes mercados
- El Perfeccionamiento de las políticas comerciales asociadas a los servicios, lo que inducirá una caída en los costos.
- La expansión de las exportaciones de servicios globales en Chile desde principios de la década del 2.000 ha estado asociada a la existencia en el país de un ambiente de negocios favorable al sector, infraestructura tecnológica superior a la de los vecinos de la región y razones de productividad de la fuerza de trabajo versus costos atractivas, en particular comparado con los mercados emisores. Por otra parte, el tamaño limitado del pool de personal calificado, que cuente con domino del inglés y habilidades blandas de comunicación y gestión, en distintas especialidades, pero especialmente en el campo de las profesiones de las tecnologías de información, ha sido identificada consistentemente como una debilidad que ha limitado la expansión del sector. La "Primera Encuesta Inversión Extranjera y Clima de Inversión" (2019) señala que el 28,7% de las empresas exportadoras de servicios declara haber tenido problemas para contratar personal durante el último año, siendo la principal causal "el bajo número de candidatos con las habilidades técnicas requeridas" (51,6%), y la segunda, "la remuneración ofrecida no se ajustó a las expectativas de los postulantes".

Esta restricción podría relajarse primariamente por la vía de incrementar el número de graduados que egresan de la educación superior empleables por estas industrias. La evidencia de los últimos once años muestra que la titulación anual de profesionales con especialidades demandadas en la industria de servicios globales prácticamente se ha duplicado y que la titulación de técnicos se ha incrementado más de cuatro veces. Este incremento estaría acompañando la dinámica expansión de exportaciones en la última década en rubros como Procesos de Finanzas y Contabilidad, Marketing y Ventas y Logística.

En el ámbito de las profesiones asociadas a las Tecnologías de Información y Comunicaciones, sin embargo, la evidencia es mucho

más preocupante[4]. La titulación anual de Ingenieros Civiles en Computación e Informática sólo se ha incrementado en un 10% entre 2007 y 2018, alcanzando cifras de sólo 600 titulados por año. La titulación de Ingenieros de 4 años y técnicos ha tenido un mayor incremento de cerca de un 50%, hasta alcanzar niveles de 3.000 titulados por año en cada categoría, aumento modesto en comparación con los observados en otras especialidades relevantes en el sector de los servicios globales. Esta evolución muestra una clara disonancia con las tendencias de incremento en la demanda global de profesionales de Tecnologías de Información, en especialidades nuevas de alta sofisticación .

La dificultad para acceder a personal calificado en el campo de las Tecnologías de Información ha sido levantada en encuestas y entrevistas a empresas exportadoras. Esta falencia ha podido en ocasiones ser compensada por la inmigración de profesionales del área. Aun así, la débil expansión de las exportaciones en servicios TI durante la última década puede ser trazada a esta debilidad.

**Orientaciones de Política.** La experiencia internacional muestra en aquellos casos exitosos en la expansión de sus exportaciones de servicios globales – Irlanda, Costa Rica, República Checa—un activo esfuerzo de política pública. Ese fue también el caso de Chile en la década del 2.000 lo que redundó en un rápido crecimiento de las exportaciones. Para materializar las oportunidades de expansión de las exportaciones de servicios globales, que pueden redundar en duplicar o triplicar estas exportaciones en plazos no tan distantes, será necesario activar una combinación de políticas públicas adecuadamente articulada, que debiera contemplar:

Un importante esfuerzo de formación de personal tanto a nivel técnico como universitario, que acompañe la expansión del sector. Este esfuerzo debe incluir programas orientados a incrementar la matrícula en instituciones de educación superior para dar solución en el largo plazo, pero también es importante generar soluciones de corto plazo para cerrar las brechas que hoy tienen las empresas. Para ello, se debe contemplar un esfuerzo para reconvertir técnicos y profesionales de otras áreas hacia distintas especialidades de Tecnología de Información, a través de entrenamientos de corta duración, del tipo de los que en la actualidad realiza en el pro-

[4] Fuente: Sistema Integrado de Educación Superior (SIES), Mineduc.

grama Talento Digital. Tiene sentido, también, consolidar los programas de facilitación del ingreso de profesionales inmigrantes a través del fortalecimiento de la Visa Tech. Asimismo, se debe reponer los programas de capacitación en inglés focalizados en personas del mundo TI y de servicios de Procesos de Negocios. Todo esto, debe ser sin duda complementado con programas orientados a apoyar a las empresas que eligen Chile para formar a su personal, para lo cual es necesario reactivar los programas de cofinanciamiento de formación de personal como parte de los incentivos para atraer nuevos inversionistas en el país. Algunas acciones que van en la dirección correcta son:

- Fortalecer Centros de Excelencia en las disciplinas clave del nuevo escenario tecnológico, particularmente en el campo de la Ciencia de Datos.
- Evaluar la posible aplicación en Chile de nuevos incentivos para promover nuevas inversiones, en particular el establecimiento de zonas francas para la exportación de servicios o incentivos tributarios asociados a la fase de puesta en marcha de nuevas inversiones como los aplicados en California, en donde el gobierno del estado dispone anualmente con una cuota de "exenciones tributarias temporales" que se pueden asignar a empresas cuya instalación resulta de alto atractivo para el estado.

Una pregunta relevante en este tema es ¿Cuánto pueden crecer las exportaciones de servicios globales durante la próxima década?

A la luz de los antecedentes ya presentados es posible estimar los volúmenes de exportaciones alcanzables durante los próximos diez años. Nuestra estimación para las exportaciones de "otros servicios" para el 2040 es de US$18.500 millones, basada en la hipótesis de que en el nuevo escenario Chile sostiene su tasa de crecimiento de largo plazo de sus exportaciones de esa categoría. crecimiento anual de 7,1%. En el caso de los Servicios Globales, la estimación de exportaciones para el 2040 es de US$8.500 millones, resultado de la suma del crecimiento de los cuatro componentes a tasas de 2% por sobre las tasas de crecimiento global estimadas por la OMC, producto del efecto diferencial positivo que generaría en Chile las tendencias relativas a traducción simultánea, pérdida de relevancia de interacción cara a cara, y mejoras en el marco de políticas públicas. La información presentada por esta comisión fue previa a la pandemia por lo que se espera un crecimiento mucho mayor en el nuevo escenario.

### c. Exportación de Energía Eléctrica[5]

La Comisión de Exportación de Energía Eléctrica del Proyecto País en su informe del 2019 con horizonte al 2040, define una estrategia de Desarrollo en esta materia, considerando que Chile tiene las mejores ventajas para la producción de hidrógeno verde, como un combustible limpio que jugara un rol clave en enfrentar la descarbonizacion de las economías industriales desarrolladas y también reducir la traza de carbono de la Minería chilena. Es una oportunidad de transformación productiva de gran impacto y uno de los atractivos más importantes para la instalación de data centers en Chile. Por esta razón resumimos aquí los principales desafíos en el tema que tiene Chile.

El informe indica que Chile posee enormes recursos naturales para la generación de energía eléctrica renovable, con costos descendiendo en forma constante, lo que permite la exportación competitiva de electricidad. En este siglo 21 se han desarrollado en nuestro país una gran cantidad de proyectos de generación de energías renovables no convencionales, en especial eólica, solar y mini hidráulica. En los últimos cinco años este crecimiento de energías renovables no convencionales ha significado pasar de una capacidad instalada de 975 MW en diciembre de 2013 a 5.290 MW en junio de 2019 para este tipo de generación de electricidad. En el mismo período la capacidad de generación fotovoltaica aumentó de 9,8 MW a 2.576,1 MW, la capacidad de generación eólica de 929,7 MW a 1.752 MW y la mini hidráulica de 295,6 MW a 503 MW. Sin embargo, la capacidad instalada fotovoltaica ha crecido exponencialmente como se muestra en la tabla siguiente.

**Tabla 1. Capacidad Instalada Solar.**

| CAPACIDAD INSTALADA SOLAR Sistema Eléctrico Nacional | | | | | MW | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | |
| diciembre-12 | diciembre-13 | marzo-15 | marzo-16 | marzo-17 | mayo-18 | mayo-19 |
| | | | | | | |
| 2,5 | 9,8 | 270,9 | 596,8 | 1.665,2 | 2.327,8 | 2.576,1 |
| | | | | | | |

[5] Comisión de Exportación de Energía Eléctrica del Proyecto País del Colegio de ingenieros, Presidida por Ing. Cristian Hermansen R.

Por lo tanto vemos que existe la tecnología necesaria, las capacidades técnicas y de ingeniería adecuadas, la infraestructura que permite desarrollar los proyectos, el financiamiento adecuado, una regulación eléctrica que ha disminuido las barreras de entrada para la generación solar y también los incrementos de eficiencia y disminución de costos para estas tecnologías de generación eléctrica. Nos falta desarrollar los modelos de negocio necesarios para atrevernos a exportar electricidad a costo competitivo, atrayendo inversionistas e incorporando tecnología e ingeniería chilena.

A continuación se realiza un análisis sobre las posibilidades de exportación de energía eléctrica enfocada en la utilización de energía solar. Esto no significa que el país no siga utilizando otras energías renovables para uso interno y posible exportación de electricidad.

**Potencial solar en Chile**. Chile tiene las zonas con mayor radiación solar del planeta en el Desierto de Atacama que permite la generación eléctrica mediante tecnologías fotovoltaicas y de concentración solar de potencia. Actualmente los paneles fotovoltaicos están construidos para optimizar la generación eléctrica de países con menor radiación que la existente en el norte del país, pero se está investigando optimizar dichos paneles adaptados a la radiación solar de esta zona, lo cual aumentará su eficiencia y disminuirá los costos de producción de electricidad. También las tecnologías fotovoltaicas actuales están progresando, como por ejemplo los paneles bifaciales que generan del orden de 15% a 20% de mayor energía, con menor degradación aumentando su vida útil y con una menor ocupación de terreno.

El potencial de generación eléctrica en Chile permite instalar del orden de 1.800 GW de potencia con una energía posible anual del orden de 6.300.000 GWh al año. Como referencia la generación de electricidad en el planeta el año 2018 fue de 23.000.000 GWh con un crecimiento de 4% con respecto al año anterior y la tendencia es que la electricidad va a reemplazar a combustibles fósiles en el planeta. Esto indica que existe mercado mundial para exportar electricidad y en Chile existen los recursos naturales necesarios para abastecer el 27% del consumo mundial de 2018, considerando sólo el potencial en la energía solar, lo que se puede ampliar con otras fuentes. Como comparación, la generación de electricidad en Chile el año 2018 fue de 76.000 GWh al año, con una capacidad instalada de 24 GW y una capacidad solar de 2,4 GW.

**Generación eléctrica futura**. Chile tiene un potencial de generación de electricidad con tecnología solar, ya sea fotovoltaica o de concentración solar de potencia, altísimo que supera el consumo esperado de los próximos años por lo tanto se requiere analizar los posibles mercados para exportación de electricidad. Actualmente el consumo per cápita de Chile, países de América del Sur cercanos a Chile y de España como comparación es el siguiente, de acuerdo a las últimas cifras del Banco mundial

**Tabla 2. a) Comparación de generación per cápita. b) Consumo anual. c) Estimación de crecimiento.**

| 2014 KWh/Hab | | 2017 GWh/año | | Nueva Energía GWh/año | |
|---|---|---|---|---|---|
| Argentina | 3075 | Argentina | 134000 | Argentina | 99400 |
| Brasil | 2620 | Brasil | 559000 | Brasil | 583750 |
| Colombia | 1312 | Colombia | 67000 | Colombia | 206515 |
| Perú | 1346 | Perú | 46000 | Perú | 137043 |
| España | 5356 | | | | |
| Chile | 3880 | | | | |

Se considera que Argentina, Brasil, Colombia y Perú en los próximos años llegan a un consumo per cápita igual al de España, incluso sin considerar aumento de su población, se necesita una nueva generación eléctrica anual adicional a sus consumos actuales que se muestrea en la tabla 2 c). Estos crecimientos duplican y triplican sus consumos actuales de electricidad y Chile puede abastecer todos estos crecimientos con energía solar, pero se requieren líneas de transmisión y se debe considerar que estos países también posiblemente van a desarrollar energía local renovable.

**Ventas posibles de electricidad a través de líneas de transmisión**. El desarrollo de líneas de transmisión permite en la actualidad la operación de líneas de corriente continua (High Voltage Direct Current, HVDC) en tensiones de 1.000 KV, con distancias sobre 3.300 kilómetros transmitiendo una potencia de 12 GW a precios competitivos y con bajas pérdidas eléctricas. Para dimensionar esta capacidad, con dos de estas líneas se podría transmitir el total de la capacidad instalada de generación de Chile del año pasado y líneas HVDC no existen en el país y solamente en el próximo decenio se podría tener la Línea Kimal a Lo Aguirre de 1.500 kilómetros de longitud y una capacidad de 2 GW. En un análisis en forma conservadora de un mercado de electricidad, considerando solamente un décimo del crecimiento de Brasil, un noveno

del crecimiento de Colombia y Perú, y la mitad del crecimiento de Argentina, se necesitaría una generación total del orden de 150.000 GWh al año. En este análisis conservador no se considera la posibilidad de exportar a América Central y a México, a través de los sistemas de transmisión existentes entre dichos países y Perú.

Si se considera la instalación de líneas de transmisión de corriente continua HVDC, con tecnología actual, con una capacidad de transmisión de 15 GW cada una, hacia 1) Brasil, 2) Argentina, y 3) Perú y Colombia se tiene en total:

- Capacidad instalada 45 GW
- Energía generada 150.000 GWh/año.

Esta cantidad es el 15 % del aumento de energía de dichos países, y a un precio de mercado internacional de 25 US$/MWh se tiene una venta anual de 3.750 millones de dólares al año. Obviamente los costos de generación solar en Chile son inferiores a dicho valor. Está capacidad de generación representa del orden del 2,5% del potencial solar en el norte de Chile. Si se aumenta la cantidad de líneas de transmisión se puede tomar una mayor parte del mercado eléctrico de estos países, en particular si se considera llegar a un quinto del crecimiento del mercado de Brasil y a un tercio del crecimiento del mercado de Colombia y Perú, manteniendo la mitad del crecimiento de Argentina se puede llega a una exportación anual de electricidad del orden de 7.000 millones de dólares. Esta exportación en escenarios menos conservadores podría superar los 10.000 millones /año.

**Generación de hidrógeno**. La exportación de electricidad por medio de líneas de transmisión tiene limitaciones, sin embargo existen otras formas de exportar electricidad. La electromovilidad mediante batería de litio también se puede desarrollar con hidrógeno tanto en vehículos de trasporte pesado en carreteras, vehículos y equipos en minería y también en vehículos livianos. Hoy el mercado de hidrógeno es de 66 millones de toneladas al año que se espera al año 2030 aumenten en un 40%, por la incorporación de transporte con hidrógeno, lo cual significa un mercado total del orden de 200.000 millones de dólares y al año 2040 del orden de 400.000 millones de dólares en proyecciones en extremo conservadoras. El avance de la hidrólisis para fabricación de hidrógeno lo transforma en un hidrógeno verde, que actualmente representa el 4% de la fabricación de hidrógeno en el planeta constituyendo el hidrógeno verde., el otro 96% es producido con com-

bustibles fósiles. Se requiere una capacidad de almacenamiento, transporte seguro y puertos, pero es una opción que no tiene los límites que imponen la construcción de líneas de transmisión. Actualmente los barcos especializados pueden transportar 2.500 m3 de hidrógeno líquido, pero los nuevos barcos transportarán 160.000 disminuyendo los costos de transporte y permitiendo que las exportaciones de hidrógeno verde del país lleguen a mercados distantes, en especial Asia y Europa. También se transporta hidrógeno como amoniaco y con carrier orgánico.

Algunas proyecciones indican que al año 2030, California y China tendrán cada una un millón de vehículos livianos operados con hidrógeno y Japón entregará calefacción a 5.3 millones de viviendas a través de hidrógeno. Si se toma el 10% del mercado al año 2040, o sea, ventas por 40.000 millones de dólares al año se requiere una capacidad instalada solar del orden de 300 GW. Si se toma el 20% del mercado, o sea, ventas por 80.000 millones de dólares al año se requiere una capacidad instalada solar del orden de 600 GW. En estimaciones menos conservadoras las exportaciones podrían superar largamente los 100 mil millones de dólares al año. Por lo tanto vender electricidad en forma de hidrógeno verde permite un mayor volumen de ventas y el desarrollo de una nueva industria renovable, incrementando las exportaciones del país.

**Conclusiones**. Chile tiene capacidad de exportar electricidad, pero se debe considerar las limitaciones de las líneas de transmisión y su oposición ciudadana, por lo cual se estima una exportación del orden 7.000 millones de dólares al año, de acuerdo a lo indicado en el punto 3 anterior, pero esta cifra puede aumentar si existen nuevos desarrollos de líneas de transmisión ya que existe una holgada capacidad para instalar generación eléctrica solar. Sin embargo, exportar electricidad como hidrógeno tiene límites mucho menores y depende de la celeridad con que se enfoque en dicho mercado y del progreso de las tecnologías de transporte con hidrógeno, unido al desarrollo de puertos para embarcar hidrógeno.

### 3. Potencial digital de Chile

La transformación digital trae muchas oportunidades y también impactos potenciales para la gestión de empresas y organizaciones, así como para los países en términos más amplios. Tiene implicancias tanto a nivel de estrategia y modelos de negocio, im-

pactando también profundamente en las maneras de relacionarse con clientes, proveedores, complementadores y competidores. Asimismo, en la transformación cultural y de las formas de organización y relacionamiento al interior de éstas. Los datos se han convertido en un nuevo recurso económico para crear y capturar valor. El control sobre los datos es estratégicamente importante para poder transformarlos en inteligencia digital. En prácticamente todas las cadenas de valor, la capacidad de recopilar, almacenar, analizar y transformar datos aporta potencia adicional y ventajas competitivas. Los datos digitales son fundamentales para todas las tecnologías digitales emergentes, tales como análisis de datos, IA, blockchain, IoT, computación en la nube y todos los servicios basados en internet. Los modelos de negocio centrados en datos están siendo adoptados no solo por empresas de plataformas digitales sino que también, cada vez más, por empresas de diversos sectores.

Para Chile existen potencialidades en innovaciones específicas en ámbitos en los que el país ya cuenta con ventajas competitivas, como minería, agro-alimentos, ERNC, astronomía, pesca, entre otros. Y por supuesto que, en la medida que el país fortalezca sus capacidades de innovación y de emprendimiento, todas las opciones de desarrollo disruptivo están abiertas (ver detalles de las necesidades para hacer de Chile un país con mayor nivel de innovación en el informe de la Comisión Desarrollo de Ciencia y Tecnología).

Para transformar en valor las potencialidades de la transformación digital se requiere cerrar ciertas brechas y requerimientos básicos que están más allá de las posibilidades individuales de una organización y que requieren miradas país en las que la participación de los gobiernos es fundamental debido a que se trata de requerimientos para la economía del país en su conjunto, ya que se enmarcan en la globalización de las oportunidades y amenazas que en lo digital son más obvias que en la economía física; en el campo digital las ventajas comparativas se desvanecen muy rápidamente y aparecen nuevas oportunidades con la misma velocidad. Por este motivo, es imperioso que el país cuente con políticas públicas en materias de Transformación Digital, las que se deben abordar partiendo por la identificación y medición de los niveles de brechas que es necesario cerrar para, a partir de ello, habilitar las potencialidades que lo digital puede brindar al desarrollo del país.

El contexto internacional nos muestra, de forma cada vez más tangible, que la masificación de tecnologías digitales, las genéricas y las especializadas por verticales industriales, son herramientas de gran potencial para modernizar y transformar a los actores económicos, con el potencial de aumentar exponencialmente su valorización y eficiencia. Esta tendencia internacional es conocida como "la cuarta revolución industrial", "industrias inteligentes" o "industrias 4.0".

De este modo, soluciones basadas en tecnologías digitales como Big Data, Inteligencia Artificial, Cloud Computing, Seguridad, Almacenamiento, Redes de Sensores, Movilidad, Robótica y Blockchain están siendo cada vez más cruciales para habilitar la mejora de factores productivos de la industria, como su competitividad, el valor agregado de productos y servicios, la excelencia operacional y las exportaciones de productos y servicios.

Lo anterior representa, además, una atractiva oportunidad de negocio para la industria digital del país. De manera ilustrativa, se destaca el rápido crecimiento de la industria digital mundial dentro del ámbito de la Internet de las Cosas (IoT) cuyo crecimiento anual está cerca del 17% y cuyo objetivo fundamental radica en la eficiencia de los procesos. Según Gartner Group (2014), los sectores económicos que liderarán los mayores crecimientos a nivel mundial serán manufactura, recursos naturales, transporte y utilities, sectores donde Chile tiene ventajas competitivas.

Como en todos los ámbitos del desarrollo, se constata la existencia de brechas entre los países en el ámbito digital, razón por la que haremos una revisión de la situación de Chile con algunos índices disponibles.

### 3. 1. Oportunidades específicas sectores

El Programa Estratégico de Industrias Inteligentes desarrollado por Corfo entre el 2013 y 2018 relevó oportunidades específicas, las que se detallan a continuación:

**Tabla 3. Oportunidades específicas de Industria Inteligente. Fuente: Programa Estratégico de Industrias Inteligentes, Corfo 2016.**

| Sector | Oportunidad | Valor económico |
|---|---|---|
| Minería | Disminución de costos con automatización y mantenimiento predictivo. | 10% de disminución en costos operacionales. |
| Agroalimentos | Aumentos de productividad con automatización del control de las condiciones de producción a través de sensorización de la cadena procesos de los cultivos. | 20 – 30% de aumentos de productividad. |
| Ciudades Inteligentes | Ahorros de costos en gestión municipal a través de la implementación de procesos de telegestión de luminarias e infraestructura digital para ciudades inteligentes. | $300 mil por habitante por año. |
| Salud | Reducción de costos de salud por usuario a través de la interoperabilidad de datos de los distintos actores del sector. | $9.500 millones al año sólo por reducción de reintervenciones. |

Además de las oportunidades directas en los sectores industriales, su implementación tiene una serie de externalidades positivas ya que implica el desarrollo de capacidades locales a través de emprendimientos para proveer servicios tecnológicos a estos sectores. Entre otros, se puede mencionar los siguientes:

- Capacidades de data science para agregar valor a la gran cantidad de datos que produce la digitalización,
- Desarrollo de emprendimientos en gestión de redes de datos en sectores mineros y agrícola,
- Emprendimientos para sensorización, integración de datos, control operacional y optimización de equipos remotos a través de técnicas de Internet de las cosas (IoT),
- Capacidades para el desarrollo de algoritmos de inteligencia artificial y aprendizaje automático para aprovechamiento integral de los datos producidos por la automatización.

### Oportunidades de localización de data centers

Chile posee condiciones de conectividad y de posición geopolítica hacia el Pacífico que lo convierten en un país ideal para invertir en data centers. Además, el clima y sostenibilidad (a pesar de que el cambio climático que ha hecho subir las temperaturas en el país) hacen de Chile un lugar con costos operacionales menores al tener un clima más frío por la refrigeración requerida. Eso implica menor uso de energía, así como una mayor sostenibilidad am-

biental. Las nuevas fuentes de energéticas renovables profundizan esta ventaja. Particularmente el Norte del país y el extremo Austral tienen distintas ventajas en ello. Otro aspecto importante es la estabilidad económica, que aun cuando los cambios que está experimentando el país, sigue siendo atractivo. A continuación revisaremos las condiciones de redundancias que ofrece el país para su desarrollo digital, ya que para operar con alta disponibilidad los data centers requieren de redundancia de tres tipos:

**La redundancia de red**. Este respaldo es básicamente para la red que utilizan los proveedores de data centers para mantener la información en línea. Las empresas confiables tienen más de un operador de internet con redes físicas distintas para el funcionamiento de sus servidores, de modo de garantizar que los servicios nunca estén detenidos por la interrupción de un enlace de red. Dada la configuración geográfica de Chile, país largo y angosto, las redes de fibra óptica de los distintos operadores van juntas y muy pegadas a la ruta 5. Esto las hace poco resilientes frente a desastre naturales como aluviones, terremotos o incendios ya que, como ha ocurrido, se da el caso de que un corte de la ruta 5 implica corte de las redes de los distintos proveedores. Una solución en marcha es el desarrollo de proyectos de inversión en fibra óptica marinos que van por la costa de Chile instalados en ductos que soportan las corrientes marinas. En este momento está en desarrollo o terminados varios proyectos de este tipo, a saber:

- Fibra óptica Austral que integra desde Puerto Montt a Puerto Williams. Este proyecto se encuentra en operación.
- Cable Mistral (Cable Submarino del Pacífico Sur SPSC), es un proyecto desarrollado en conjunto por Telxius y Claro que integra a Centroamérica con Sudamérica y que tiene aterrizajes en Chile en las ciudades de Arica y Valparaíso.
- Cable submarino "Prat", que proveerá de fibra óptica a gran parte del territorio nacional.
- Este proyecto otorgará conectividad al país desde Arica hasta Puerto Montt, duplicando la capacidad de datos y la calidad de internet con la que actualmente cuenta Chile, conectando a territorios históricamente aislados. Se contemplan aterrizajes en las ciudades de Arica, Iquique, Antofagasta, Caldera, La Serena, Valparaíso, San Antonio, Constitución, Concepción, Puerto Saavedra y Puerto Montt.

Estos cables submarinos, sumados a los cables terrestres y los cables de integración a nivel del Cono Sur dejan a Chile con un nivel de conectividad de alta redundancia de red. Lo que sumado a los proyectos de cables submarinas hacia Oriente (Asia y Oceanía) convertirán a Chile en un hub sudamericano de redes.

**Redundancia energética**. Estos son los respaldos de alimentación eléctrica que alimentan a los servidores y salas de datos en ejecución. Los servidores deben tener fuentes de alimentación redundantes y para ello se utilizan UPS (fuente de alimentación ininterrumpida) que mantienen algunas horas de batería de respaldo para evitar la pérdida de energía eléctrica. La máxima redundancia de poder es contar con dos o más fuentes de alimentación de distintos proveedores eléctricos. La configuración de redes eléctricas a lo largo de Chile hace que exista un proveedor de energía que alimenta a las ciudades e industrias. Para lograr llegar al máximo nivel de seguridad de data centers (TIER 4) los proveedores deben tener un segundo proveedor separado de alimentación eléctrica. En Chile esto es difícil, sin embargo algunos compañías han logrado esta certificación por parte de Uptime Institute (https://es.uptimeinstitute.com/uptime-institute-awards/list).

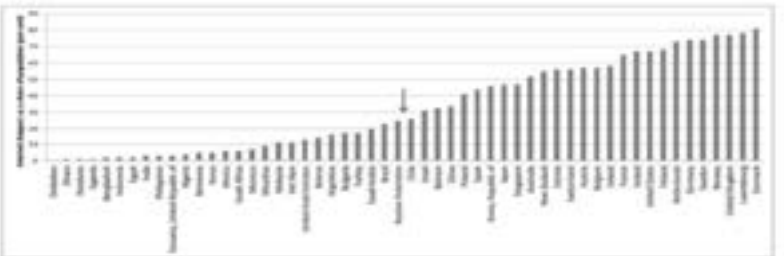
**Redundancia geográfica**. Este respaldo proporciona servicios de redundancia geográfica de modo que en el caso de una falla completa de un data center, la información puede ser desviada a otros servidores ubicados en otro lugar físico a varios kilómetros de distancia. Esto permite entregar seguridad a los usuarios en caso de que ocurra un desastre natural que afecte al lugar de alojamiento oficial. Esto es particularmente relevante en el caso chileno por tratarse de un país sísmico.

### 3. 2. Posición relativa de Chile en los rankings internacionales de digitalización.

Es importante saber cómo se encuentran el país en sus niveles de digitalización con respecto a los países más desarrollados. Para ellos, pasaremos a revisar a continuación algunos indicadores disponibles.

**UNCTAD B2C E-commerce Index**. El siguiente gráfico muestra el porcentaje de compradores por Internet como porcentaje de la población:

**Figura 4. Posición relativa en los ranking de digitalización.**



El índice UNCTAD B2C E-commerce Index (2019) es un ranking que mide el desarrollo del comercio electrónico de los países del mundo. Se calcula como el promedio de cuatro indicadores (es decir, cada indicador tiene el mismo peso) utilizando los últimos disponibles. Incluye:

- La titularidad de una cuenta en una institución financiera o con un proveedor de servicios de dinero móvil, % de la población mayor de 15 años (Fuente: Banco Mundial),
- Individuos que usan Internet (% de la población) (Fuente: Unión Internacional de Telecomunicaciones, UIT),
- Índice de confiabilidad postal (Fuente: Universal Postal Union, UPU),
- Servidores de Internet seguros (por 1 millón de personas) (Fuente: Netcraft).

El resultado nos muestra que los primeros 10 lugares los ocupan países de Europa y uno de Asia. El primer país latinoamericano es Chile en el lugar 60 (en el índice del 2018, Chile ocupaba el lugar 50). Este indicador resume varios aspectos centrales de la economía digital como son la bancarización, acceso a Internet y la confiabilidad de sus servidores de aplicaciones, así como la confiabilidad postal para la logística de despacho de las compras.

**GCI Index (Huawai Technologies Co.,Ltd.)**. Ranking Global Connectivity Index que es desarrollado por Huawey Tech. y que mide el desarrollo de las TIC sobre 79 países en los cinco continentes. El índice mide la inversión y un desarrollo adecuado en cinco tecnologías centrales banda ancha, centros de datos, nube, Big Data y el IoT. Y es calculado en base a 40 indicadores, así como también mide cuatro pilares: Oferta, Demanda, Experiencia y Potencial, lo que cubren toda la cadena de desarrollo de las TIC y la

transformación digital para proporcionar una visión de 360 grados de la economía digital. El cruce entre las cinco tecnologías y los cuatro pilares produce 40 indicadores, lo que son ponderados para producir el índice. En el GCI la mayoría de los países latinoamericanos están en la categoría de "adopters", con un puntaje entre 35 y 55 puntos. El país mejor ubicado es Chile, con 48 puntos y el lugar 33 de los 79 medidos. Le sigue Brasil (43 puntos), México (42 puntos) y Uruguay (41 puntos). Cabe señalar que el país con el mejor índice es EE.UU. con 78 puntos, lo siguen Singapur (75), Suecia (73) Suiza (71) y El Reino Único (70). Es decir, existe una importante brecha tecnológica entre las economías latinoamericanas y los países mejor calificados en este índice.

Digitalization Score, Booz & Company. Este índice se basa seis atributos clave: Ubiquidad, que mide el acceso a servicios y aplicaciones digitales (penetración de banda ancha fija y móvil, número de computadores personales, penetración de 4G); Disponibilidad, que mide los costos de las diferentes tecnologías para las personas; Calidad de las redes, que mide la inversión por cada subscriptor de telecomunicaciones; Velocidad, que mide el ancho de banda de conexiones internacionales y las velocidades de las redes en cada país; Usabilidad, que mide las facilidades de estar en línea y cuan fácil es el uso soluciones web para el público; y las habilidades tecnológicas, que mide la incorporación de servicios digitales tanto en la vida como en los negocios y lo hace a través de medir la cantidad de ingenieros cada 100 habitantes y el porcentaje de la fuerza laboral con educación superior (más que la educación secundaria).

**Índice Digital del banco BBVA (2016)**. Está compuesto por calidad de la infraestructura, costos de acceso a banda ancha, contenidos gubernamentales disponibles, calidad de la regulación en materias digitales, nivel de adopción de las personas y nivel de adopción de las empresas en sus procesos comerciales. Este índice también muestra brechas importantes de Chile, el puesto 34, con respecto a los mejores.

### 3. 3. Brechas Competitivas

Estos índices y rankings nos muestran que Chile debe cerrar brechas importantes y urgentes para subirse a esta gran ola digital y su aprovechamiento, para de esta manera tomar las oportunidades, así como enfrentar adecuadamente el gran reto que implica,

no sólo para mejorar el rendimiento de nuestros sectores claves, sino también para avanzar en la diversificación de la matriz productiva a través del fomento de sectores incipientes, incluida la industria digital. La oportunidad no es solo debido a las mejoras potenciales en procesos, se trata sobre todo de un cambio de paradigma en las formas de competir en que actores existentes y los nuevos tienen la oportunidad de replantear la manera en que se desarrollan los negocios e industrias, con nuevos modelos de negocio y de propuestas de valor para los clientes. Estamos transitando aceleradamente un momento en que todo está por redefinirse, o más bien ya se está redefiniendo. Pero es un momento que pasará y serán sólo algunos los que lo tomarán para ser los nuevos actores de los distintos negocios.

Por otro lado, no subirse a esta tendencia implica una gran amenaza debido a que lo único que se espera es la profundización de los saltos tecnológicos y cada vez con mayores disrupciones. No estar arriba de la transformación digital significa pérdida de valor competitivo para las industrias y empresas. Es por lo que es fundamental y urgente que el país desarrolle programas que les permitan cerrar las brechas competitivas que impiden una mayor aceleración en el despegue de la economía digital. Algunas de estas brechas son las siguientes:

- Se precisa de una mayor sincronización entre la demanda y la oferta de servicios y productos tecnológicos, en la que los proveedores tecnológicos locales hagan un esfuerzo de especialización en las industrias con mayores potenciales y ventajas. Ello permitiría mejorar la competitividad de estas últimas y, al mismo tiempo y de manera virtuosa, el desarrollo de una oferta de servicios y productos tecnológicos especializados y potencialmente exportables.
- Se requiere urgentemente incrementar la inversión en investigación y desarrollo en la industria tecnológica de los países de la región. La brecha en inversión I+D en general es notoria, medida como gasto en I+D como porcentaje del PIB, en Chile es 0,39%, lo que es bajo incluso a nivel regional y se debe comparar con un 2,4% promedio de países OCDE, en donde se destacan Corea con un 4,23%, Israel con 4,25%, Japón con 3,14%, Suecia con 3,25% y Suiza con 3,37%.
- Es imprescindible desarrollar una cultura de colaboración público-privada-academia para liderar iniciativas tecnológicas.

En países OCDE, es frecuente encontrar Centros de Excelencia basados en modelos de colaboración entre el sector público, privado y la academia. En Chile, por ejemplo, el Estado reconoció la falta de Centros de Excelencia. De acuerdo con esto, invitados por CORFO, se instalaron 13 centros internacionales en el país entre el 2011 y 2015. Sin embargo, a nivel local aún no son considerados como articuladores o mediadores principales para la generación de nuevas leyes o estándares en problemáticas de interés.

- Se requiere aumentar la utilización de las políticas públicas como palanca de desarrollo tecnológico e industrial. La implementación de normativas estrictas ha sido uno de los motores a través del cual países como Alemania, Australia, Canadá, Estados Unidos y los Países Bajos han desarrollado y cambiado sus sectores industriales. En el ámbito digital es la Interoperabilidad vía estándares, ya que un aspecto muy relevante en el desarrollo digital es que los sistemas interoperen entre ellos. Esto significa la existencia de comunicaciones autónomas entre programas computacionales que permiten el funcionamiento automático de plataformas más complejos, en los que es posible su coordinación automática con el objetivo de optimizar un sistema de sistemas digitales. La interoperabilidad se produce a través de comunicaciones entre programas que pueden residir en dispositivos de distinta naturaleza, desde servidores de aplicaciones hasta equipos industriales, vehículos, etc. Se constatan bajos niveles de estandarización para la interoperabilidad de soluciones digitales, por lo que es imperioso que se norme la gestión de datos a través del uso de tecnologías abiertas y de datos abiertos para facilitar que estas soluciones operen entre ellas, evitando instalar infraestructura (física o lógica) redundante, algo especialmente importante para soluciones innovadoras como IoT en procesos productivos. Según McKinsey, la interoperabilidad podría aumentar en un 40% los retornos de una solución IoT.

### 3. 4. Brechas Tecnológicas en Infraestructura: capilaridad, alcance y ancho de banda de las redes

Las brechas de infraestructura de telecomunicaciones y de sistemas que se aprecian entre Chile y los países desarrollados tienen

implicancias muy serias para la implementación de una economía digital. En particular, la limitada cobertura y calidad de servicio en las soluciones de conectividad a nivel industrial, que es uno de los principales habilitadores requeridos para el despliegue de soluciones tecnológicas es el acceso a la red de Internet, debido a que hoy muchas soluciones se construyen en la nube.

Por otro lado, el país debe avanzar muy rápido en la asignación de un espectro específico para el despliegue de soluciones IoT ya que, desde el punto de vista de los requerimientos de la red, se espera que algunas soluciones IoT sean intensivas en la utilización de recursos de banda ancha. Esto pudiera potencialmente interferir las comunicaciones de voz y datos usadas actualmente. Por lo tanto, se hace necesario que las comunicaciones requeridas para IoT cuenten con un espectro definido y que no interfiera con las comunicaciones tradicionales.

El lograr los beneficios completos de la digitalización requiere redes de comunicaciones avanzadas, por lo que el país necesita del desarrollo de políticas para apoyar la implementación de redes robustas, tanto cableadas como inalámbricas de banda ancha. Para ello se pueden diseñar planes nacionales de banda ancha que incorporen políticas fiscales que permitan a los proveedores depreciar las inversiones en infraestructura de redes más rápidamente; poner subsidios a las construcciones en áreas de alto costo; garantizar la disponibilidad del espectro utilizando mecanismos de licitación para asignar un recurso escaso (en lugar de como ser diseñado como una forma para obtener ingresos); y desarrollar políticas flexibles de fijación a postes y a torres que no limiten y tampoco fomenten una competencia artificial[6].

[6] Interesante analizar la experiencia exitosa de algunos países como Nueva Zelanda que hicieron la desintegración de redes separando los proveedores intermedios del backbone de transmisión de los proveedores de servicios al cliente final. Esto provocó aumento en la competencia, aumento en la calidad de las redes y mejoras en la velocidad real de las redes.

**Figura 5. Fuente: OECD Broadband statistics [http://www.oecd.org/sti/broadband/broadband-statistics]**

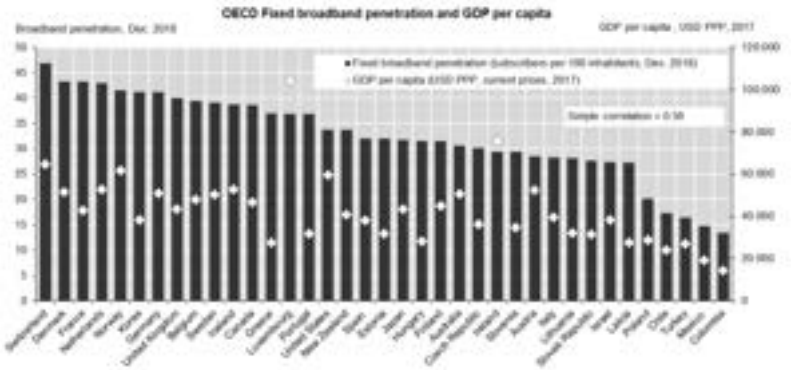



**Figura 6. Fuente: OECD Broadband statistics [http://www.oecd.org/sti/broadband/broadband-statistics]**

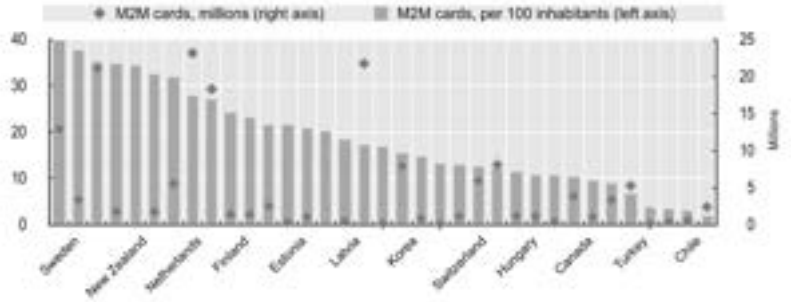



**Figura 7. Fuente: OECD Broadband statistics [http://www.oecd.org/sti/broadband/broadband-statistics]**

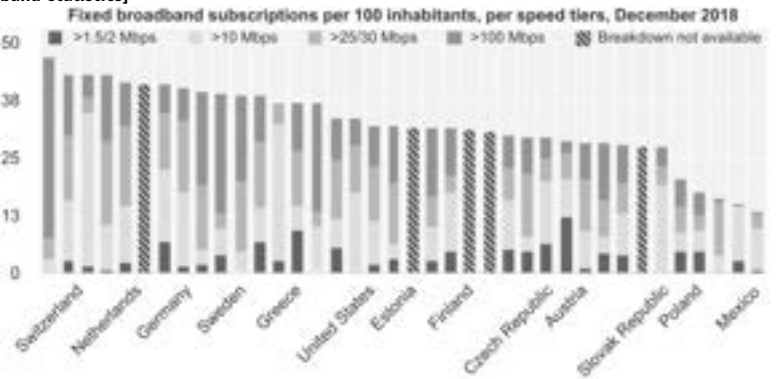


**Tabla 4. Análisis comparativo de infraestructura de telecomunicaciones de Japón, promedio OCDE y Chile.**

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Japón | 95% | 54% | 88% | 30 | +100 | Nacional | 18 | 180 |
| OCDE | 50%-60% | 25% | 17% | 34 | 10 | Todas las ciudades | 12 | 152 |
| Chile | 8% | 2% | 3% | 68 | 4 | Santiago Valparaíso | 2 | 120 |

La actual infraestructura digital de Chile no soporta los requerimientos de conectividad para aplicaciones industriales, y frena el despegue de las industrias inteligentes.

La siguiente tabla aporta los requerimientos de banda ancha para distintas industrias: situación de Chile.

**Tabla 5. Fuente: Yanyan Zhuang and others, "Future internet bandwidth trends: an investigation on current and future disruptive technologies", Technical Report, No. TR-CSE-2013-04, Department of Computer Science and Engineering, Polytechnic School of Engineering, New York University, 2013**

| Principales aplicaciones en la nueva Industria Digital | Rango Ancho de Banda (Mbps) | Chile |
|---|---|---|
| Energías limpias y transporte | 2-3 | ✓ |
| Seguridad Pública y Preparación para Emergencias | 6-18 | ✗ |
| Manufactura Avanzada | 38-74 | ✗ |
| Tecnologías de educación y capacitación | 38-74 | ✗ |
| Tecnologías de Salud | 38-74 | ✗ |
| Redes de Radar/meteorología/control aéreo | 77-148 | ✗ |
| Video interactivo 3D | | |

Chile 7,3 Mbps

A pesar de tratarse de datos de 2013 y 2016, la situación de brechas de Chile con respecto a los países más avanzados (OCDE) se mantiene, por lo que se puede concluir que existe un desafío muy grande de inversión en infraestructura de telecomunicaciones para acceder a la economía digital y a la cuarta revolución industrial. Esto debe partir por la definición de políticas públicas que permitan acelerar la inversión que asegure el acceso universal a banda ancha y con niveles de competencia que aseguren un mercado con precios competitivos.

### 3. 5. Brechas de Gestión estratégica de las empresas

Las empresas chilenas requieren repensar sus estrategias para tomar el potencial de la transformación digital. Partimos de la base

que las empresas compiten por el favor de sus clientes para los cual deben primero seleccionar su posicionamiento y la disciplina de valor correspondiente (Estrategia Competitiva de Porter, Modelo Delta de Hax, Strategy Maps de Kaplan y Norton y Treacy y Wiersema): o se es líder de productos por la diferenciación en las funcionalidades ofrecidas en el producto o una oferta de productos exclusivos; o se define una estrategia de estrechamiento de las relaciones con el cliente, donde el énfasis se pone en el conocimiento del cliente y sus necesidades, con una atención personalizada y relaciones de alta calidad; o se opta por la excelencia operacional con foco en una oferta de la mejor relación calidad precio.

Pero ¿qué impacto tiene la transformación digital en los modelos de negocios que hacen realidad la estrategia seleccionada? Y luego, ¿de qué maneras es posible operacionalizar el modelo de negocio elegido con las metodologías, modelos de organización y herramientas tecnológicas que provee la tecnología?

Las empresas que no nacieron digitales requieren del proceso de transformación digital, el que parte desde la estrategia y debe bajar a los modelos de negocio, organización, cambios culturales, todo ellos acompañados por una gestión del cambio que vea los miedos que producen estos cambios en la gente de la empresa, los cambios culturales necesarios y una organización coherente. La transformación digital sin una estrategia se convierte en la aplicación de nuevas tecnologías, con grandes inversiones, **las que no necesariamente van a tener el rédito** esperado si es que no es proceso alineado y dirigido desde la estrategia de negocios. De hecho, más que transformación digital de empresas se observa la transformación digital de sectores, en que las antiguas empresas no logran realizar su transformación digital y son reemplazadas por empresas nativas digitales. Frecuentemente, las empresas agregan lo digital como un canal más sin hacer mayores transformaciones, en cambio las empresas digitales tienden a operar sólo con el canal digital, con menores estructuras, costos y mayor rapidez que las empresas tradicionales.

Se requiere definir una estrategia de transformación digital. Proponemos el siguiente modelo de operativización de la estrategia con transformación digital:

Operativización implica ajustar las siguientes dimensiones de las empresas (Treacy y Wiersema):

- Cultura y competencias,
- Organización,
- Sistemas de Gestión,
- Tecnologías,
- Procesos centrales.

En estas estrategias se deben considerar con especial atención modelos de negocios de economía colaborativa basados en apps de coordinación con nuevas tecnologías, que por usar tiempos y recursos ociosos tienen costos más bajos y más variables, lo que en muchos casos está desplazando los modelos de negocio tradicionales in house con altos costos fijos e inversiones, los que además son menos sustentables por obligar a un aumento en la disponibilidad de recursos. Paralelamente, se observa que estos modelos producen mayor confianza entre los participantes (Entering de Trust Age NYU/Stern), produciendo una mejora en las relaciones y cambio cultural, ya que se basan en la relación colaborativa y cercanía, confianza, meritocracia, lo que también los hace preferidos por los usuarios.

### 3. 6. Brechas de Capital humano para la economía digital: Apoyar la Capacitación en Competencias Digitales

Para el desarrollo de la economía digital, la transformación digital de las empresas y también de los gobiernos, se requiere que los trabajadores y los consumidores cuenten con habilidades digitales. Desde un conocimiento básico hasta uno de especialización máxima, las habilidades digitales existen en un amplio espectro, desde un simple uso hasta avanzadas habilidades de diseño de sistemas, programación y matemáticas para data science. Las competencias digitales deben comenzar desde las escuelas primarias y continuar hasta la educación terciaria, con entrenamiento habili-

dades TIC avanzadas y en programas de ciencias de la computación. El mejorar las habilidades laborales es un consenso en todo el mundo y en todas las visiones ideológicas, ya que la globalización y la tecnología hacen que la productividad sea dependiente de un conjunto de habilidades complejo, diverso que requiere mucha dedicación en horas de estudio y capacitación. La falta de un alto porcentaje de trabajadores con calificación adecuada hace más difícil superar la trampa de los países de ingreso medio[7], lo que contrasta con la situación de la mayoría de las economías europeas, oceánicas y asiáticas. Estos países han logrado incrementos significativos en el tiempo en PIB per cápita, mejorando significativamente la calidad de la educación de su población y las competencias laborales de sus trabajadores. Con ello se ha facilitado la creación de un medioambiente en el que la innovación es parte de la economía, con una alta participación en el PIB de esas naciones. Esto produce un círculo virtuoso para mejorar la desigualdad del país, debido a que se cerrarían las brechas de productividad de los trabajadores, las que implican grandes diferencias salariales.

Esta es una decisión de política pública, al igual que la inversión en infraestructura digital, ya la inversión en educación y en habilidades y competencias laborales de los trabajadores se hace más crítica y urgente en la economía digital que en la economía tradicional. Esto ocurre debido a que los ganadores son las empresas más innovadoras y con personal más calificado, los que toman todo el potencial de los negocios en cada una de las industrias.

**Situación sobre las habilidades laborales en Chile**. Según cuatro encuestas de ManpowerGroup, más de cuatro de cada 10 empresas en América Latina dicen que tienen dificultades para encontrar trabajadores con las habilidades adecuadas. En Chile existe un déficit de 15 mil trabajadores con especialización en TICs (Programa Estratégico de Industrias Inteligentes, Corfo 2015). Estas brechas de habilidades afectan a industrias de manufactura y de servicios, con resultados por industria que, en cuatro de cada cinco empresas en minería y extracción, manufactura y servicios, reportan brechas de habilidades. Esto es aún más dramático para la transformación digital ya que existe una gran brecha de capital

[7] Son los países que logran un ingreso medio, pero no pueden aumentarlo por falta de sofisticación para competir con los países desarrollados.

humano con conocimientos tecnológicos. Así se constata en el caso de Chile (con su déficit de 15 mil trabajadores con capacidades TICs) y en el estudio de Cepal "La identificación y anticipación de brechas de habilidades laborales en América Latina" (Cepal 2019), el que sobre la base de encuestas que realizó Manpower en la región, se desarrolló un relevamiento entre gerentes del sector de tecnología de la información, con resultados que "sugieren que América Latina tiene amplias necesidades de trabajadores con estas habilidades encontrando una brecha de 35% entre la oferta y la demanda de trabajadores cualificados con estas competencias. Las brechas son mayores cuando el empleo requiere habilidades específicas como 1) habilidades esenciales (softwares o hardware, diseño y arquitectura de redes, seguridad, etc.) 2) habilidades emergentes 3) habilidades relacionadas con tecnologías múltiples".

Este es un reto que debe ser abordado por todos los actores de la sociedad, desde los gobiernos, las empresas, el sistema educativo y las personas involucradas. Re-skilling y upskilling son términos anglosajones para referirse a la necesidad de actualizar las habilidades de la fuerza laboral actual las que impulsarán la economía durante las próximas dos décadas. Esto requiere información de las habilidades que poseen los trabajadores y las habilidades que las empresas necesitan. Esto implica activa participación de las empresas, desde el levantamiento de los datos para el diseño de los programas de capacitación, su implementación y evaluación. Todo esto en un ambiente de cambios en el que las necesidades de habilidades también cambian cada vez más rápido y los empleadores no siempre saben qué habilidades requieren, incluso dentro de 18 meses y no solo a largo plazo. Por ello se requiere invertir en capacidades para anticipar las necesidades de capacitación y entrenamiento de tal forma de detectar futuras brechas de habilidades.

Todos los analistas y sus predicciones nos indican que el mercado laboral se verá fuertemente agobiado por los cambios tecnológicos, con la amenaza de eliminación de miles de puestos de trabajo rutinarios mediante la utilización de robots que reemplazan a los trabajadores en empleos más rutinarios y repetitivos. Estos robots no son sólo máquinas con brazos y movimientos mecánicos, son también programas que pueden realizar actividades de ingreso de datos desde formularios o desde la "escucha" de conversaciones de miles de llamadas telefónicas a los centros de atención telefónica, o el remplazo de personas por sistemas que tienen entendimiento de

lenguaje humano. Esto llega hasta el punto de que el temor a la amenaza de un mundo sin trabajo está instalado globalmente.

**Digitalización del Capital Humano**. Hay consenso en que falta preparación en el tema digital a nivel de la población (Programa Nacional de Industrias Inteligentes Corfo, 2016), por lo que se requiere desarrollar programas masivos en la educación primaria y secundaria para superar esta brecha. Sin embargo, no se cuenta con los profesores capacitados que los puedan desarrollar y tampoco se puede preparar a profesores en forma masiva porque no se cuenta con suficientes profesionales idóneos que puedan enseñar a los profesores, lo que produce un estancamiento. Una experiencia para revisar es la de Alemania en donde las empresas hacen asociaciones con las escuelas técnicas para que personal capacitado en las empresas hagan clases a los futuros técnicos, con costo a cargo de la empresa. Éstas tienen como retribución la posibilidad de elegir a los mejores egresados para reclutarlos. Y de esa forma se masifica poco a poco el conocimiento digital.

**Capital Humano especializado por vertical de industria**. Los procesos en cada industria son particulares y tienen características que requieren de una comprensión muy específica. Es por lo que las habilidades digitales de los trabajadores, técnicos y profesionales que trabajen en el desarrollo de soluciones digitales para cada una de las industrias, requieren de una especialización vertical de manera tal de interpretar correctamente los significados a nivel de los datos, su análisis, el desarrollo de programas y la toma decisiones a nivel de los procesos. La especialización debe ser por vertical industrial y en todos los niveles académicos.

### 3. 7. Brechas en Ciberseguridad (integra la política del estado)

La transformación digital debe considerar la transformación de la seguridad de información. La ejecución de los procesos a través de la utilización de muchas aplicaciones y que genera una enorme cantidad de datos, es decir que son trasladadas al ámbito digital, lleva aparejado un aumento del mismo tamaño en los riesgos asociados a la seguridad de información, ya que mayores serán las oportunidades que puedan aprovechar los piratas informáticos para actuar sobre ellos. Esto fenómeno ocurre debido a que aumentan exponencialmente la cantidad de puntos de entrada a ser potencialmente vulnerados. Y este es el gran desafío de los profe-

sionales dedicados a la seguridad cibernética: detectar todas las vulnerabilidades y realizar un seguimiento de todas esas amenazas. Además, la adopción por parte de las empresas de las tremendas mejoras potenciales en sus operaciones que trae la posibilidad de conectar sus dispositivos y equipos, fijos y móviles, a través de Internet de las cosas (IoT), implica un aumento significativo en los puntos de posibles vulnerabilidades en la transmisión de los datos a través de la nube. Por estos motivos, el desarrollo de la transformación digital requiere de políticas de ciberseguridad, tanto a nivel de las organizaciones como del país en su conjunto.

De acuerdo con el Estudio de Madurez de Ciberseguridad en Chile: 1 de cada 3 empresas chilenas aún cuenta con un enfoque reactivo en materia de seguridad, de acuerdo con el estudio desarrollado el año 2020 por IDC y la colaboración de la Alianza Chilena de Ciberseguridad, el que analizó el estado de ciberseguridad en el que se encuentran las empresas chilenas de diferentes rubros, de acuerdo con su tamaño y evaluando 5 dimensiones: visión, gestión de riesgos, personas, proceso y tecnologías de seguridad. La medición revela que el 80% de las empresas más pequeñas se encuentran en etapas tempranas en términos de protección tecnológica mientras que un 35% de las firmas medianas se encuentran en una etapa 4 de 5. La medición analiza al menos 4 grupos de empresas según su tamaño: microempresas, empresas medianas, grandes empresas y corporaciones, para lo que se consultó a 391 ejecutivos de organizaciones de diferentes industrias a lo largo de Chile y fueron categorizadas en diferentes etapas de madurez de seguridad informática, desde "Principiantes ingenuos" es decir principiantes hasta empresas en fase "Profesionales", que son capaces de predecir y tomar acciones efectivas contra ciberataques. Esto considerando evaluarlas en 5 dimensiones que incluyen: visión, gestión de riesgos, personas, proceso y tecnologías de seguridad. Los principales resultados arrojan que, el 33% de las empresas está en un nivel de socios proactivos, mientras que un 25% de ellas en una etapa anterior considerada como compañero obediente. Ambas etapas intermedias. No obstante, si bien 80% de las empresas más pequeñas se encuentran en etapas tempranas, las empresas medianas (que son mayoritarias en número) se encuentran en un 35% en una etapa 4 de 5. Realidad que va cambiando, en las empresas grandes, donde los resultados son un poco más alentadores puesto que sólo el 5% de estas organizaciones se en-

cuentran en el extremo inferior, algo que disminuye a 3% si se da una mirada a las corporaciones. Estas últimas, con una mayor cantidad de empresas en el nivel superior con 22%.

El Estado de Chile cuenta con una Política de Ciberseguridad 2017 – 2022 la que se encuentra en desarrollo. Existen desafíos de modernización del Estado en general y este ámbito en particular, partiendo por la **profesionalización en la** gestión de ciberseguridad de los servicios del Estado como así también para la supervisión de los servicios críticos del país en manos privadas. Esto pasa por desarrollar y ejecutar políticas de recursos humanos adecuada que permita mejorar las **carencias de institucionalidad de los servicios y falta de madurez y sofisticación en entender lo que significan estas tareas, especialmente en un sistema que debe ser plataforma habilitante e interoperable del sistema público, con características críticas de ciberseguridad, resiliencia y redundancia**.

Se definió en la política el contar con equipos de respuesta a incidentes de ciberseguridad siguiendo las mejores prácticas internacionales, con una estructura de prevención, monitoreo, gestión y respuesta a incidentes de seguridad de la información a nivel nacional. Los órganos base de esta estructura son los Computer Security Incident Response Team, (CSIRT), o equipos de respuesta a incidentes de seguridad informática. Chile ya cuenta con un CSIRT nacional que recopila y sistematiza información proveniente de otros CSIRT (nacionales y extranjeros), promueve la coordinación de acciones entre CSIRT sectoriales y tiene autoridad para coordinar dar respuesta técnica frente a incidentes que comprometan la seguridad del país, incluyendo uno específico para la Defensa Nacional.

### 3. 8. Brechas de Modernización del Estado aplicables al desarrollo digital[8] ¿Qué componentes se necesitan para la modernización (digital) del Estado?

El foco es el gobierno central, aunque los conceptos se aplican a las regiones y áreas metropolitanas.

[8] Fuente: Juan Rada, La modernización del Estado como habilitante para el desarrollo de tecnológico de Chile.

**Condiciones necesarias**. Las condiciones necesarias para un Estado moderno son los sistemas e infraestructura digitales y las condiciones básicas para que estos operen requieren de principios y características básicas para operar eficazmente y 24/7 esto es interoperabilidad, ciberseguridad, redundancia y resilencia. Todos los sistemas deben pasar por este filtro y hacerse la pregunta en cada caso. Este no es el estado del Estado actual y tampoco lo puede ser ya que no existe un sistema para hacer la pregunta ni antes de un desarrollo ni después.

La carencia de **interoperabilidad** hace que los sistemas no puedan hablar ente ellos y por tanto los costos de integración, la complejidad y los riesgos de funcionamiento y seguridad son mayores. Este no es un problema chileno sino universal y es parte de la historia de la informática y el desafío que todas las organizaciones con sistemas "legacy", tanto públicos como privados. Este es un tema que permean todas las áreas del estado incluyendo la seguridad nacional y la infraestructura e instituciones económicas y requiere una institucionalidad específica y homogénea en el Estado con estándares y normas para niveles y protocolos. La interoperabilidad permite acceso a los distintos sistemas, pero al mismo tiempo aumenta la vulnerabilidad cibernética y por tanto la necesidad de obligatoriedad de estándares, protocolos y practicas es esencial.

Pero las preguntas van más allá y son fundamentales: ¿Quién tiene la responsabilidad de la **ciberseguridad** y quien tiene el mandato de asegurar que se desarrollen y se aplican estándares y normas para tener seguro los datos, la redundancia y resiliencia del conjunto?. Muy necesario también ¿Quién tiene el mandato de investigar, certificar o vetar empresas o personas que trabajen o participen en proyectos de alta seguridad, incluyendo ciberseguridad?. En esta área, como en otras, hay un vacío institucional significativo.

La **redundancia** es un requerimiento esencial para los sistemas críticos y la infraestructura digital. Esto básicamente significa la duplicación de sistemas de tal forma de tener siempre uno operando sin ruptura de servicio. Sin esto se pueden cortar servicios y hoy por hoy un canal ubicuo y fundamental es internet, pero esta no es considerada en Chile una infraestructura crítica ni tampoco básica, con todas sus implicancias. Este es un tema para abordar y resolver y tiene implicancias para la topología de redes y todos los sistemas informáticos.

La **resiliencia** se refiere básicamente a la necesidad que los sistemas incluyendo las redes sean capaces de sobrevivir desastres ya sean naturales o provocados. Aquí los temas de obligatoriedad y homogenización de estándares del Estado, normas y protocolos son esenciales y no distinto a las áreas ya descritas.

### 4. Institucionalidad: ¿Quién esta empoderado y se preocupa de hacer las cosas?

Se señaló anteriormente que una institucionalidad posible que se preocupe del estado del Estado debería ser el Sistema de Alta Dirección Pública del Servicio Civil, con un cambio en la ley y una expansión de su rol. Esta tarea no es de ejecución, pero se relaciona con ella al mirar el Estado en su conjunto, con un prisma de modernización, su posible evolución y crear los procesos técnicos y políticos para desarrollar acuerdos y evaluar áreas que requieran revisión e intervención. Permite desarrollar estudios, planificar, priorizar, evaluar, orquestar y diseñar transformaciones y cambios organizacionales, mejores prácticas y tener una mirada a mediano y largo plazo del conjunto del sistema y sugerir que leyes se cambien y en relación con las instituciones involucradas. Esto es esencial para crear una un contexto y una tarea permanente de mejora continua como Estado y en este sentido esta institucionalidad crea la política pública.

**Institucionalidad de la Infraestructura Digital**. La tercer componente de la arquitectura del sistema es la institucionalidad que agrupe y decida todos los proyectos críticos de la infraestructura digital, coordine y alinee a los jefes de Infraestructura Digital de los organismos estatales bajo la supervisión de un consejo de ministros. La problemática de la gestión de la infraestructura digital en el estado y el gobierno se ha discutido poco, pero es esencial y fundacional si el país quiere avanzar. Lo primero es, como se señaló antes ejecutar en términos de profesionalización, coordinación, orquestación y desarrollo de estrategia a mediano y largo plazo. La institucionalidad que requerida enfrenta estos desafíos a través de la profesionalización del sistema y una primera consolidación organizacional.

**Ley de digitalización del Estado**. Para obtener lo anterior se requiere la creación de una Ley de Digitalización del Estado que permita poder ejecutar de forma sistemática y organizada un salto

mayor de eficacia, de calidad de los servicios y apoye también al país en su camino al desarrollo. Los intentos que se han hecho vía coordinación con Segpres, agendas digitales y otros, aunque útiles, no ha tenido la fuerza que se necesita y el país continua sub -desarrollándose con impactos muy negativos para todas sus actividades y la legitimidad ciudadana. La fuerza de la ley es la única manera de armar el sistema necesario para hacer el salto que necesitamos. Esta ley debe permitir cerrar las brechas que existen y que impiden avanzar en la modernización digital del Estado.

## 5. Los Datos, el HPC y las Infraestructuras críticas relacionadas[9]

La era de los datos que vivimos requiere de una organización que debe abarcar múltiples dimensiones y los engranajes entre ellas deben construirse de manera robusta para generar un desarrollo fluido y ser un actor creíble a nivel global. Es crucial que nuestra organización dé vida a infraestructuras críticas de almacenamiento y cálculo para estar a la altura de las necesidades de simulación y análisis que necesitamos para enfrentar problemas de la talla del cambio climático o las migraciones y disponer de redes locales de alta velocidad insertas en redes globales para la circulación de datos para ser actores activos del desarrollo global con una gobernanza que hable desde los principios universales más virtuosos, que se articulen con la organización local, para que nuestra era de los datos tenga ritmo y permitan seguir la velocidad de esta revolución.

Los datos han sido un fenómeno presente en la historia de la humanidad, pero que hoy sentimos y vivimos con mucha intensidad, por el desarrollo tecnológico desde donde se expresa (sistemas cada vez más sofisticados para medir y calcular), por el volumen de estos, así como por el desarrollo de las diferentes teorías estadísticas, matemáticas, de ciencias de la computación y de la ingeniería que hacen realidad el análisis de estos datos. El medir y calcular siempre fueron de la mano y cada avance en estas materias representó una revolución potencial, aunque no siempre estuvo acompañada de la tecnología necesaria para hacer del medir

[9] Extracto de: Un sistema robusto de infraestructuras críticas para la era de los datos: recurso humano para la investigación, capacidades de supercómputo y conexión internacional. G. Guerrero, A. Maass, J. San Martín, F. Utreras

y calcular una herramienta viva. Siempre el medir y calcular tuvo una contraparte desde las matemáticas. Teoremas que fueron dando vida a observaciones que se volvieron leyes. En el siglo diecisiete la "Ley de los Grandes Números" demostrada por Jacob Bernoulli permitió generar ventajas importantes en la planificación y organización de la sociedad, incluyendo el comercio y la organización de la producción[10]. Un aprovechamiento de los datos que luego desde la abstracción permite generar tecnologías para la organización. En un mundo menos conectado que el actual, las ventajas generadas por el medir, calcular y luego analizar virtuosamente, terminaron dando la ventaja que muchos estados requirieron para crecer o mantenerse. Pero no podemos ver estos tres pasos como etapas secuenciales, pues nunca fue así. El medir está ligado al "que medir" producto de ideas teóricas (la estructura del ADN es una prueba reciente) y al "cómo medir" dado los progresos de la ingeniería y la capacidad de calcular. Y "el analizar" puede desarrollarse desde la riqueza de la observación o desde lo que somos capaces de calcular.

Hoy, la llamada era de los datos está en plena evolución y su desarrollo se basa fundamentalmente en las dos principales disciplinas que lo sustentan: las matemáticas (donde consideramos que vive la estadística) y la informática. Estas ciencias deben mirar virtuosamente hacia las ingenierías y otras ciencias que requieren el uso de datos, cada vez más masivos y ricos en contenido, para, por un lado, intuir el uso y desarrollo de sus propias teorías para la mejor explotación de los datos, pero al mismo tiempo deben ser capaces de rescatar del otro mundo las preguntas que deben plantearse o tratar de resolver para generar nuevas ideas matemáticas o informáticas que permitan fluir el ciclo de la ciencia de datos. En otras palabras, es en este intercambio donde la ciencia de datos y sus aplicaciones podrán ganar en fuerza y profundidad, así como las ciencias que la apoyan para formar parte del desarrollo de esta nueva ciencia. Pero en el mundo de hoy no hay que olvidar las ciencias sociales y las humanidades, por las problemáticas que ellas aportan, pero también para observar esta era de los datos sumando la perspectiva ética y de desarrollo humano que ellas

[10] https://www.madrimasd.org/blogs/matematicas/tag/ley-de-los-grandes-numeros

requieren. A ello tenemos que sumar las leyes y normas que deberemos inventar para proteger a las personas, pero a la vez que los datos sean accesibles en beneficio de estas.

La era de los datos en curso tiene una gran particularidad, más allá de los aspectos tecnológicos es posiblemente la era más global que hemos vivido. Hoy medir, calcular, analizar y utilizar o generar productos vive distribuido, tensionando las leyes o reglas de funcionamiento locales y globales, tensionando la organización de los estados y en particular al cómo hacer ciencia, nos enfrenta a preguntas que nunca antes nos habíamos hecho con la profundidad que la acción y velocidad de desarrollo nos imponen. Muchas veces no sabemos donde residen nuestros datos de uso diario o como circulan en redes distribuidas a lo largo del planeta, o ignoramos cómo trazar datos cruciales para el desarrollo de tecnologías en salud o biotecnología, incluso nuestras intuiciones y discusiones respecto de lo que debería ser o no el justo equilibrio entre proteger o liberar datos carece de un marco teórico de alguna profundidad o es un tema en desarrollo.

Este contexto singular requiere de una organización desde la perspectiva de las relaciones internacionales posiblemente nunca vista en un tema tan puntual como lo son "los datos", que desde nuestra perspectiva todavía debe ganar profundidad a nivel global. Es importante establecer protocolos e infraestructuras robustas de colaboración internacional para el almacenamiento, protección y circulación (interoperabilidad) de datos; entre muchas debemos responder la pregunta de ¿dónde calcular? localmente y/o de manera distribuida; es necesario establecer protocolos de trazabilidad de datos para el uso en nuevas tecnologías y de los estados en temas de importancia global como salud, cambio climático, crecimiento sostenible, entre muchos temas. Estas preguntas y necesidades son materia de la discusión internacional presente y hay ejemplos que permiten dar marcos de acción.

En relación a la infraestructura, desde hace décadas se desarrollan esfuerzos internacionales para proveer al planeta de redes para la circulación de datos en ciencia y muchos centros de cálculo del mundo establecen acuerdos para la democratización del cálculo científico. Por otro lado, las infraestructuras distribuidas de empresas como AWS y Google son proveedores de almacenamiento y poder de cálculo de manera global, muchas veces ofreciendo soluciones difíciles de igualar por infraestructuras locales

de cálculo o las limitaciones del alcance de las redes de transmisión. Aun cuando estas infraestructuras son cuestionadas por imponer políticas de extraterritorialidad de leyes de estados extranjeros, no son pocos los Estados que usan infraestructuras privadas de manera distribuida, muchas veces sin marcos jurídicos totalmente establecidos. En el ámbito regulatorio hay múltiples ejemplos a lo largo del mundo respecto del manejo de los diversos ciclos de datos, muchos basados en historias de manejo estadístico por agencias estatales ad hoc (como el INE en Chile) y en la creación de figuras para la protección de los datos, ya sea de manera muy centralizada (un único agente que recopila y da acceso) o aceptando la distribución del manejo de datos, con o sin uso profundo de tecnologías de seguridad de datos. Un esfuerzo por tener un marco común de manejo de datos es el código de buenas prácticas de las estadísticas europeas que permite la transparencia en el Sistema Estadístico Europeo[11]. Este es un instrumento de autorregulación basado en 16 principios que abarcan el entorno institucional, los procesos estadísticos y los resultados estadísticos. Este marco internacional está en la base de las regulaciones posteriores de muchos países en Europa los que han ido sumando ideas locales que impactan su propia organización y cultura de datos. Ejemplos virtuosos son Noruega, Suecia, Nueva Zelanda y Dinamarca.

### 5. 1. Cálculo de alto rendimiento: una perspectiva de desarrollo basada en buenas prácticas y colaboración internacional.

Cuando hablamos de ciencia de datos pensamos muy frecuentemente en colecciones masivas de datos (Big Data) o en cálculos complejos en computadores muy diferentes de los de uso personal. Esta percepción es cierta y envuelve a una cantidad importante de problemas que esta era nos pide resolver como sociedad. Sin embargo, hay un sin número de problemáticas que hoy podemos abordar gracias a nuestra gran capacidad para producir datos y puede ejecutarse en computadores personales en tiempos razonables. Eso no se contradice para nada con pensar que vivimos en un

[11] https://ec.europa.eu/eurostat/documents/4031688/9394048/KS-02-18-142-ES-N.pdf/e792b761-6f09-42a9-a1e0-3a3356a0de1c

mundo rodeados de datos que nunca llegaremos a analizar por su volumen, es solo que no todos los paradigmas actuales tienen que ver con el volumen o cantidad, sino que también con la capacidad de resolver de las técnicas matemáticas e informáticas modernas y en términos técnicos de la clase de complejidad de cada problema (esto es, cuán duro es resolverlo con algoritmos precisos en tiempo y espacio). Afortunadamente, la algorítmica para la ciencia de datos también ha dado saltos inmensos en esta década y está en plena evolución. Estos paradigmas viven en ciclos, nada es secuencial. Posiblemente muchas de las problemáticas de la ciencia de datos que resolvemos hoy en un PC hace un par de décadas requerían de un computador sofisticado, también llamado supercomputador. Otras siguen resistiendo, principalmente por su clase de complejidad o volumen.

Hoy en día, los 10 supercomputadores más importantes del orbe cuentan con capacidades de procesamiento de sobre los 23.5 Pflop/s, llegando hasta los 442 Pflop/s. La distribución de estos computadores por países es la siguiente: Japón (1), China (3), US (5) y Europa (1). Esto es un crecimiento exponencial de las capacidades de cálculo en el supercómputo y en diversidad de tecnologías, lo que deja atrás (al menos por el momento) los paradigmas que querían hacer competir computadores personales muy poderosos con clústers de alto rendimiento. Es decir, hoy la historia es otra. Para los países más industrializados del planeta, el supercómputo se convirtió en este siglo en una herramienta de competencia, una nueva carrera espacial por dominar una tecnología crucial para la era de los datos. Estadísticas del 2021 muestran como Lenovo (China) acapara el 32% del mercado seguido por empresas en Estados Unidos. Entre ambos países dominan sobre el 60% del mercado de supercómputo[12].

En Chile, el Laboratorio Nacional de Computación de Alto Rendimeinto o NLHPC (por sus siglas en inglés) cuenta con el supercomputador más poderoso de Chile "Guacolda-Leftraru", con gran capacidad de procesamiento (266 Tflops), una rápida red de interconexión (InfiniBand FDR) y una alta velocidad de acceso a disco. Pero como las cifras lo muestran, este cluster es considerado una máquina pequeña a nivel internacional, que requiere una ac-

[12] https://top500.org/

tualización para hacer de Chile un actor relevante en estos temas y abordar la multiplicidad de compromisos actuales en ciencia (astronomía, genómica, simulación molecular, medicina, climatología, oceanografía) e industria (minería, logística de puertos, problemas en smart-cities). La comunidad científica nacional que requiere capacidades importantes de cómputo de alto rendimiento, se ha agrupado en torno a este laboratorio, una de las creaciones colectivas más ricas para el desarrollo de la era de los datos en Chile. La infraestructura del NLHPC representa para Chile una de sus anclas más relevantes de desarrollo para la era de los datos, que debe ser vista como una herramienta permanente de negociación y posicionamiento para el desarrollo de la cooperación internacional. Contar con esta infraestructura, los cerca de 500 usuarios al año que pertenecen a más de 45 instituciones de investigación y desarrollo en ámbitos que van desde la genómica, la biología computacional en salud, la astronomía y las ciencias del clima, hasta la minería, la logística, la acuicultura y el smart-agro, nos hacen ser un país creíble en el uso y facilitación de estas tecnologías que puede ser contraparte de proyectos regionales, y también globales, y asumir roles en temas que requieren del monitoreo permanente de datos.

La computación de alto rendimiento o HPC ha sido históricamente promovida y motivada por las grandes comunidades científicas y la defensa. Pero los avances matemáticos e informáticos en Inteligencia Artificial y Aprendizaje de Máquinas junto con las mejoras en disponibilizar datos han permitido que el HPC se instale en otros ámbitos como la industria, el comercio, la salud, la logística y el smart-city, el smart-agro, las interacciones sociales y la vida política y democrática. El HPC se ha convertido en un activo crucial para el desarrollo de las naciones y hacer frente a los desafíos sociales, ambientales e industriales que trae el siglo XXI. En la región, Argentina, Brasil, Chile, Colombia, Costa Rica, México y Uruguay cuentan con planes nacionales para organizar sus comunidades nacionales de HPC que se encuentran en diferentes etapas de desarrollo y grados de financiación. La mayoría de los países desarrollados tienen programas de HPC que pretenden alcanzar capacidades de "exascala" antes del 2023. Es decir, se quiere pasar a capacidades de un quintillón de cálculos por segundo, generando un impacto en nuestras vidas y la tecnología. Pero, ¿por qué estas nuevas capacidades son relevantes? Una po-

sible respuesta viene de los mismos datos: según la International Data Corporation (IDC) al 2025 los datos mundiales crecerán un 61%, hasta alcanzar los 175 zettabytes[13]. Es decir, la voracidad de estados, industria y academia por hacer de esos datos información y motor de innovación pondrá una presión sobre el HPC nunca vista en nuestra historia, donde debemos producir innovaciones y evoluciones mayores en temas que van desde la infraestructura hasta la algorítmica.

La combinación del poder del HPC con nuevas ideas de análisis de datos proporciona oportunidades sin precedentes para transformar las empresas, los servicios públicos y las sociedades. Para lograr resultados sustanciales, es necesario aumentar la sinergia, la cooperación y la internacionalización en la investigación basada en la HPC. Esto es cada vez más urgente, tanto en lo que se refiere a los países y regiones que tienen una fuerte tradición en términos de investigación en HPC como a los países en desarrollo que pueden tener algunos polos de excelencia en materia de investigación y desarrollo en matemáticas e informática, pero que no tienen una fuerte tradición en este campo. La apertura de la investigación en HPC a la cooperación internacional contribuirá a la necesidad reconocida de reestructurar los ámbitos de investigación existentes teniendo en cuenta la innovación que se está produciendo en términos de procesos, actores implicados, cambios culturales, nuevos motores de cambio, resultados de la investigación esperados por la sociedad en general, y la necesidad de centrarse en cuestiones de beneficio mutuo para la UE, Latinoamérica y otras regiones del mundo. Por otro lado, el desarrollo de sistemas basados en HPC requiere el dominio de herramientas y de técnicas complejas en rápida evolución. La creación de nuevas formas de sistemas y servicios requiere importantes inversiones en infraestructura, acceso a vastas fuentes de datos curados y comunicaciones de alta velocidad. Para competir con éxito en esta competición global de HPC, los investigadores e innovadores latinoamericanos deben superar el reto de retener el talento de HPC (a menudo contratado por los gigantes tecnológicos de EE.UU.), las limitaciones actuales de los recursos computacionales de HPC, la falta de grandes conjuntos

[13] https://www.forbes.com/sites/forbestechcouncil/2019/10/24/the-exascale-era-is-coming-and-heres-why-it-matters/?sh=2340fdd2bce0

de datos y, en conjunto, aunque los latinoamericanos produzcan grandes cantidades de datos, la menor inversión en HPC y digital en este lado del Atlántico, tanto en el sector público como en el industrial. Se espera que el HPC aumente considerablemente en los próximos años con los modelos de negocio digitalizados y la innovación impulsando a la industria europea a dar un salto hacia la próxima generación de avances tecnológicos.

### 5. 2. Desafíos para HPC en Chile para la próxima década.

Como lo muestra la historia local e internacional del HPC, persisten dos ejes fundamentales para su instalación y desarrollo como una infraestructura crítica nacional: la capacidad de formación de recurso humano calificado y la capacidad/pertinencia/velocidad de actualización de la tecnología. La formación de recursos humanos representa una gran brecha, incluso más grande que la económica, en los países no desarrollados como Chile. Por un lado, la formación no es parte recurrente de las mallas de formación de los ingenieros informáticos y otras áreas afines, lo que redunda en escasez de profesionales formados al nivel requerido, pero además hoy las necesidades informáticas son tan amplias que la competencia por estos profesionales hace complejo entrar en la competencia desde plataformas en general nacionales que se financian con fondos públicos o de investigación, pública o privada. Este aspecto hizo que, en Chile, la construcción del NLHPC siempre se pensara inserta en redes globales ricas en recurso humano y discusión tecnológica, que permitiera dar soporte de formación a su recurso humano calificado, y cada cargo para ingenieros de HPC fue propuesto a nivel internacional. Esto ha permitido, aunque sea a una escala pequeña, construir un centro con estándares de funcionamiento y servicio comparable a grandes centros en Europa (como el BSC[14]), ser un socio fiable en la discusión de HPC en la región y un actor relevante en la formación hands on en el área en Chile. Sin embargo, la brecha es enorme y es un punto clave a ser abordado con inversión e inserción internacional para que Chile, mirado desde el Estado, la industria y la

[14] https://www.bsc.es/research-and-development/projects/risc2-network-supporting-the-coordination-high-performance

ciencia, sea un actor de esta revolución del cálculo. El segundo eje fundamental es la pertinencia en la actualización tecnológica y su crecimiento. Como todo motor de desarrollo es necesario ser finos en medir el crecimiento y disponer de las inversiones necesarias para sostenerlo. La historia del NLHPC en Chile muestra como la instalación de esta infraestructura crítica nacional, bien articulada entre muchos actores a lo largo del país, ha significado una expansión exponencial de las necesidades de supercómputo en Chile (temáticas y actores) y ha dado independencia intelectual al trabajo de muchos científicos chilenos y acortado los tiempos de respuesta a problemas de mucha relevancia para el Estado, la industria y la ciencia local. Este crecimiento ha sido seguido por mecanismos de inversión fundamentalmente del Estado a través de sus programas de infraestructura para la ciencia desde ANID (y la antigua CONICYT), basados en concursos abiertos. Si bien cada modernización ha significado un gran avance local con consecuencias de alto impacto en el uso, la velocidad y montos de inversión relativa a la región nos han hecho retroceder varios puestos en los rankings internacionales (el mundo desarrollado se escapó hace al menos una década). Este tema si bien se puede relativizar y mirar los aspectos positivos del impacto representan sin duda una brecha a superar desde los mecanismos de inversión y funcionamiento de este tipo de infraestructuras. La combinación virtuosa de crecimiento en infraestructura y la mantención/potenciación del recurso humano habilitado para gestionarla son hoy los puntos críticos para dar a Chile de una capacidad de cómputo a la altura de los desafíos que enfrenta.

El crecimiento exponencial de la demanda por HPC en Chile también nos ha tensionado desde la pregunta ¿cómo combinar recursos locales (como los de NLHPC) y recursos propuestos por la nube o globales a través de empresas como AWS, Google u otras de distinta naturaleza y especificidad? Esta pregunta está lejos de ser local y tiene varias aristas y motivaciones, pero la más evidente ha sido siempre buscar rápido soluciones instaladas y funcionando para poder acelerar la inserción en el desarrollo. Qué duda cabe que el impacto de la nube ha sido explosivo y ha cambiado el funcionamiento y la relación con las tecnologías de la información de nuestra sociedad. Sin embargo, la disponibilidad global de recursos en nuestro entender no es suficiente para ser actores de la revolución del cálculo y es nece-

sario subirse a la reflexión global en estos temas para generar estrategias con consciencia de desarrollo en HPC y no solo de usuarios inteligentes. La pregunta no es fácil y forma parte de los foros de conversación internacional en evolución. Por otro lado, este paradigma no solo concierne a la ciencia y al Estado. Hay cálculos económicos medianamente confiables que han hecho que industrias que por años funcionaron en la nube por razones de eficiencia hoy han decidido bajar a infraestructuras locales. Las consideraciones del cálculo económico no son evidentes y sin duda hay un compromiso entre muchas variables[15]. Una variable relevante cuando pensamos en la relación nube versus recursos locales tiene que ver con la capacidad/costo de circulación de la información o las redes. Si bien hay inversiones de gran envergadura a nivel regional de empresas privadas y consorcios internacionales público-privados (https://bella-programme.redclara.net/, https://ella.link/), la experiencia muestra que esta es una de las grandes brechas de la era de los datos, sobre todo para países como el nuestro, y cuando las escalas de datos crecen son un cuello de botella capaz de dejarnos fuera de cualquier carrera: por el costo y por la imposibilidad de acceso. Finalmente, asumiendo que somos capaces de hacer circular la información a la mejor velocidad que la tecnología propone desde Chile y hacia el mundo, el paradigma nube versus recursos locales no se resuelve solo desde la tecnología, es necesario que las reglas del juego de manejo y usos de datos en estas redes globales también alcancen un sentido global como de a poco se han construido tratados internacionales en comercio y otras materias. Pero en temas de alta especialización como todos los presentes en la era de los datos y las expectativas que de ellos fluyen, la crisis del COVID y climática nos han mostrado que, a pesar de muchos esfuerzos de la diplomacia, no es evidente alcanzar acuerdos globales que no respondan a fuertes presiones locales, y la circulación de datos para el cálculo y el desarrollo desde el HPC son una materia que requiere esfuerzos diplomáticos mayores, incluyendo diplomacia científica.

---

[15] The Cost of Cloud, a Trillion Dollar Paradox, https://a16z.com/2021/05/27/cost-of-cloud-paradox-market-cap-cloud-lifecycle-scale-growth-repatriation-optimization/

### 5. 3. Un sistema robusto de ciencias para la era de los datos.

Uno de los grandes desafíos para enfrentar las diversas revoluciones que nos han afectado como sociedad global es disponer del recurso humano calificado para hacerle frente. Esta constatación en países como Chile es aún más dramática. En áreas como la informática médica o en temas de HPC antes mencionado, e incluso en un sentido amplio, los números son demoledores. A esto se suma un elemento que es aún más relevante: el repertorio de necesidades técnicas que requiere una revolución como la que vivimos es amplia, y abarca a paradigmas muy buscados en múltiples aplicaciones como la IA hasta otros de desarrollo más silencioso, pero de mucha potencia técnica, la mayoría de las veces basada en teoremas matemáticos o algoritmos de mucha complejidad y potencial, o avances de la ingeniería que cambian los paradigmas de uso del HPC. Es necesario no crear polos estancos de desarrollo sino abrir la discusión a una visión amplia de la técnica que subyace la era de los datos y sus aplicaciones, generando valor y haciéndonos competitivos. En países como Chile, donde posiblemente será más limitado generar desarrollos tecnológicos en el "fierro" necesario para el supercómputo o la era de los datos en general, los aspectos basados en el desarrollo de matemáticas, algoritmos o software para la era de los datos tienen alto potencial para generar valor y pueden ser el ancla perfecta para convertirse en una potencia regional. Esto obliga a hacer esfuerzos mayores para integrar recurso humano proveniente de áreas que para muchos viven en la misma esfera de las ciencias exactas, pero que cuyas culturas de trabajo en la realidad conversan poco, para generar líneas de trabajo virtuosas que pueden terminar dando el mayor valor agregado en la era de los datos desarrollada en Chile.

## Anexo: la comisión

### La comisión está compuesta por las siguientes personas

| | | | |
|---|---|---|---|
| Aguirre, Francisco | UMAG | Leppe, Marcelo | INH |
| Arellano, Paola | REUNA | Marín, Mauricio | USACH |
| Asín, Roberto | UdeC | Muñoz, Guillermo | Groupeloyal |
| Ávila, Andrés | UFRO | Navarro, Cristóbal | U Austral |
| Cárdenas, Carlos | UMAG | Pérez-Acle, Tomás | Fundación Ciencia y Vida |
| de Saint Pierre, Thierry | ACTI | Rodríguez, Andrea | UdeC |
| Escobar, María José | Seremi MINCIENCIAS | Ruz, Cristian | PUC |
| Girardi, Guido | Senado de la República | Sáez, Luis | FACH |
| Grimblatt, Víctor | Synopsys Chile | San Martín, Jaime | Uchile (coordinador) |
| Guerrero, Ginés | NLHPC-Uchile | Sánchez, Nayat | INRIA-Chile |
| Jofré, Alejandro | UChile | Torres, Claudio | UTFSM |
| Johnson, Erling | UMAG | Urrutia, Diego | UCN |
| l' Huillier, Gastón | Groupeloyal | Velásquez, Juan | UChile |

Sistemas Alimentarios Sostenibles y Saludables

# Chile enfrenta la Pandemia Silenciosa, la Finitud de los Recursos Naturales y el Cambio Climático

*Coordinadora: Victoria Fullerton Soto*

La Mesa de Sistemas Alimentarios Sostenibles y Saludable es un proyecto de trabajo concebida por el Presidente de la Comisión de Desafíos del Futuro, Ciencia, Tecnología e Innovación del Senado de la República de Chile con el objetivo de abrir y promover espacios de discusión sobre la situación actual de los sistemas alimentarios en Chile y una serie de ejes conexos que inciden en dicho estado actual, para sí identificar los principales desafíos que se nos presentan en un contexto donde la obesidad y la malnutrición se exhiben peligrosamente con graves consecuencias para el ser humano.

Para lograr esto, a fines del mes de julio de 2021 se llevó a cabo la primera sesión en carácter de plenaria introductoria, para luego entregar una hoja de ruta, que dividió a la mesa en cuatro submesas con los mayores tópicos que componen la discusión sobre el desarrollo de sistemas alimentarios, estos son: Entornos alimentarios saludables, sistemas productivos alimentarios sustentables, distribución y comercialización de alimentos saludables y dietas saludables y sustentables.

Las tres primeras sesiones consistieron en plenarias de charlas introductorias de entidades y expertos que se refirieron a los

sistemas alimentarios en general entre ellos: don Fabio Gomes (Asesor Regional en Nutrición del Departamento de Enfermedades No Transmisibles de OPS/OMS), don Joao Intini, (Oficial de Políticas de Sistemas Alimentarios de FAO), don Octavio Sotomayor (Oficial de Asuntos Económicos de la CEPAL), doña Paola Medina (Secretaria Ejecutiva Elige Vivir Sano), doña Anna Christina Pinheiro (Nutricionista) y don Francisco Rossier (Transforma Alimentos).

El trabajo de las submesas comenzó a fines del mes de agosto de 2021, con la participación de distintos académicos, científicos, organismos internacionales y profesionales de las áreas quienes dieron cuerpo y constancia a cada una de las submesas, donde cada tres sesiones se asiste a una plenaria, donde cada representante expone ante el resto de las submesas, avance de discusiones, acuerdos y resultados.

El presente documento, se presenta como un resumen ejecutivo y contextualizador de la situación alimentaria global y actual de nuestro país.

## Nombre

Desde su origen, la comisión recibió el nombre de "Mesa de los Sistemas Alimentarios Sostenibles y Saludables", debido a que agrupa todos los elementos y actividades relacionadas con la producción, procesamiento, distribución, preparación y consumo de los alimentos, así como los resultados de estas actividades en la nutrición y el estado de salud, crecimiento socioeconómico, equidad y sostenibilidad ambiental.[1] A su vez, que sean sostenibles permite comprender al ser humano dentro de un espacio habitable que no es inagotable, más aún con la crisis climática, con la que ya subsistimos. Por su parte, saludable, y tomando la definición más directa, se entiende como aquello que es beneficioso y bueno para la salud de las personas. Por ello, y preliminarmente,

[1] VER: https://www3.paho.org/hq/index.php?option=com_content&view=article&id=14270:sistemas-alimentarios-sostenibles-para-una-alimentacion-saludable&Itemid=72259&lang=pt

esta mesa posee este nombre con apellidos, para que los sistemas alimentarios que reúnen este complejo de procesos, no olviden ni descarten que deben ir enfocados en mejorar la salud humana y con responsabilidad ante el medio ambiente.

## Antecedentes

El aumento considerable de la obesidad y de las enfermedades asociadas en Chile, aún no han tomado la relevancia que requiere en la agenda nacional, sobre todo si se consideran los últimos datos entregados por "La Encuesta Nacional de Salud" en el año 2017, donde evidencia que un 39.8% de la población tiene sobrepeso, mientras que un 31,2% padece de obesidad, es decir: casi 3 de 4 chilenos presentan algún grado de malnutrición por exceso, aumentando exponencialmente en los últimos años, presentándose, a estas alturas como un desafío país. A ello se suma la preocupación sobre los niños, niñas y adolescentes, escolares, que han alcanzado una población del 52% con sobrepeso u obesidad, según datos entregados por el Informe Mapa Nutricional de la Junta Nacional de Auxilio Escolar y Becas (JUNAEB) en el año 2019. Esta alarmante cifra preocupa fuertemente a especialistas, y frente a lo cual requerimos fomentar alimentación saludable y hábitos que beneficien la salud de toda la población.

En otro orden de cosas, la sequía y la producción de alimentos también juegan un papel importante en las Submesas ya que, bajo el contexto mundial actual, donde el calentamiento global ha llegado a límites irreversibles, la conservación y el buen uso de los recursos naturales se instalan como prioridad para generar entornos provechosos y que a su vez sea considerado, para promover un consumo saludable y sostenible a través de políticas regulatorias.

Por su parte, las enfermedades no transmisibles (ENT) que son la principal causa de muerte y discapacidad del mundo, que matan a 41 millones[2] de personas cada año y que equivale al 71%

[2] VER: https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/obesity-and-overweight

de las muertes en el mundo, revelan un dato no menor frente a la pandemia actual del COVID-19, puesto que, la OMS ha señalado que las personas con afecciones de salud subyacentes, como las ENT, sean estas enfermedades cardiovasculares, diabetes y el cáncer tienen un mayor riesgo de enfermedad grave y más probabilidades de morir por COVID-19.[3] Este contexto también, estuvo presente durante las discusiones de las Submesas, para pensar en cómo la pandemia también ha cambiado los paradigmas de la vida en común y como nuestro cuerpo se sobrepone y fortalece ante este tipo de virus, puesto que no sólo debe cambiar la forma en cómo nos alimentamos sino también cómo se han modificado los patrones de conductas de los habitantes en torno a los alimentos.

Es decir, frente a estos datos, es que se requiere hablar de alimentación en nuestro país, abordando todas las aristas, y realzar lo que esto puede significar para la población, positiva y negativamente. Se requiere una visión de Estado donde se eduque en la primera infancia y se refuerce durante la vida adulta. Pero se requiere la ayuda de todos los sectores involucrados, un trabajo conjunto, simbiótico, que permita asentar que, consagrando el derecho a la alimentación adecuada y la creación y perfeccionamiento de sistemas alimentarios sostenibles y saludables como un posible y que se puede avanzar en mejorar nuestros espacios internos como seres humanos y externos como comunidad en un hábitat mejor.

## Sobre los Sistemas Alimentarios

La Declaración Universal de los Derechos Humanos nace a partir del reconocimiento de la dignidad y la igualdad inherente de todas las personas. En el artículo 25 de dicha declaración, se incorpora el derecho a la alimentación como un derecho humano a fin de generar un nivel de vida adecuado para toda persona y que asegure incluso circunstancias independientes

[3] VER: https://www.paho.org/es/ent-covid-19

de su voluntad.[4]

La oficina de la Alta Comisionada de las Naciones Unidas para los Derechos Humanos lo define el derecho a la alimentación como *"el derecho a tener acceso, de manera regular, permanente y libre, sea directamente, sea mediante compra en dinero, a una alimentación cuantitativa y cualitativamente adecuada y suficiente, que corresponda a las tradiciones culturales de la población a que pertenece el consumidor y que garantice una vida psíquica y física, individual y colectiva, libre de angustias, satisfactoria y digna"*.[5]

Por su parte, la Observación General Nº 12 indica que un derecho alimentario adecuado se ejerce cuando todo hombre, mujer o niño –ya sea individualmente o en comunidad— tiene acceso físico, económico y en todo momento, a una alimentación adecuada o a medios para obtenerla. Asimismo, se especifica que no debe interpretarse restrictivamente a un conjunto de calorías, proteínas y otros elementos nutritivos concretos.[6]

De esta forma, se comprende a la alimentación como un derecho fundamental que debe reconocerse y protegerse por cada Estado.

Específicamente el artículo 11 del Pacto Internacional de los Derechos Económicos, Sociales y Culturales, el derecho a la alimentación forma parte junto con los derechos al vestido y a la vivienda, del derecho a un nivel de vida adecuado para la persona y su familia y a la mejora permanente de las condiciones de existencia. El pacto además precisa el derecho fundamental de toda persona a estar protegida contra el hambre.[7]

Así, el derecho a la alimentación y otros derechos estipulados adquieren un valor fundamental, y se equipara a derechos de relevancia como el derecho a la vida, a la libertad de movimiento o de

---

[4] Declaración Universal de los Derechos Humanos. Artículo 25. Recuperado de: https://www.un.org/es/documents/udhr/UDHR_booklet_SP_web.pdf

[5] ONU. Consejo Económico y Social. El derecho a la alimentación. Febrero 2001. E/CN.4/2001/53.

[6] VER: https://www.acnur.org/fileadmin/Documentos/BDL/2001/1450.pdf

[7] VER: ONU. Pacto Internacional de los Derechos Económicos, Sociales y Culturales. A/RES/2200 A (XXI), 16 de diciembre de 1966. Disponible en: http://www.ohchr.org/spanish/law/cescr.htm

expresión, a una vida libre de violencia, entre otros.[8]

A partir de esta universalidad, varias constituciones de diferentes países han incorporado en sus lineamientos el reconocimiento del derecho a la alimentación y la obligación del Estado de su protección. La Constitución vigente chilena, no contiene un apartado específico al derecho a la alimentación, tampoco se ha explicitado el reconocimiento objetivo de la protección de un derecho a la alimentación adecuada ni las obligaciones que ello implica para el Estado. Sin embargo, contempla otros derechos de igual jerarquía, que permiten asilar este derecho en ellos, como: artículo 19 nº 1 que reconoce el derecho a la vida y a la integridad física y psíquica de la persona y artículo 19 nº 9 el derecho a la protección de la salud. También podría utilizarse la consagración del artículo 5 n°2 donde el Estado se obliga a respetar y promover los derechos garantizados por los Tratados Internacionales ratificados por Chile y que se encuentren vigentes y por tanto, considerar el Derecho a la Alimentación de manera tácita dentro de nuestro ordenamiento jurídico.

Para el caso del derecho humano a la salud da cuenta del derecho de las personas al *"disfrute del más alto nivel posible de salud física y mental"*[9]. Por otra parte, la vinculación entre el derecho a la vida digna y la alimentación contempla el reconocimiento de "*los Estados Partes en el presente Pacto reconocen el derecho de toda persona a un nivel de vida adecuado para sí y su familia, incluso alimentación*"; a su vez, el derecho fundamental de *"toda persona a estar protegida contra el hambre"*.[10]

De acuerdo a lo anterior, se diferencian 2 derechos. El primero es el derecho a una alimentación adecuada. El segundo es el derecho a ser protegido contra el hambre[11]. Por ello y en base a estos principios, Chile ha destacado y ha sido reconocido a nivel inter-

---

[8] VER: El derecho humano a una alimentación adecuada y a no padecer hambre. Recuperado en: www.fao.org/3/W9990S/w9990S03.htm

[9] VER: https://www.acnur.org/fileadmin/Documentos/BDL/2001/1451.pdf

[10] VER: https://www.ohchr.org/sp/professionalinterest/pages/cescr.aspx

[11] Erazo, X., Méndez, R. (2014). Seguridad alimentaria, derecho a la alimentación y políticas públicas. Santiago, Chile: Editorial LOM.

nacional como un país con un rol activo en la región[12]. Una evidencia de lo mencionado es el trabajo hecho en apoyo a la implementación de la *Ley de Etiquetado Frontal o de sellos negros (ley n° 20.606)*, convirtiendo a Chile como pionero y un referente internacional en torno a iniciativas sobre alimentación[13]. Uruguay, Perú, México, Ecuador, Brasil, Colombia, Israel, Canadá y recientemente Argentina, son algunos de los países que se han sumado al etiquetado frontal de alimentos.

Estas iniciativas nacen producto de la situación alimentaria de nuestro país, el cual demuestra graves falencias, que se mantienen a la fecha, tal como lo demostró la FAO, que en julio del año 2019 publicó un estudio sobre el estado de la seguridad alimentaria y la nutrición en el mundo. En dicho informe se indicó que en nuestro país 3,9 millones de personas mayores de edad tienen obesidad. El mismo estudio informó que Chile tiene una de las mayores tasas de sobrepeso infantil de América Latina y el Caribe, indicando que un 9,3% de los niños, menores de 5 años, sufren de sobrepeso. [14]

Respecto a la desnutrición la encuesta CASEN 2017 reveló una realidad preocupante: las cifras de desnutrición en niños entre 0 y 6 años van al alza. De hecho, en el año 2011 el porcentaje de menores en esta situación o en riesgo de ella era de 3,7%, estadística que cayó en 2015 hasta 2,2% pero en 2017 subió a 3,2%. Ahora, respecto de la población total, según datos de la FAO, en nuestro país el 3,3% de la población sufre de desnutrición.[15] A esto último se suma, lo señalado en el último mapa nutricional de la JUNAEB 2020 que midió a niños a un año de la pandemia, demostrando que aparecen pequeños focos de desnutrición, que pueden ser cifras marginales, pero que la pandemia ha venido agravando, puesto que la pérdida de las puestos de trabajos, implica menos ingresos a los hogares y a su

---

[12] ONU. (2018). FAO Seguimiento de la Segunda Conferencia Internacional sobre Nutrición (CIN2) e implementación del Decenio de las Naciones Unidas de Acción sobre la Nutrición

[13] Noticia disponible en: http://www.uchile.cl/noticias/156917/exigir-una-alimentacion-saludable-desafio-post-ley-de-etiquetados

[14] VER: http://www.fao.org/3/ca5162es/ca5162es.pdf

[15] VER: http://www.fao.org/faostat/es/#country/40

vez, cambios en las canastas de alimentos, disminuyendo en calidad y cantidad. Así el Director del INTA Francisco Pérez Bravo menciona, frente a la pregunta sobre el costo de dejar las cosas como están: *"El costo va a ser dramático. Cuando tienes una población infantil como la que describió la Junaeb, tienes que pensar que son niños que van a terminar su enseñanza media siendo obesos y los diagnósticos de comorbilidad asociados a la obesidad, como la diabetes tipo II o la hipertensión que esperabas tener a los 40 ahora los vas a tener a los 20 o 25 años. Y si tienes una carga de enfermedad a tan temprana edad, te conviertes en un gasto sanitario extraordinario para el país, porque estas personas van a necesitar tratamiento en los cesfam y para el individuo es una pérdida de años de vida saludable tremenda, porque tendrán una carga de enfermedad en sus siguientes 40 o 45 años. A eso hay que sumarle una expectativa de vida proyectada a más de los 80. Es un escenario un poco aterrador."*[16]

Como se puede ver uno de los principales problemas en nuestro país es la tendencia al sobrepeso y obesidad que existe tanto en personas mayores de 18 años como en niños, niñas y adolescentes. Una de las principales causas de la obesidad y el sobrepeso es la malnutrición y la prevalencia de alimentos no saludables y no nutritivos.

Frente a lo anterior se ha dado un esfuerzo legislativo para combatir los problemas que genera la malnutrición en nuestro país, y en específico la prevalencia de consumo de alimentos poco nutritivos por parte de sus habitantes, y más grave aún, nuestros niños. En esta línea podemos encontrar, por ejemplo, la Ley de Etiquetados y el Programa Elige Vivir Sano.

Hacia lo futuro, el Decenio de Acción sobre la Nutrición (2016-2025) declarado por la Asamblea General de las Naciones Unidas en 2016 (OMS, 2016) insta a los Estados a elaborar y/o poner en marcha estrategias sobre nutrición y alimentación. Chile ha asumido gran parte de los desafíos y objetivos estipulados que consisten en considerar la posibilidad de la generación de políticas y compromisos financieros que sean específicos, mensurables, alcanzables, pertinentes y sujetos a plazos (SMART) respecto de la

[16] VER: https://www.latercera.com/la-tercera-pm/noticia/director-del-inta-estan-apareciendo-focos-de-desnutricion-en-grupos-vulnerables-y-teniamos-erradicado-ese-problema/DRB4ALZG7FGOPN3WNGQRJGFGJE/

Declaración de Roma sobre la Nutrición y las opciones voluntarias contenidas en el Marco de Acción de la Segunda Conferencia[17].

Por ello, urge una formalización y concretización del derecho a la alimentación de forma constitucional, ya que el principio de la interrelación y protección de los derechos sociales con consecuencias constitucionales se hace factible a partir del reconocimiento del principio de igualdad[18].

Ahora bien, por una parte la presente Mesa se sitúa dentro del Derecho a la Alimentación Adecuada y los objetivos que debemos cumplir para ello, y su vez, como esta se guía bajo principios de sostenibilidad, para alcanzar sistemas alimentarios sostenibles y saludables.

Y porqué es importante mencionar el derecho a la alimentación adecuada cuando hablamos de sistemas alimentarios, es por una simple razón, porque las personas no solo tienen el derecho a alimentarse y que el Estado garantice y proteja el acceso, calidad, inocuidad, cantidad y pertenencia, sino que además, que estos principios tengan existencia real durante la producción, elaboración, distribución, comercialización y consumo por la población, sea propia o adquiriendo, el contexto, el ambiente individual y global, el cómo, cuándo y dónde hacen o no hacen para adquirir y consumir sus alimentos. Por ello, los sistemas alimentarios que buscamos abarcar, analizar y concretar en lo inmediato y futuro, se estructura sobre la base de un Estado que acoge al ser humano en este derecho.

## Descripción de Comisiones

Cada submesa se constituyó libremente y de acuerdo a las preferencias de los participantes para analizar, generar diagnósticos y propuestas, considerando las siguientes:

---

[17] VER: Decenio de las Naciones Unidas de Acción sobre a la Nutrición (2016-2025). Disponible en: http://apps.who.int/gb/ebwha/pdf_files/WHA69/A69_R8-sp.pdf

[18] Gavara de Cara, J.C. (2010). La Dimensión Objetiva de Los Derechos Sociales.

1) Entornos Alimentarios Sostenibles y Saludables - (Coordinadora Maria Julieta Scalvini)
2) Sistemas Productivos Alimentarios Sustentables (Presidente Francisco Rossier - Transforma Alimentos)
3) Distribución y comercialización de alimentos saludables (Presidente René Cifuentes - ASOF)
4) Patrones alimentarios sostenibles y saludables (Secretaria Marcia Basulto - Nutricionista Acción Vegana)

1) Entornos alimentarios saludables: Los objetivos principales de esta submesa son analizar, discutir y proponer políticas públicas que promuevan la generación de entornos alimentarios saludables para la población general y, particularmente, para niños, niñas y adolescentes en edad escolar. Se espera que se aborden aspectos regulatorios vinculados a disponibilidad, asequibilidad, inocuidad, etc. de alimentos saludables. Se espera, asimismo, que se identifiquen prioridades de políticas públicas conducentes a la adopción de entornos alimentarios saludables.

2) Sistemas productivos alimentarios sustentables: Los objetivos principales de esta submesa son analizar, discutir y proponer políticas públicas aplicables en la producción primaria (agrícola, pecuaria, avícola, marina, etc.) vinculadas con la sustentabilidad ambiental. Se espera que los participantes presenten avances y desafíos existentes en Chile para producir alimentos de manera sustentable, en un contexto de cambio climático acelerado. Se espera, asimismo, que se identifiquen prioridades de políticas públicas conducentes a la adopción de técnicas de producción alimentaria sustentables.

3) Distribución y comercialización de alimentos saludables: Los objetivos principales de esta Submesa son analizar, discutir y proponer políticas públicas destinadas a mejorar la distribución, disminuir los costos de comercialización, mejorar el acceso del público a alimentos saludables y sustentables. Especial énfasis debería ponerse en reducción de pérdidas y desperdicios de alimentos aptos para el consumo humano; y en el acceso al mercado de productores pequeños y medianos que utilicen métodos de producción sustentables. Se espera, además, que se definan áreas prioritarias de avance de políticas públicas conducentes a mejorar la disponibilidad y asequibilidad de alimentos saludables y sustentables.

4) Patrones alimentarios sostenibles y saludables: Los objetivos principales de esta submesa son analizar, discutir y proponer po-

líticas públicas destinadas a definir, promover y mejorar el conocimiento y el acceso a patrones saludables y sustentables. Se espera que se identifiquen prioridades de políticas públicas conducentes a la definición adecuada, promoción y adopción de dietas saludables y sustentables que sean asequibles y culturalmente aceptables.

A continuación se presentan resultados preliminares de las 3 primeras plenarias.

## Submesa de Entornos Alimentarios Saludables y Sostenibles

Las primeras discusiones partieron de la premisa en qué entendíamos por entornos alimentarios, si desde lo individual o poblacional, eligiendo más bien, una mirada integral, escogiendo la definición de la política nacional de alimentación y nutrición la, entendida como:

**"El conjunto de todos los diferentes tipos de alimentos que las personas tienen a su disposición y alcance en sus vidas cotidianas. Es decir, la variedad de alimentos que se encuentran en supermercados, pequeñas tiendas al por menor, mercados de productos frescos, puestos ambulantes, cafeterías, casas de té, comedores escolares, restaurantes y demás lugares donde las personas compran y consumen alimentos. "**

A su vez se eligieron documentos claves o base que guiaron el trabajo:

1) Política Nacional de Alimentación y Nutrición del Ministerio de Salud.
2) Política Nacional de inocuidad y calidad de los alimentos del Gobierno de Chile.

En las sesiones trabajadas se han visto los siguientes ítemes:

- Accesibilidad económica.
- Disponibilidad de alimentos y espacios donde se consumen.
- Dimensión de seguridad, inocuidad y defensa alimentaria.
- Gusto de las personas.
- Componentes poblacionales, como el tiempo que tienen las personas para consumir sus alimentos.
- Transparencia al consumidor, desde lo nutricional y la sustentabilidad.

- Considerar que la teoría de responsabilidad individual del alimentario se encuentra obsoleta.
- Que los alimentos saludables cambian dependiendo del espacio.
- Se debe definir lo que no es saludable.
- Identificar las brechas regulatorias en Chile.
- Analizar las políticas que se pueden mejorar y cuáles se pueden agregar.
- Y abarcar los ambientes de restauración, vía pública, institucional y organizacional, doméstico y digital.

Durante las siguientes sesiones, esta submesa ratifica como definición al concepto de entorno alimentario, la utilizada por la Política Nacional de Alimentación y Nutrición, concluyendo que se trata de todos los alimentos que tenemos disponibles en nuestra vida cotidiana con cierta inmediatez.

A su vez se analizaron durante la sesiones, los distintos ambientes alimentarios:

- Institucional y organizacional: Se refiere al lugar donde se venden o proporcionan alimentos a los trabajadores, estudiantes u otros miembros que se desempeñan en instituciones y organizaciones.
- Vía Pública: Venta de alimentos en calles, medios de transporte y otros; se destaca por la presencia de alimentos que pueden ser consumidos de inmediato o que requieren una preparación mínima para el consumo.
- De Abastecimiento: Fuentes de adquisición de alimentos como supermercados, almacenes, ferias, etc.
- Doméstico: De la casa o del hogar, o relacionado con ellos. Espacio de socialización primaria donde se definen, simbolizan, transmiten y reproducen gran parte de las preferencias y tradiciones alimentarias.
- Digital: Accesibilidad, disponibilidad y marketing de alimentos de manera digital.
- De Restauración: Comer fuera del hogar, las últimas décadas; incluye comer en restaurantes, locales de comida rápida, bares, hoteles, medios de transportes (aviones, barcos, etc.), además de comer en casas de familiares y amigos.

Y de identificaron los siguiente temas para tratar:

1) Identificar las brechas regulatorias en Chile
2) Ver qué políticas se pueden mejorar y cuales se pueden agregar.

3) Seguridad con énfasis en accesibilidad económica.
4) Seguridad con énfasis en disponibilidad de alimentos y espacios donde se consumen.
5) Caracterización de ambiente no saludables (obesogénicos, etc.)
6) Transparencia al consumidor, desde lo nutricional y la sustentabilidad.
7) Caracterización de los alimentos no saludables.
8) Seguridad con énfasis en Inocuidad.
9) Considerar otros componentes poblacionales como el tiempo que tienen para comer.

Por su parte, entre los principales problemas identificados se encontraron:

**Ambiente alimentario institucional y organizacional:**

- Falta de regulación en ambientes laborales y educación superior (Respecto a por ejemplo la venta de alimentos con sellos Ley -> 20.606 / 977 )
- Falta de regulación respecto a sistemas alimentarios sostenibles en ambientes alimentarios en el sector público.
- Dentro de las políticas públicas falta la parte de sustentabilidad.
- Presupuesto de los alumnos para optar a alimentos.
- Disponibilidad de variedad de alimentos accesibles.
- Visualización de los alimentos no saludables.
- Disposición de espacio para esta actividad.
- Poca trazabilidad (transparentar el origen de los productos).
- Responsabilidad de residuos.

**Ambiente alimentario vía pública:**

Poca fiscalización en la regulación de los alimentos en este ambiente.

Hay una cultura de venta y de consumo callejero basada en alimentos no saludables.

Existe un mercado ilegal (Carritos)

**Ambiente alimentario institucional y organizacional:**

- Regulación y entrega de bonos alimentarios y subsidios a los alimentos saludables.
- Aumentar la regulación y fiscalización de la inocuidad y de todo el sistema alimentario en el sector público.
- Regulación del aprovechamiento de recursos sectoriales (Alimentos)

- Programa desde el gobierno que asegure la continuidad del suministro
- Regular y limitar los alimentos no saludables
- Regulación de máquinas expendedoras y otros medios de acceso a alimentos no saludables dentro de las instituciones.
- Sellos alimentarios ( alto en edulcorantes y cafeína).
- Generar estrategias para que la opción sustentable sea más conocida por el consumidor.
- Fiscalización y control del respeto del horario de almuerzo y espacio para esta actividad.
- Generación y regulación de espacio para alimentación.

**Ambiente alimentario vía pública:**

- Buscar para el mercado ilegal se flexibilice la regulación, sin dejar de lado la inocuidad.
- Dentro de la seguridad respecto a la disposiciones de alimentos buscar opciones de regularización, involucrando la ley 20.606
- Formal: Incentivar la venta de alimentos saludables y sostenibles (Porcentaje de oferta).

## Submesa Sistemas Productivos Alimentarios Sustentables

El presidente de la comisión indica en resultado de las primeras sesiones:

Hasta ahora las sesiones se han enfocado en identificar en conjunto las múltiples fuerzas a nivel global y nacional que influenciarán el futuro de la producción agroalimentaria desde el punto de vista de la sostenibilidad (drivers). Este levantamiento y sistematización ha sido basado en consenso y una discusión abierta. Hasta el momento los principales drivers identificados por el grupo han sido:

- Ámbito Político
  - Nueva Constitución
  - Implementación de Estrategia de Sostenibilidad Agroalimentaria 2020-2030 MINAGRI
  - Implementación de una Estrategia de Adaptación al Cambio Climático
  - Implementación de una Política de Conservación y Protección del Suelo, Agua y Aire

    - Integración de evidencia científica en el diseño de políticas públicas
- Ámbito Social y Demográfico
    - Mejora en la equidad de género en el sector
    - Crecimiento de la poblacional global
    - Envejecimiento de la población global
    - Presión migratoria sobre Chile
    - Mejora del acceso a alimentación saludable y sostenible con apoyo del Estado
- Ámbito Legal y Regulatorio
    - Compromisos del Acuerdo de París
    - Restricciones legales / incentivos económicos para reducir PDAs
    - Ley Cambio Climático
    - Ley Etiquetado Huella Carbono y Agua
    - Nuevas normativas internacionales (Pacto Verde Europeo)

No ha habido grandes conflictos o disensos, pero si la necesidad de acordar ciertas definiciones, como "agroalimentario" en el que se desea se explicite que incluye productos pecuarios y del mar. También existe una tensión natural entre alimentos percibidos como "naturales" versus los "ultraprocesados", en lo que ambas vertientes deberían converger hacia el futuro debido a un cambio en las preferencias de consumo y a las metas de sostenibilidad de grandes empresas de alimentos (ej. PepsiCo) que tendrán un efecto positivo sobre toda la cadena de suministro.

Esta submesa, estableció como documentos ejes para el trabajo:

- 2020-ODEPA-Estrategia de Sostenibilidad Agroalimentaria 2020-2030
- 2015-MMA-Estrategia Nacional de Biodiversidad 2017-2030
- 2020-GANESAN-Seguridad Alimentaria y nutrición: Descripción global de cara a 2030

A su vez, se acordó incluir en el trabajo futuro de la mesa más actores del mundo privado que aporten ejemplos concretos y casos de éxito en la mejora de sostenibilidad de la producción de alimentos.

## Submesa Distribución y Comercialización de Alimentos Saludables

En un principio esta submesa en sus primeros análisis se definieron 3 temas centrales:

1) La política pública para reducir las pérdidas y el desperdicio de alimentos en las etapas de distribución y comercialización de alimentos saludables.
2) Política pública para promover mayor vinculación, acercamiento, trabajo continuo e integrado entre los actores de la cadena de distribución y comercialización.
3) Mejorar la legislación referente al cuidado, calidad, inocuidad y trazabilidad de los alimentos.

A su vez se consideró que de acuerdo a los antecedentes y opiniones de especialistas nacionales y extranjeros, que en Chile aún no hay una política pública sobre Alimentación Saludable (y Sostenible), sino más bien una serie de iniciativas que no logran abordar adecuadamente el problema de la malnutrición y el aumento de enfermedades asociadas a una mala alimentación.

Por ello, esta submesa consideró impulsar durante el trabajo final la integración de las conclusiones de las otras 3 submesas como un todo, más que análisis priorizados e individuales, donde si bien cada uno concluye de acuerdo a sus temáticas, no perder de vista que es una alimentación saludable y sostenible el foco desde el cual se deben desprenden las iniciativas legislativas, programas, institucionalidad, presupuestos, etc. que del trabajo de las submesas se logre.

Finalmente agregan, la importancia de sumar otros actores y de validar las propuestas con el resto de la sociedad, acercando a la ciudadanía los resultados de este trabajo, por ejemplo con feriantes, agricultores y consumidores, como principales sujetos involucrados.

Continuamente se retoman los temas generales a tratar, considerando 4 ejes, que se fueron desarrollando paulatinamente:

1) Política pública para promover la mayor vinculación, acercamiento, trabajo conjunto e integrado entre los actores de la cadena de distribución y comercialización. Política pública para reducir las pérdidas y el desperdicio de alimentos en las etapas de distribución y comercialización de alimentos saludables.

2) Mejorar la legislación referente al cuidado de la calidad, inocuidad y trazabilidad de los alimentos.
3) Gestión de datos para proveer información relevante a los actores de la cadena de distribución alimentaria.

## Submesa de Patrones Alimentarios Saludables y Sostenibles

Durante las primeras discusiones, esta submesa estableció como documentos ejes para el trabajo:

- Dietas saludables a partir de sistemas alimentarios sostenibles. Informe Resumido de la Comisión EAT-Lancet.
- FAO and WHO. 2019. Sustainable healthy diets – Guiding principles. Rome.
- Nuevos patrones alimentarios, más desafíos para los Sistemas Alimentarios. 2030/ Alimentación, Agricultura y Desarrollo Rural en América Latina y el Caribe. Documento n°11. Rapallo, R. y Rivera, R. 2019.

Y durante sus sesiones se establecieron como puntos claves:

- Discusión sobre la definición y promoción de dietas saludables.
- Discusión sobre la preponderancia a la utilización de la proteína vegetal.
- Discutir evidencia de cuáles dietas son saludables y cuáles pueden ser alcanzadas de manera sostenible. En este instante, la submesa decide acordar cambiar el nombre inicial con el cual se propuso esta comisión por Patrones Alimentarios Saludables y Sostenibles.
- Estandarizar el concepto de educación alimentaria.
- Establecer políticas que fomenten la alimentación sustentable.
- Definir los problemas nutricionales.
- Incorporar discusión de los elementos sociales y culturales asociados a la alimentación.
- Comprender la huella hídrica y de carbono que genera el consumo de ciertos alimentos.
- Se analizaron los factores que influyen y afectan los patrones alimentarios, como por ejemplo lo genético y cuales son los factores que afectan la sustentabilidad dentro de los alimentos.

- Se incorpora la posibilidad de abordar el tema de la disponibilidad de los alimentos en distintos sectores de la población.
- Se discute sobre la importancia de entender la dieta saludable como aquella que satisface la necesidad de todos los grupos.

La Submesa identificó como problema principal que efectivamente no existen Patrones alimentarios saludables y sostenibles.

Identificando posibles causas tales como:

- Social:
  - Estatus social
  - Creencia y uso de los alimentos
- Entorno económico:
  - Oferta de los alimentos con alto impacto ambiental
  - Alto costo de los alimentos saludables y sostenibles
  - Oferta de los alimentos no saludables
  - No hay herramientas o sistema que proteja los alimentos producidos en Chile.

Lo cual a su vez demuestra la existencia de posibles consecuencias, como la poca accesibilidad, pérdida y desperdicio de alimentos, inexistencia de seguridad alimentaria, consumo de alimentos con alto impacto ambiental, e incluso consecuencias psicológicas como la malnutrición.

Sin embargo, existen oportunidades para mejorar, tales como:

- Educación de la huella hídrica y de carbono.
- Generar mayor acceso a alimentos
- Difusión de la cultura de comer alimentos saludables en Chile (Romper las asociaciones , representaciones de la comida, ejemplo cochayuyo).
- Seguridad alimentara a futuro – sostenibilidad
- Incentivos y programas de protección para la accesibilidad de los alimentos
- Hacer más accesibles, mediante menos IVA por ejemplo
- Subvenciones
- Oferta de alimentos.
- Generar mayor disponibilidad de los alimentos saludables

## Producto Final

El trabajo final contendrá todos los diagnósticos, resultados y conclusiones que los expertos han desarrollado durante todo el período de trabajo y que será entregado a los parlamentarios para las discusiones en torno a los sistemas alimentarios que enfrentará nuestro país en lo venidero.

Este documento se presenta preliminarmente, dando un contexto general de las primeras discusiones en las sesiones de cada submesa y que decantarán posteriormente, en un detalle con sus anexos respectivos de las conclusiones finales.

Segunda parte

# *Mesas de expertos que dieron lugar a las propuestas de estrategias nacionales para la Innovación Tecnológica*

Inteligencia Artificial

# Iniciativa para Desarrollo de una Estrategia Nacional de Inteligencia Artificial

*Coordinador: José Rodríguez*
*Universidad Andrés Bello*
*Premio Nacional de Ciencias Aplicadas y Tecnológicas*

**Comité de Trabajo Técnico convocado por la Comisión formado por:**

- José Rodríguez, Profesor Universidad Andrés Bello y Premio Nacional de Ciencias Aplicadas y Tecnológicas (Coordinador)
- John Atkinson, Profesor Titular, Facultad de Ingeniería y Ciencias, Universidad Adolfo Ibáñez
- Néstor Becerra, Profesor Titular, Departamento de Ingeniería Eléctrica, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile
- Carlos Castro, Profesor Adjunto y Director del Departamento de Informática. Universidad Técnica Federico Santa María
- María-José Escobar, Profesora Adjunta, Departamento de Electrónica, Universidad Técnica Federico Santa María
- Carlos Hernández Ulloa, Profesor Titular, Presidente de la Sociedad Chilena de Ciencia de la Computación, Director de Investigación Facultad de Ingeniería, Universidad Andrés Bello
- Pedro Maldonado, Profesor Titular, Departamento de Neurociencias e Instituto de Neurociencias Biomédicas (BNI), Facultad de Medicina de la Universidad de Chile

- Mario Ponce, Decano Facultad de Matemáticas, Pontificia Universidad Católica de Chile
- Nayat Sánchez, Directora del Laboratorio Internacional INRIA en Chile, CEO de la Fundación INRIA Chile e Investigadora Senior Inteligencia Artificial.
- Álvaro Soto, Profesor asociado, Departamento de Ciencia de la Computación, Pontificia Universidad Católica de Chile
- Wolfhart Totschnig, Profesor Asistente, Instituto de Filosofía, Universidad Diego Portales
- Juan Velásquez, Profesor Titular, Departamento de Ingeniería Industrial, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile

**Con la valiosa colaboración de la Sección Estudios de la Biblioteca del Congreso Nacional, en particular:**

- Marek Hoehn, Asesor/Investigador (Coordinador)
- Mauricio Amar, Asesor/Investigador
- Magdalena Cardemil, Asesora/Investigadora
- Mariano Ferrero, Asesor/Investigador
- Boris Lopicich, Asesor/Investigador
- Felipe Rivera, Asesor/Investigador
- Víctor Soto, Asesor/Investigador
- Werner Westermann, Asesor/Investigador del Departamento de Servicios Legislativos y Documentales
- José León Blanco/Diseñador Gráfico/Unidad de Comunicaciones

Especial agradecimiento a las personas que realizaron aportes específicos por escrito, se sumaron a algunas reuniones y participaron en las mesas de trabajo.

**Imagen de portada:**

- https://www.pexels.com/es-es/foto/1166602/
- Autor: Florian Weihmann
- Licencia: “public domain”

## I. Justificación Estratégica

Existen varias definiciones de *Inteligencia Artificial* (IA) porque ésta es sobre todo un campo en permanente construcción y debate. Podemos decir, sin embargo que si algo le compete a la IA es construir sistemas computacionales que realicen tareas que requerirían inteligencia si las hiciera un humano. Estos sistemas se caracterizan por ser autónomos en la forma en que interactúan con su entorno, percibiendo estímulos a través de "sensores", razonando sobre modelos internos del entorno, y tomando acciones sobre dicho entorno a través de sus "efectores", todo esto, sin intervención humana. La IA ha sido posible gracias a la combinación de varias áreas de investigación y desarrollo, que se manifiestan en las diferentes capacidades de sus sistemas: la forma en que una máquina representa y razona sobre su conocimiento interno (Knowledge Representation & Reasoning), las estrategias para buscar eficientemente soluciones a problemas complejos (Search & Heuristics), los mecanismos para comunicarse y negociar inteligentemente con otros sistemas (Intelligent Agents), la forma en que puede entender y producir lenguaje humano (Natural-Language Processing), los mecanismos para percibir información visual y decidir sobre ello (Computer Vision), la manera en que aprende automáticamente y se adapta al medio (Machine Learning), las estrategias que usa para planificar las acciones por adelantado y cumplir objetivos (Automated Planning), y los mecanismos que posibilitan que interactúe con el entorno a través de un cuerpo físico (Autonomous Robotics).

*¿Qué tiene la IA que no podría lograrse con las Tecnologías de Información (TI) convencionales?* Las TI se basan en la mecanización de tareas rutinarias previamente definidas para algún proceso o tarea productiva, mientras que la IA se centra en la automatización de tareas complejas que requerieren aprendizaje para enfrentar nuevos desafíos. De ahí, que el foco de la IA está en todas las funciones cognitivamente complejas que realizamos para resolver problemas y que impactan la toma de decisiones: aprender y adaptarse a partir de la experiencia, entender el lenguaje, buscar eficientemente las mejores soluciones entre varias alternativas, procesar información visual y planificar cursos de acción para lograr objetivos, entre otras. Todas estas funciones son extremadamente demandantes y están presentes en las problemáticas de sectores productivos que van desde los servicios de atención a clientes, hasta la

conducción autónoma de un vehículo o la planificación automática de turnos en una industria, entre muchos otros casos.

A pesar que el surgimiento de la IA en el mundo se remonta a la segunda guerra mundial, y se formalizó como disciplina a mediados del siglo pasado, en las últimas décadas su desarrollo ha impactado fuertemente en nuestras vidas dada su transversalidad en todos los ámbitos productivos. Esto ha sido facilitado no sólo por los avances tecnológicos que han hecho posible que esté a nuestro alcance, sino también por el alto impacto que está generando en la economía mundial. No en vano, muchos organismos tales como el *World Economic Forum*, ya se han enfocado en estudiar y difundir no sólo las maneras en que las naciones y la sociedad se benefician de las tecnologías de IA, sino también en cómo ello impactará nuestra vida cotidiana, especialmente en la fuerza laboral. Varios de dichos avances de la IA en el mundo, han logrado resolver problemas que hasta ahora habían sido muy complejos para el ser humano, y se encuentran disponibles comercialmente en aplicaciones de negocio, industriales, financieras, hogar, transporte, científicas, etc.

Por otro lado, todo el auge de la IA se ha visto favorecido por avances diarios en nuevos sistemas y tecnologías sin precedentes que han logrado sobrepasar a los humanos en diversas tareas. En esto, muchas empresas tecnológicas mundiales, laboratorios de investigación, y universidades en todo el mundo, han llevado la delantera.

Debido a lo anterior, la IA aparece no sólo como uno de los motores del desarrollo humano, económico y social de los años venideros, sino como el futuro de la humanidad. Sin lugar a dudas, la IA se instalará como una tecnología habitual y ubicua, tal como antes ocurriera con el uso de las máquinas a vapor, máquinas eléctricas, tecnologías de información y comunicación, la imprenta, etc, hoy comprendidos como elementos fundamentales de las Revoluciones Industriales. Esta es la importancia que debemos darle a la IA en nuestro desarrollo social y productivo.

Muchos países han asumido esta realidad tratando de ser actores activos mundialmente, buscando liderar la carrera por constituirse en centros tecnológicos de referencia, enmarcándose en planes estratégicos nacionales de IA. Los focos de estas estrategias en general consideran la Investigación, Desarrollo, Innovación y su transferencia hacia los actores económicos, políticos y sociales,

además de una marcada y potente declaración de principios cuyo sustento es lo humano y todas las facetas de su desarrollo en la su vinculación con estas nuevas tecnologías, y en cómo la Sociedad se puede beneficiar de ellas de manera democrática y transversal (I+D+i+S). Existe consenso, en este sentido, en que el desarrollo de la IA debe orientarse hacia la solución de problemas reales y concretos en diversos ámbitos.

En este contexto, la Comisión Desafíos del Futuro, Ciencia, Tecnología e Innovación del Senado del Congreso Nacional, ha convocado a un conjunto de académicas y académicos de áreas fundamentales de la Inteligencia Artificial (Ciencias de la Computación, Matemáticas, Ingeniería Eléctrica, Neurociencias, entre otras), para trabajar, como equipo permanente, en una propuesta base para una estrategia nacional en IA en Chile. En las mesas de trabajo, han participado, además, actores de la sociedad civil, académicos de otras disciplinas, representantes del mundo empresarial y del Estado.

## II. Los pilares de la Inteligencia Artificial

Para avanzar hacia una estrategia nacional en IA, es fundamental que se comprendan los pilares sobre los que ésta ha de erigirse. Estos son dependientes entre sí, y sus interacciones constituyen los mayores desafíos para un desarrollo armónico de estas nuevas tecnologías y de una sociedad que se beneficia de ellas.

*La ciencia y la tecnología:*

- Generación y traspaso de conocimiento. La IA requiere de la investigación y desarrollo de conocimientos específicos en ciencias exactas, ciencias sociales y humanidades como la Ciencia de la Computación, Matemáticas, Ingeniería Eléctrica, Neurociencias, Psicología, Lingüística, entre otras. Se requiere una población formada en diversos niveles, desde investigadores de elevado conocimiento científico, con capacidades de trabajo multidisciplinario, pasando por profesionales capacitados para implementar aplicaciones efectivas, hasta la capacitación general de la ciudadanía de manera que ésta pueda beneficiarse de los nuevos conocimientos y capacidades.
- Investigación en IA. Asimismo, se requiere abordar nuevos desafíos al interior del desarrollo de la IA a través del fomento de la investigación en áreas específicas como el de la eficiencia

energética, los nuevos modelos y arquitecturas de cómputo masivo (por ejemplo el Cómputo de Alto Rendimiento y Computación Cuántica) que tienen un impacto directo en la eficiencia y efectividad de los sistemas de IA.

- Desarrollo de aplicaciones: Se trata del pilar más visible, y que a veces se confunde con el todo. Varias compañías internacionales importantes tienen ya herramientas poderosas para el desarrollo de aplicaciones de IA. Como estrategia se requerirá fomentar el desarrollo de nuevas aplicaciones de IA que puedan competir a nivel internacional. Las aplicaciones de la IA son de aplicación transversal tanto en el sector privado como el público, y en rubros que van desde las políticas públicas (educación, salud, etc.) hasta áreas industriales/comerciales (la banca, retail, minería, etc). Uno de los desafíos centrales es fortalecer un ecosistema de innovación y emprendimiento que permita al país sumarse activamente a este desarrollo.
- *Impacto de la IA*: el desarrollo y aplicación de los sistemas de IA trae consigo varios desafíos fundamentales que moldearán la forma en que los humanos nos aproximamos al beneficio principal del desarrollo: mejorar la calidad de vida de las personas. Los principales aspectos de estos desafíos incluyen:
  - *Democracia.* La democratización del acceso a las capacidades de la IA se vuelve un punto crítico, pues resulta fundamental contar con la legitimidad social y política, evitando la concentración de poderes económicos y políticos.
  - *Marco ético-legal.* Es reconocido que la IA traerá mejoras importantes en la calidad de vida de las personas. Sin embargo, existe consenso también sobre la existencia de un potencial abuso de estas tecnologías, que puede representar serios riesgos para la sociedad. Este uso malicioso debe ser reconocido y abordado mediante consideraciones éticas, normas y leyes. En este sentido, resulta de la mayor relevancia crear un marco jurídico que proteja tanto los datos de las personas como aquellos vinculados a la seguridad nacional.
  - *El trabajo.* La transformación del mundo laboral y las implicancias en los sistemas de jubilación, en los derechos laborales y en la sustitución de labores como efecto de la automatización inteligente, son aspectos que deben ser abordados. Es necesario incorporar en la estrategia un acompañamiento para aquellos sectores de la sociedad que durante su vida

laboral no alcanzan a adaptar sus capacidades a la nueva conformación del mercado del trabajo.

## III. La IA en el contexto internacional

Resulta fundamental atender a la manera en que diversos países y organismos internacionales se han acercado a la IA, para que entendamos no sólo la urgencia de adoptar una estrategia nacional, sino también los principios que están orientando su desarrollo en el mundo. Vemos aquí cómo la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE), de la que Chile forma parte argumenta en favor de un desarrollo armónico de la IA. Asimismo, se trabajó el caso de ocho países que se consideraron relevantes para comprender el marco político, ético y económico en el que puede surgir una estrategia nacional en IA, investigación de la que presentamos sus principales conclusiones.

### III. 1. El caso de la OCDE

El 22 de mayo de 2019 los países miembros de la OCDE adoptaron 5 principios basados en valores para la administración responsable de una IA confiable:

1) La IA debería beneficiar a las personas y al planeta, impulsando el crecimiento inclusivo, desarrollo sostenido y bienestar.
2) Los sistemas de IA deberían diseñarse de forma tal que respeten las reglas de la ley, derechos humanos, valores democráticos y diversidad, y deberían incluir salvaguardas apropiados – por ejemplo, habilitar la intervención humana cuando sea necesario – para asegurar una sociedad equitativa y justa.
3) Debería existir transparencia y divulgación responsable, en torno a sistemas de IA para asegurar que las personas entiendan los resultados basados en IA, y puedan desafiarlos.
4) Los sistemas de IA deben operar en forma robusta y segura a lo largo de sus ciclos de vida, y los riesgos potenciales deberían evaluarse y gestionarse continuamente.
5) Las organizaciones e individuos desarrollando, desplegando u operando sistemas de IA deberían ser explicables para su funcionamiento apropiado alineados con los principios anteriores.

¿Qué pueden hacer los gobiernos?

Consistente con los principios previos, la OCDE también provee de 5 recomendaciones para los gobiernos:

6) Facilitar la inversión pública y privada en I + D para estimular la innovación en IA confiable.
7) Fomentar los ecosistemas de IA con infraestructura digital y tecnologías y mecanismos para compartir datos y conocimiento.
8) Asegurar un entorno político que abrirá el camino para desplegar sistemas de IA confiables.
9) Empoderar a las personas con las habilidades para IA, y apoyar a los trabajadores para una transición justa.
10) Cooperar a través de las fronteras y sectores para progresar en la administración responsable de IA confiable.

### III. 2. Las estrategias de la IA en el mundo como pactos sociales

Para el análisis de diferentes Estrategias Nacionales de (IA), se seleccionaron 8 países (Estados Unidos, Alemania, Francia, Reino Unido, China, Arabia Saudita, Japón e India) y dos organismos internacionales (OCDE y UNESCO) que han abordado el tema de la IA y su desarrollo en la sociedad.

De todos los casos analizados, resulta interesante destacar que existe consenso en que la IA, junto a otras tecnologías como el Big Data, el Internet de las Cosas (IoT) y otros desarrollos basados en el uso intensivo de información, representa una transformación sustantiva de nuestra sociedad. En estos, se ha comenzado a hablar la emergencia de un nuevo tipo de sociedad, que deja atrás a la "Sociedad de la Información", y han comenzado a denominar a esta sociedad emergente como "Sociedad Inteligente" (Smart Society), que vendría a definirse como una sociedad en la que la tecnología digital, desplegada cuidadosamente por los gobiernos, puede mejorar tres resultados generales: el bienestar de los ciudadanos, la fortaleza de la economía y la efectividad de las instituciones. También se ha identificado que para alcanzar estos objetivos es necesaria la coordinación sinérgica de los sectores gubernamentales, corporativos y académicos.

Como se observa, la IA viene entrelazada como algo más que una oportunidad de crecimiento económico y desarrollo, sino que plantea una nueva sociedad. La razón principal de este nuevo paradigma, estriba en que el principal recurso o materia prima con que se está construyendo esta nueva sociedad inteligente y la

nueva economía que deriva de esta, son los datos que principalmente son provistos por los ciudadanos. Se observa de esta forma en los casos estudiados, que el principal escollo que enfrentan las innovaciones e investigación basada en la IA, es el acceso a los datos y su utilización, pues el uso de la IA potencialmente puede ser beneficioso como perjudicial para la sociedad en su conjunto.

Que la información de las personas y sus preferencias sea la principal materia prima, ha llevado en todos los casos estudiados a diversas soluciones, pero todos tienen en común, que plantean un "Nuevo Pacto Social". Un pacto social tiene como eje un acuerdo de la sociedad en su conjunto, representado en diversos sectores) para que el acceso y uso de la información redunde en beneficios para la sociedad en su conjunto.

¿Por qué es ineludible este Nuevo Pacto? Más allá de que estén comprometidos los datos personales de las personas, lo que en sí ya justifica una pregunta ética y legal, el principal escollo que enfrentan los desarrolladores e investigadores de la IA, es que el principal poseedor de dichos datos es el Estado, con la sola excepción de Estados Unidos, donde son de propiedad privada, pero igualmente no están exentos de la regulación pública. Esta condición singular de los datos, ha obligado a los Estados, con independencia del camino tomado, a preguntarse por cómo construir la confianza necesaria en la sociedad para poder desarrollar la IA.

## IV. Elementos de un Nuevo Pacto Social

Los casos analizados muestran una variedad de estrategias que dicen relación con la situación estructural de los países, es decir, los énfasis responden a las características particulares de sus estadios de desarrollo económico, humano y tecnológico. También, son expresión de sus instituciones, de su régimen político y marcos normativos.

Esto plantea una primera característica que se puede sacar del análisis, es que las estrategias nacionales, más que un insumo desde donde poder copiar políticas o acciones, muestran la necesidad de reflexionar de cuál son las características de nuestra sociedad con sus fortalezas y debilidades y hacia dónde se quiere ir amplificando sus aspectos positivos y reduciendo los negativos.

Algunos de los elementos de las estrategias nacionales a considerar incluyen:

### IV. 1. Acuerdo Nacional

Un acuerdo nacional parece una pregunta simple o de perogrullo, pero sociedades polarizadas o con grandes dosis de desconfianza, encontrar estos acuerdos básicos no resulta sencillo. Por ejemplo, Estados Unidos plantea la necesidad de su estrategia como un elemento para seguir siendo líder mundial; los países europeos (Alemania, Francia e Inglaterra) lo señalan como una necesidad para no perder competitividad y rezagarse respecto de Estados Unidos y China. Por su parte, desde filosofías distintas, tanto Japón y China señalan en sus estrategias la necesidad de prepararse para una nueva sociedad. Por el contrario, tanto Arabia Saudita e India, sus estrategias señalan la necesidad de aprovechar para dar el salto al desarrollo.

Este acuerdo nacional representa el marco ético que atraviesa a todas las estrategias nacionales de IA, en tanto sintetiza las aspiraciones mayoritarias de una sociedad expresada en la construcción de confianzas, donde todos obtienen y ceden en algo.

### IV. 2. Participación

Las tradiciones institucionales y los regímenes políticos también marcan diferencias respecto a cómo se elaboran dichos acuerdos. En los países democráticos (tanto de occidente como oriente), las estrategias han sido la resultante de acuerdos amplios y participativos entre diferentes actores o grupos de interés, como son los representantes gubernamentales (actores políticos), empresariado (actores económicos), autoridades universitarias e investigadores (actores académicos), y representantes de la sociedad civil mediante ONG's y asociaciones ciudadanas (actores sociales). En aquellos países con regímenes políticos más alejados a las democracias liberales (China y Arabia Saudita), la participación ha sido más reducida, por lo general, han surgido de acuerdos entre los actores políticos y económicos.

### IV. 3. Institucionalidad

Respecto a la institucionalidad para administrar y dirigir estas estrategias nacionales de IA, se aprecia que todas las estrategias nacionales crean una institucionalidad ad-hoc. Sin embargo, la localización de esta varía en función de sus tradiciones. Así muchos

países crean comités independientes con representantes variados de los grupos de interés. En aquellas estrategias más vinculadas a la academia (caso europeo), tiende a radicarse en ministerios u otros organismos gubernamentales del ámbito público y/o del desarrollo económico. En el caso de Estados Unidos y China, no obstante incorporar elementos vinculados a la ciencia y tecnología, una parte importante de la gestión radica en agencias de regulación pública o abiertamente de seguridad.

Mención aparte merece el caso japonés, en tanto este plantea en su estrategia nacional de IA, la necesidad de la regulación internacional, en tanto comprende que la posición dominante de empresas o países respecto a la información, es un riesgo global para el impacto positivo de la IA, en especial cuando enfrentamos riesgos globales, como son el calentamiento global y el aumento de la desigualdad. Por ello plantean la articulación de su estrategia con los Objetivos de Desarrollo Sostenibles (ODS) de las Naciones Unidas.

### IV. 4. Focos de la Estrategia

Los focos de las estrategias, a diferencia de Acuerdo Nacional que representan lineamientos generales, son las definiciones prácticas de las áreas de desarrollo que se priorizarán para lograr la sociedad a la que se aspira llegar. Resulta interesante hacer notar, que en todas las estrategias nacionales de IA barajan, en grado diverso eso sí, las tres dimensiones planteadas por Chakravorti y Chaturvedi, es decir, bienestar de los ciudadanos, la fortaleza de la economía y la efectividad de las instituciones.

Así, dependiendo de los países, se privilegiará una más que otra, pero todas en alguna u otra medida son consideradas. Dentro del bienestar de los ciudadanos, las estrategias nacionales de IA mencionan como elementos centrales:

- Inclusión social (trabajo, movilidad, etc.).
- Medio ambiente y calidad de vida.
- Capacidades humanas.
- Desarrollo del capital humano.

En el caso de la fortaleza de la economía, las áreas desarrolladas en las estrategias nacionales pueden agruparse en:

- Conectividad global.
- Robustez económica.
- Ecosistema emprendedor.

- Capacidad de innovación.

Finalmente, en lo referido a la efectividad de las instituciones, las áreas tratadas en las estrategias nacionales de IA se destacan:

- Libertades / democracia.
- Confianza.
- Seguridad y protección.
- Servicios públicos.

### IV. 5. Transparencia y Seguridad

La transparencia y la seguridad de los datos personales, representa el principal componente normativo vinculado a las estrategias nacionales de IA, en tanto ambas representan tanto la garantía de que el uso de la IA se orientará a los logros de los objetivos trazados en el acuerdo nacional, como también, de que los datos personales no serán utilizados de mala manera.

La transparencia, por tanto, se aplica a una serie de medidas orientadas a la rendición de cuentas, normas claras de acceso y uso de datos para fines contrarios a los objetivos sociales acordados, participación y espacios para canalizar los descontentos, responsables (i.e., un algoritmo no puede ser responsable de un mal uso de la información), códigos de éticas de desarrolladores, inversores y ciudadanos, etc.

En este punto de la transparencia, todas las estrategias nacionales definen un modelo de acceso a los datos. El caso más particular es el de Estados Unidos, que lo que garantiza es la libertad de emprendimiento, pues la principal fuente de datos es de privados. En el resto de los países, es el Estado el que señala el régimen de acceso, que va desde regulaciones generales de acceso de todos los desarrolladores; flexibilización normativa (*sand box*) para facilitar a los desarrolladores trabajar con datos en condiciones acotadas; finalmente, a políticas restrictivas de acceso a los datos por criterios políticos y de seguridad.

En el caso de la seguridad de los datos, la transparencia cumple la función de garantizar las condiciones de acceso seguro a estos, por lo que la seguridad responde tanto a criterios de protección de datos personales (individualización del ciudadano), protección de uso malicioso y seguridad informática.

En general, un caso destacable en que todos estos aspectos se han considerado en el diseño de estrategias de IA, es el de Francia.

Este posee tres ejes importantes: atracción y formación de talento, la difusión de la IA en la economía y la sociedad, y la ética. Las prioridades son la investigación, datos abiertos y cuestiones éticas o sociales. Estos resultados se basan en el reporte de un grupo de expertos nacionales liderados por INRIA. El trabajo del grupo se realizó entre septiembre de 2017 y marzo de 2018, y se basó en audiciones con expertos en IA, una consulta pública, un estudio comparativo de políticas implementadas en 15 países y un estudio de usuarios de Internet. El reporte propone 7 ejes: 1) una política de los datos; 2) apuesta en 4 sectores estratégicos (salud, transporte, medio ambiente, así como defensa y seguridad); 3) aumentar el potencial de la investigación; 4) anticipar el impacto de la IA en el trabajo y la experimentación; 5) trabajar por una IA ecológica; 6) abrir las cajas negras de la IA; 7) por una inteligencia artificial inclusiva y diversa. El presupuesto del programa es de 1.500 millones de euros para cinco años.

### IV. 6. Adaptación del sistema de financiamiento para I+D+i en IA

Existe un consenso en las diferentes estrategias de desarrollo analizadas de que la IA busca solucionar problemas reales y concretos en los ámbitos corporativos y públicos. Como área del conocimiento, IA es esencialmente aplicada y el sistema de apoyo o financiamiento para impulsarla debe considerar claramente su naturaleza y motivación.

## V. Realidad nacional

### V. 1. Iniciativas Relacionadas Importantes

Hoy en día es posible reconocer algunas iniciativas que podrían ser útiles para abordar objetivos de implementación de IA, tanto ejecutadas como en vías de ejecución, en varios contextos nacionales. Por parte del Estado de Chile aparecen destacadas las iniciativas:

- *Proceso de Modernización del Estado, Agenda Digital 2020, Gobierno Digital.*
- *Política Nacional de Ciberseguridad.*
- *Ley de Protección de Datos Personales.*
- *Observatorio de Datos, del Ministerio de Economía.*

Además, entre los actores de la industria nacional se observa una inquietud acerca de modernizar sus procesos con estas tecnologías, con el fin de mejorar su productividad y competitividad. Podemos mencionar entre otras iniciativas:

- *La acelerada implementación del comercio electrónico.*
- *Mejoras en logística, distribución y almacenamiento.*
- *La incipiente creación de unidades de Innovación en algunas compañías.*
- *La automatización de procesos productivos.*

Todas estas iniciativas son muy destacables y valiosas. Dan cuenta de una necesidad de enfrentar los desafíos del futuro, incorporando el desarrollo de la IA.

### V. 2. Investigación básica y aplicada en IA

En Chile existen iniciativas de investigación en IA de calidad, pero son escasas y disgregadas entre las diferentes universidades del país, encontrándose principalmente concentradas en Facultades de Ingeniería. Estas han puesto su foco en el aprendizaje automático, reconocimiento de patrones, procesamiento de lenguaje natural, búsqueda heurística de soluciones, planificación, visión artificial, agentes inteligentes, y robótica autónoma. Desde un punto de vista aplicado, entre los focos principales están astronomía, agroindustria, minería y retail.

Las iniciativas son escasas debido al tamaño de la masa crítica. Pese a que existen especialistas de buen nivel en las universidades (formados principalmente en el extranjero), en general la falta de masa crítica no ha permitido generar programas de estudio a nivel nacional para preparar nuevos especialistas. Sin embargo, la mayor limitación es el sistema de financiamiento de I+D que está adaptado en gran medida a las ciencias básicas. Por ejemplo, en el caso del concurso post-doc de Fondecyt 2019, en el grupo de Ingeniería 2 (que incluye a Ciencia de la Computación e Ingeniería Eléctrica, las disciplinas más vinculadas a la IA) solo se adjudicaron 10 proyectos de un total de 268. Esta situación es especialmente crítica considerando lo difícil que es atraer talentos en un área tan demandada en el extranjero como lo es IA. Asimismo, no existen expertos en IA en la dirección de programas, consejos o paneles.

Como área del conocimiento, la IA tiene una naturaleza aplicada inclusive en las investigaciones más básicas porque en la

gran mayoría de los casos se requieren validaciones con *benchmarks* utilizando pruebas experimentales o de simulación. Por otro lado, existe una desventaja respecto al estándar internacional de evaluación de la investigación en IA que perjudica el avance y generación de nuevo conocimiento en el área. La comunidad internacional en IA pública principalmente en conferencias de primer nivel en lugar de revistas.

En Chile las publicaciones en conferencias de IA no son valoradas por las principales agencias del estado como Conicyt. Las 3 principales razones de publicar en conferencias son: 1) porque la calidad y el impacto de las publicaciones en conferencias top de IA (por ejemplo, AAAI o IJCAI) tienen mayor o igual impacto que las mejores revistas del área (por ejemplo, AIJ o JAIR); 2) porque la respuesta de aceptación o rechazo de trabajos tarda pocos meses, en lugar de años que puede tardar la respuesta de revistas; 3) se requiere respuestas rápidas debido a la velocidad de avance del área. Tampoco se valora en su debido mérito el objetivo de solucionar problemas reales o concretos aplicando IA como finalidad última de un esfuerzo de I+D. En este sentido, resulta evidente que el sistema de apoyo o financiamiento para impulsar la IA debe ser adaptado a la luz de un plan estratégico nacional, considerando los principios expuestos en este documento.

### V. 3. Innovación y Emprendimiento en IA

En los últimos 30 años el desarrollo de la IA en Chile ha estado principalmente basada en la I+D de la academia, con algunos casos muy puntuales en la industria (ej. minería, logística, etc.). Sin embargo, en los últimos 4-5 años y debido al auge mundial y avances en IA, se ha producido un interés creciente en aplicar tecnologías de IA en el sector productivo y la industria en general, como así también en el mundo del emprendimiento. Actualmente, existen algunos pocos casos de emprendimientos que han desarrollado capacidades y tecnologías propias debido a que han sido derivados investigaciones académicas. Cabe destacar casos como los de las empresas NotCo (IA en Alimentos), Orand (IA en Visión/Imágenes), TOC (Biometría y Visión), Zippedi (Robótica para supermercados) y otras, que han desarrollado tecnologías únicas de IA con impacto. Sin embargo, la mayor parte de los emprendimientos que se están generando no desarrollan tecnologías pro-

pias, sino que utilizan herramientas comerciales para generar alguna aplicación. En este sentido, el problema actual es que muchas de ellas sólo "aplican" temas relacionados a IA, pero no llevan adelante un proceso de innovación. Esto produce estancamiento en el estado del arte industrial/comercial e impide la disposición de personal altamente calificado que lleve a cabo los desarrollos. Dentro de este grupo, se encuentran emprendimientos que reproducen lo mismo que venden proveedores internacionales como IBM (Watson), Amazon (AWS), Microsoft (Azure), Google, entre otros. La falta de masa crítica preparada para estos emprendimientos e innovaciones y la dependencia en herramientas que vienen desde el extranjero son dos aspectos críticos que se deben abordar. Más aún, incluso en proyectos de emprendimiento/innovación en IA que se presentan a fondos tecnológicos públicos como CORFO, se ha reconocido que las propuestas tienen poco o nada de IA y sólo usan tal rótulo como estrategia de venta.

La generación de emprendimientos con IA requiere de cambios regulatorios y legales que permitan la creación de un ecosistema nacional que los potencie. En este sentido, si bien existen incentivos para que las empresas puedan invertir en I+D, se requieren de nuevos instrumentos que vayan directamente relacionados a fomentar innovaciones y emprendimientos basados en IA. En definitiva, hay que aumentar la inversión en I+D (que en Chile es del 0,36% del PIB mientras en la OCDE es de 2,34%), por ejemplo, actualizando la Ley de I+D con especial énfasis en IA.

Un punto importante para hacer realidad la Innovación y Emprendimiento es tener presente los datos. En estos, se debe tener presente consideraciones de privacidad y uso ético, sobre todo aquellos relacionados con personas naturales. En este sentido, lo que debe primar en cualquier iniciativa es el bienestar social que traerá el uso de la IA en la mejora de procesos productivos, servicios, negocios, etc. Por otro lado, siendo el Estado el gran repositorio de datos de todos los chilenos, es conveniente establecer mecanismos para que los emprendedores puedan hacer uso de este recurso en el desarrollo de nuevos productos/servicios con un alto grado de innovación basada en IA.

### V. 4. Formación de personas en ámbitos de la IA

La creación y consolidación de ecosistemas en IA pasa necesa-

riamente por la generación de capital humano de alto nivel para emprender y ejecutar actividades de I+D+i en este campo. En general, existe mucha heterogeneidad en la formación en IA en los diferentes niveles educacionales a nivel país:

- *Educación primaria y secundaria*: no existen iniciativas generales al respecto. Se encuentran de manera esporádica programas que incorporan habilidades de pensamiento computacional y programación, además de actividades relacionadas a construcción y programación de robots LEGO, Arduinos, entre otros. Estos programas son principalmente impulsados por organizaciones no gubernamentales y por las áreas de divulgación científica de los proyectos asociativos de investigación, universidades y sociedades científicas. Se encuentran por ejemplo las iniciativas de Olimpiada de Big Data y Olimpiada de Informática, el Plan Nacional de Lenguajes digitales del MINEDUC. Se destaca en las nuevas bases curriculares de 3ro y 4to medio la incorporación de un curso semestral de pensamiento algorítmico. La educación secundaria técnico-profesional no ha sabido aprovechar la oportunidad para hacerse cargo y protagonista de estas nuevas tecnologías.
- *Educación Universitaria, técnica o profesional (pregrado)*: la formación en temas de IA ha estado tradicionalmente en las carreras de Informática y Electrónica, asentadas en escuelas de ingeniería, y en la formación de carreras de Estadística. Esta formación aparece generalmente como cursos mínimos obligatorios de mallas, relacionados a IA y trabajos de memorias/tesis/proyecto de último año. No se observa la presencia de competencias de IA en programas de formación general ni de competencias transversales. Estos temas tampoco han sido impulsados desde el estado como indicadores en los Planes de Mejoramiento del MINEDUC (que en otros momentos han permitido impulsar otros temas relevantes como la inclusión, internacionalización, innovación docente, entre otros).
- *Educación Universitaria (postgrado)*: la formación ha estado fundamentalmente centrada en programas de magíster académicos y doctorados en especialidades de Informática, Electrónica, Estadística y Neurociencia, principalmente. Estos programas en general tienen la forma de cursos y tesis que forman a futuros investigadores en temáticas relacionadas a la IA. Se observa un número creciente de interesados en la investigación,

número sin embargo del todo insuficiente para enfrentar los desafíos futuros. Se detecta como debilidad la poca formación y producción en temas de filosofía de la ciencia y la tecnología y en general de la reflexión de los conceptos éticos y humanos de la IA. Es esperable que dentro de los próximos años aparezcan doctorados que aborden problemáticas éticas, del derecho laboral, y las interdisciplinariedades de la tecnología con los aspectos de lo humano.

- *Formación profesional y continua*: con la creciente necesidad en la industria de capacitar a profesionales en áreas y competencias de la IA, han surgido algunos programas de formación profesional a nivel de Diplomados en varias universidades del país, que cuentan o no con plantas académicas especializadas. La oferta es variada tanto en posibilidades de acceso como en la calidad, la que no cuenta con regulaciones. En los últimos años aparecen programas de Magíster profesional en IA, y se observa un desplazamiento desde programas de Estadística, Ingeniería Industrial, Computación, entre otros, hacia declararse conducentes hacia una formación en competencias de IA. Se detecta también que muchos profesionales jóvenes están accediendo a certificaciones no tradicionales vía on-line.
- *Capacitación laboral*: el servicio SENCE y CORFO, así como otros agentes capacitadores OTEC, han promovido la oferta de capacitación de trabajadores en temas más bien de la incorporación del uso de la computación a sus actividades productivas (habilidades digitales), a veces bajo la promesa de una capacitación en IA. Algunas asociaciones de empresas, así como organizaciones de trabajadores, manifiestan explícitamente que este tema es una necesidad urgente.
- *Preparación para el uso cotidiano de la IA*: si bien este punto no posee una modalidad estructurada para el aprendizaje, se observa que en situaciones de implementación pública de alguna iniciativa de automatización, o de criterio de recomendación, etc., las empresas o reparticiones públicas no toman suficientemente en cuenta la experiencia del usuario, forzando a que su período de adaptación a la nueva tecnología sea lento, y los costos asociados a éste son traspasados al usuario en forma de mayor dedicación de tiempo, dificultad o imposibilidad para ejecutar la tarea o trámite, entre otros.
- *Investigación y desarrollo en IA*: Un subproducto natural de las

iniciativas de I+D es la formación de recursos humanos abordando problemas complejos. Los profesionales que han participado de estas iniciativas demuestran en general capacidades más elevadas que aquellos que sólo han sido expuestos a los sistemas tradicionales de enseñanza. Sin embargo, como se ha expuesto anteriormente, el sistema nacional de financiamiento en I+D dificulta o impide el desarrollo de la IA en Chile.

En resumen, las iniciativas de formación en IA son escasas y disgregadas. No hay una estrategia nacional que permita asegurar que todos los ciudadanos podrán vincularse de manera virtuosa con las nuevas tecnologías, tanto para su correcta inserción en un mercado laboral distinto, como en el aprovechamiento de ellas en su calidad de vida. Tampoco se observan fuentes de adquisición de capacidades reflexivas acerca de las implicancias humanas de la IA. Desde el punto de vista de la formación de capital humano técnico y profesional, las carreras específicas parecen ser de muy buen nivel. La formación de investigadores en temas específicos parece gozar de excelente reputación internacional, sin embargo, su número es exiguo ante los desafíos futuros.

### V. 5. Situación de Infraestructura en IA

Actualmente no existe infraestructura especializada que soporte la I+D de sistemas de IA, ni tampoco centros nacionales especializados en IA como ocurre en países más desarrollados. La excepción son iniciativas aisladas de infraestructura menor como laboratorios de IA, robótica, visión, reconocimiento de voz, entre otros, que se encuentran al interior de departamentos de Informática o Electrónica en universidades chilenas.

La creación de una infraestructura nacional que permita el desarrollo de la IA traerá beneficios directos a la sociedad en su conjunto, permitiendo que las iniciativas aisladas de universidades y empresas potencien tanto la Investigación y Desarrollo, como la Innovación y emprendimiento de alto valor agregado.

## VI. ¿Por qué es necesaria una estrategia IA para Chile?

### VI. 1. El liderazgo del país

Chile está experimentando muchos desafíos tanto en el sector público (i.e., salud, educación, transporte, etc) como en el privado industrial (i.e., retail, banca, transporte, minería, etc) que involucran no sólo retos en la forma en que operan los sistemas actuales, sino en los mecanismos necesarios para aumentar la productividad, competitividad y empleabilidad, como un todo. Múltiples factores económicos, fuerza laboral, complejidad, etc. evidencian que muchos problemas transversales a la sociedad no pueden ser abordados de la forma tradicional, especialmente en términos de la automatización convencional.

En el contexto anterior, la IA emerge a nivel mundial con una gran promesa de prosperidad en términos de calidad de vida y económicos. En efecto, la IA es necesaria no sólo por ser reconocida como la gran revolución tecnológica, sino como una tecnología clave en el desarrollo futuro de la sociedad. Como tal, esta viene con grandes oportunidades y retos que son difíciles de predecir. De ahí que quienes lideren y tengan planes claros al respecto serán los más beneficiados con las bondades de esta nueva tecnología.

Con el fin de liderar esta carrera por el liderazgo en IA y/o para ser parte activa de ésta, y por tanto beneficiar a sus ciudadanos, varios países del mundo (USA, China, más de 25 países en Europa, etc.) han diseñado sus propios planes y estrategias en IA, cada uno con foco en áreas y pactos sociales específicos.

En el caso de Chile, esta es una oportunidad única e histórica para desarrollar un plan que permita disponer de estrategias para posicionar al país en la región, no sólo como líder tecnológico, sino también como precursor en abordar desafíos de la automatización, mejorar la eficiencia, aumentar la productividad, y fomentar la innovación y competitividad. En el país, esto puede tener un foco importante en aspectos propios como inclusión social, crecimiento económico, especialización de la fuerza laboral, emprendimiento e innovación para generación de valor agregado, aspectos de seguridad nacional, etc.

Así, la falta de una estrategia a nivel país puede dejarnos atrás en esta revolución en torno a la IA, y continuar siendo extremada-

mente dependientes de las soluciones de IA que provienen de naciones desarrolladas.

### VI. 2. Efectos de la IA en el trabajo en Chile

Indudablemente, la implementación de la IA traerá modificaciones importantes en la forma como trabajamos, en la que no tan solo reemplazará parte de la actual fuerza de trabajo, sino que también, será una oportunidad para la creación y valoración de nuevos oficios y profesiones. De esta forma, no todos los presagios sobre el efecto de la IA en la fuerza de trabajo son necesariamente negativos si el país se prepara para esta nueva revolución tecnológica. Se puede, por ejemplo, pensar en nuevos emprendimientos, en las capacidades humanas que serán aumentadas y mejoradas permitiéndonos realizar más y mejores tareas, o en la creación de nuevos empleos en que las capacidades humanas y de máquinas sean complementarias, entre otros.

La realidad nacional refleja que el 40% de los ocupados del país trabaja en los sectores productivos (comercio y manufactura) en donde el efecto de la automatización y de la IA tendrá una gran incidencia, presagiando un fuertísimo impacto en nuestra fuerza laboral. No obstante, no sólo estos sectores productivos se verán afectados, sino también, tareas que requieren alta especialización, como la preparación de documentos legales, traducción de documentos y visualización de imágenes para diagnóstico médico, entre otras.

Es ahora el momento en que debemos reflexionar sobre el nuevo individuo que convivirá con esta nueva era de IA, en donde se debe poner énfasis en educar y desarrollar desde edad temprana aquellas capacidades que nos permitan adaptarnos a las nuevas condiciones de entorno impuestas por las nuevas tecnologías. Desde esta perspectiva, debemos pensar en modelos de educación que permita la reconversión continua de trabajadores a los empleos que surgirán en los próximos años. Más aún, la misma IA puede ayudar a identificar las nuevas competencias necesarias para garantizar la relevancia social y humana del empleo. Hay que considerar que los puestos de trabajo perdidos en Chile generarán empleos en aquellos países en donde haya ecosistemas de I+D+i+S en IA más avanzados y consolidados, ya que, serían estos países los desarrolladores de la tecnología adoptada.

Con el fin de cuantificar el impacto que la IA tendrá en la fuerza de trabajo de nuestro país, se requerirá un esfuerzo aunado entre los sectores gubernamentales, corporativos y académicos, en conjunto además con los sindicatos y empleados, de manera de poder contar con los datos necesarios que permitan concluir, por ejemplo, las tecnologías que están eliminando, aumentando o transformando empleos, cuáles son esos empleos afectados y cómo generar nuevos puestos trabajos de mayor valor agregado, principalmente vinculados a la IA. Asimismo, es importante poder identificar las nuevas oportunidades de empleo que nuevas tecnologías están creando, y en estos casos, introducir políticas y regulaciones que permitan una armoniosa convivencia con el resto de los empleos en la sociedad.

### VI. 3. Impacto humano y social de la implementación de la IA

La investigación, desarrollo e implementación de sistemas de IA contiene desafíos inmediatos fundamentales que como sociedad no se pueden soslayar:

1) Los sistemas de IA incrementan el reemplazo de la fuerza laboral. Este reemplazo ocurrirá con distinto curso temporal para diferentes ámbitos del mundo social y productivo. Una estrategia de IA deberá entender el curso temporal y la naturaleza de los diferentes trabajos que serán reemplazados, así como proponer estrategias concatenadas para una adecuada reconversión laboral o un reemplazo armónico hacia las nuevas actividades laborales.
2) Los sistemas de IA, si bien actualmente buscan optimizar procesos productivos, pueden igualmente utilizarse para reemplazar decisiones sobre las personas, incluso decisiones que las personas podrían tomar por sí mismas. Esto implica conocer los derechos fundamentales asociados y la potencial renuncia a estos derechos para el acceso a los beneficios de la IA. Una estrategia de IA permitirá establecer mecanismos y normativas para asegurarse que todos los aspectos éticos involucrados sean considerados.
3) La IA está basada en la continua extracción de datos y estos datos contienen actualmente muchos de los sesgos característicos de las decisiones humanas. Consecuentemente, una estrategia de IA debe velar por el desarrollo de técnicas y regula-

ciones que permitan distinguir y procesar aquellos registros más "representativos", "válidos" o "útiles" para la toma de decisiones basada en IA. El no contar con este tipo de regulaciones implica el riesgo de generar discriminación en las personas al momento de implementar estos algoritmos en aspectos de la vida de una población. Una estrategia de IA deberá desarrollar mecanismos para identificar la presencia de estos sesgos, definiendo procedimientos y normalizaciones, y velar por que los algoritmos utilizados en nuestro país no debiliten la convivencia democrática.

4) La efectividad de la IA depende de manera importante del acceso expedito a datos y conocimiento. Esta exigencia se contrapone con los derechos de privacidad de las personas y instituciones. Una estrategia de IA permitirá establecer mecanismos de compatibilidad, consentimiento y equidad entre los derechos de privacidad y la eficiencia de las políticas públicas.
5) La adopción de una estrategia nacional de IA no puede operar bajo una lógica de "cajas negras". Mientras más se extienden los dispositivos y servicios basados en IA, más aumenta el potencial riesgo de que las tecnologías se vuelvan opacas e incomprensibles. Por ello se requiere una estrategia que permita disponer de sistemas de IA explicables y "abiertos" respecto a criterios de inteligibilidad de sus operaciones, considerando parámetros de equidad, pluralismo y accesibilidad, bien común y privacidad, tolerancia y libertad. Es perentorio desarrollar una responsabilidad de regular y hacer explícito el funcionamiento de las tecnologías de IA.
6) Existe el riesgo de que los sistemas de IA generen nuevas formas de desigualdad o asimetría de la información: entre ciudadanos y grandes compañías de telecomunicaciones, entre una mayoría generadora de datos y una minoría que concentra el acceso, propiedad e instrumentos necesarios para procesar estos datos con fines comerciales o de seguridad. Así, una estrategia de IA deberá velar por un equilibrio entre las demandas de privacidad de los ciudadanos y la necesidad de seguridad por parte de los gobiernos. Los monopolios de datos sin control democrático deben ser evitados. Por lo mismo, las instituciones públicas deben prepararse para el desafío de elaborar y procesar enormes bases de datos públicas que permitan ocupar el potencial de la IA al servicio de la comunidad.

### VI. 4. Ventajas y oportunidades para el país

Las iniciativas de I+D en IA en Chile, se remontan a los años ochenta, centrándose mayoritariamente en las universidades, las cuales invirtieron en la formación de académicos. Así, en las décadas posteriores, comenzaron a surgir algunos proyectos y tecnologías que se han ido transfiriendo de manera incipiente desde las universidades hacia la industria.

Sin embargo, a pesar de estos esfuerzos y de las iniciativas impulsadas por los distintos gobiernos para potenciar el desarrollo tecnológico y la innovación, esto no ha sido suficiente para atraer a los expertos y lograr un impacto significativo en la productividad, desde las universidades chilenas a los diversos sectores de la economía. Por otro lado, el Estado también ha fomentado programas para la transformación digital y/o automatización en las empresas, pero éstos se han enfocado principalmente en la utilización e incorporación de TI convencionales para reducir brechas digitales y resolver las asimetrías de información, orientados más que nada en las PYMES.

Un estudio de Accenture en 2017[1] señala que, comparado con otros países de la región, Chile experimentó una variación anual promedio de la Productividad Total de los Factores (PTF) de -0.8% y –2.3%, para el período 2006-2010 y 2011-2015, respectivamente. Sin embargo, y como confirman estos reportes, Chile es el país de la región que está mejor preparado para desarrollar y liderar la IA. En particular, esta tecnología tiene el potencial de lograr que Chile alcance un crecimiento cercano al 4.5% del Valor Agregado Bruto (VAB), respecto al 3.5% del VAB actual (sin considerar IA). Esto es, un aumento de 1%, en un plazo aproximado de 18 a 20 años. Como referencia a nivel internacional, los mayores aumentos en VAB se proyectan para Estados Unidos y Finlandia, con un 2% para cada uno de estos países.

Esta proyección y potencial de Chile se debe, en parte, a la existencia de un ecosistema propicio para el desarrollo tecnológico y el acceso al capital, así como a una cultura emprendedora en auge. Por otra parte, nuestra institucionalidad genera confianza lo cual atrae la inversión extranjera. El país, además, cuenta con universidades

[1] https://www.accenture.com/_acnmedia/pdf-49/accenture-como-la-ia-puede-generar-crecimiento-en-sudamerica.pdf#zoom=50

que poseen estándares internacionales y que están preparadas para generar el conocimiento científico y tecnológico requerido.

La IA, sin duda, implica un gran desafío estratégico que permitirá mejorar la productividad y el desarrollo de nuestra economía. Para ello, será clave que el sector gubernamental, público y privado, tomen conciencia sobre la importancia y el impacto de la inversión en estas nuevas tecnologías, así como de la formación de capital humano avanzado para los retos que se avecinan.

En este sentido, se debe destacar que el surgimiento de esta tecnología significa, además, que los trabajos van a ser afectados, eliminando varios de ellos. Así, los trabajos repetitivos van a desaparecer, por lo que se deberían generar oportunidades únicas tanto para la creación de nuevos trabajos que no existen actualmente como la adaptación hacia trabajos más creativos. Esto requerirá un cambio importante a nivel educacional, que permita a los trabajadores enfrentarse a dichos retos. Por ejemplo, sumado a los cambios transversales en las áreas de negocios e industriales, se debería aprovechar las oportunidades en áreas claves del país tales como Minería, Astronomía, etc, mediante programas estratégicos específicamente orientados en el desarrollo y uso de IA. Aunque algunos de estos focos ya existen en organismos como CORFO, no están orientados a IA, por lo que debería reforzarse ampliamente en los próximos años.

Por otro lado, tal como se ha mencionado en este documento, el surgimiento de la IA plantea variados problemas éticos, que podría tener como consecuencia la modificación de normas ó regulaciones. De ahí que el desarrollar una estrategia en IA representa una oportunidad para generar reglamentaciones más flexibles de las relaciones laborales.

## VII. Delineamientos sugeridos para un proyecto de estrategia IA para Chile

### VII. 1. Objetivo General

Crear una estrategia de I+D+i+S en IA para Chile, que constituya, una hoja de ruta que le permita al país concentrar sus esfuerzos y talentos en búsqueda de un desarrollo sustentable y ético de la IA por los próximos 20 años, con el foco puesto en la Investigación (I), el Desarrollo (D), la innovación (i) y su impacto en la Sociedad (S).

### VII. 2. Objetivos Específicos

1) Levantar, desde la sociedad chilena y otros actores internacionales, la mayor cantidad de necesidades, capacidad instalada, inquietudes, visiones y anhelos, en torno al futuro del país y en cómo la IA permitiría alcanzarlos.
2) Analizar las brechas y oportunidades, en aquellos ámbitos estratégicos de implementación y desarrollo.
3) Crear un documento que sintetice la estrategia chilena, junto con algunas propuestas centrales y de alto impacto.

### VII. 3. Estructura del proyecto

1) Tiene que estar albergado en una entidad formal de gobierno, por ejemplo, un ministerio.
2) Tiene que existir un comité que supervise la ejecución del proyecto, por ejemplo, el comité que generó esta propuesta puede realizar esta función.
3) Se debe contar con un equipo ejecutor del proyecto que considera la contratación de profesionales de jornada completa.

### VII. 4. Etapas del proyecto y propuestas específicas

Este comité, después del estudio de los mecanismos de creación de las estrategias de varios países, sugiere que para levantar una estrategia de Inteligencia Artificial para Chile se requiere un trabajo de 34 semanas dividido en las siguientes etapas:

Etapa de Levantamiento (16 semanas)

1) Identificación de actores claves (stakeholders) (transversal a la etapa)
2) Diseño de Consulta (2 semanas)
3) Implementación de la Consulta Nacional en plataforma informática (4 semanas)
4) Promoción pública de la Consulta Nacional (2 semanas)
5) Consulta Nacional (6 semanas)
6) Análisis de datos de la consulta utilizando IA (2 semanas)

Etapa de Consolidación e Informe (10 semanas)

7) Jornadas de trabajo con actores claves (3 semanas)

8) Definición de áreas estratégicas y prioritarias (1 semana)
9) Reuniones de trabajo con equipos por área estratégica (3 semanas)

1) Informe sobre el Levantamiento Estratégico (2 semanas)
2) Seminario para reportar resultados (1 semana)

Diseño de la Estrategia Nacional (8 semanas)

1) Definición de la estructura, ámbitos de acción y articulaciones (2 semanas)
2) Propuesta de Acciones Clave de la Estrategia Nacional, con presupuesto estimado (2 semanas)
3) Redacción de documentos y presentaciones ejecutivas (3 semanas)
4) Preparación de Seminario para presentar la Estrategia Nacional (1 semana)

Entrega y Difusión de los Resultados del Proyecto (2 semanas)

1) Realización de seminario
2) Difusión en medios

## VIII. Reflexiones finales. Un proceso dinámico que anticipe los desafíos de la IA para nuestra institucionalidad

El desarrollo de la IA se produce a una velocidad mayor a la prevista y las importantes consecuencias de estos avances, tales como el potencial reemplazo de gran parte de la fuerza laboral, nos obligan a repensar los andamiajes normativos e institucionales de nuestras sociedades actuales con el fin de estar a la altura de dichos cambios.

Fue frente a eventos sociales extraordinarios, como por ejemplo la primera revolución industrial, que se buscó establecer principios de convivencia básicos que rigen nuestras sociedades hasta el día de hoy, procesos que incluso ocurrieron al margen del diseño y estructura organizacional de la época. De ello es posible desprender, que situaciones tan disruptivas en el orden social como puede ser considerada hoy la Inteligencia Artificial, requieren ser abordadas desde otro prisma, diferente al común de situaciones que se acostumbran a discutir en los gobiernos del mundo.

En palabras de Bauman -quien postula que hoy transitamos por una modernidad líquida- "la mayor preocupación de nuestra vida social e individual es cómo prevenir que las cosas se queden fijas, que sean tan sólidas que no puedan cambiar en el futuro. No creemos que haya soluciones definitivas y no sólo eso: no nos gus-

tan"[2]. En este sentido, resulta esencial, para la elaboración e implementación de cualquier política pública de largo alcance, que ella sea el resultado de un proceso democrático, participativo y fundado en el carácter relacional de los diferentes actores sociales, principalmente la sociedad civil organizada, el mundo empresarial, la academia y los representantes políticos que la ciudadanía ha elegido democráticamente.

Respecto de esta visión, han surgido distintas propuestas de diseños organizacionales aplicables en medios que por su naturaleza compleja y dinámica requieren de innovación sofisticada, junto con esfuerzos integrados de expertos. Las estructuras que exigen una adaptación e integración dinámica y permanente tales como la Adhocracia parecen tomar mayor relevancia y pertinencia, ya que al ser modelos de trabajo establecidos de forma temporal y coyuntural a un desafío o proyecto específico, permiten responder de forma rápida al problema, y en donde el control y la coordinación se realizan por ajuste mutuo, a través de las comunicaciones informales e interacción de expertos.

Hoy tenemos frente a nosotros quizá la misma oportunidad que vieron en su momento diversos pensadores y tomadores de decisión que idearon el pacto social de su época, definiendo la sociedad que queremos como país. Es acá donde Chile puede convertirse en un referente en la región sobre cómo abordar temáticas tan revolucionarias para el desarrollo de nuestras sociedades, disponiendo de espacios que no sólo se circunscriben al ámbito legislativo o administrativo, sino más bien generen un ambiente interseccional que dé cuenta de la realidad nacional en éstas materias, definiendo entornos concretos de acción, generando propuestas y orientaciones, además de contar con la autoridad y autonomía suficiente que les permita concretar lo ideado.

Como el progreso tecnológico no puede detenerse, se requiere de estructuras sociales dinámicas que permitan estar en constante exploración de nuevas mejoras para innovar, modernizar y evolucionar tanto a nivel de Estado como de Industria; desempeñándose de una manera mucho más dinámica y flexible, dotadas de per-

[2] Barranco, J. (2017, 9 de enero). Entrevista con Zygmunt Bauman. Pero, ¿qué es la modernidad líquida? www.lavanguardia.com.

sonas capacitadas, herramientas tecnológicas y vanguardistas que le permitan correr al nivel y velocidad de los cambios y transformaciones que rigen el siglo XXI.

## ANEXO. Proceso de elaboración del presente documento

La mesa técnica a cargo de desarrollar el presente documento se conformó en el mes de Marzo de 2019 bajo el alero de la Comisión Desafíos del Futuro, Ciencia, Tecnología e Innovación del Senado de Chile.

Lo anterior surgió de una inquietud por parte de los Senadores miembros de la Comisión para conocer avances en investigación y desarrollo de Inteligencia Artificial en los últimos años. A partir de esta reunión, se manifestó la importancia de crear un grupo de especialistas, que en conjunto con el Consejo del Futuro del Senado y la Biblioteca del Congreso Nacional, serían asesores permanentes[3] y pudieran elaborar un documento para recalcar por qué es importante para Chile contar con una Estrategia de Inteligencia Artificial.

---

[3] El grupo de asesores académicos permanentes está conformado por: José Rodríguez, Profesor Universidad Andrés Bello y Premio Nacional de Ciencias Aplicadas y Tecnológicas; John Atkinson, Profesor Titular, Facultad de Ingeniería y Ciencias, Universidad Adolfo Ibañez; Néstor Becerra, Profesor Titular, Departamento de Ingeniería Eléctrica, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile; Carlos Castro, Profesor Adjunto y Director del Departamento de Informática, Universidad Técnica Federico Santa María; María-José Escobar, Profesora Adjunta, Departamento de Ingeniería Electrónica, Universidad Técnica Federico Santa María; Carlos Hernández, Profesor Titular, Presidente de la Sociedad Chilena de Ciencia de la Computación, Director de Investigación Facultad de Ingeniería, Universidad Andrés Bello; Pedro Maldonado, Profesor Titular, Departamento de Neurociencias e Instituto de Neurociencias Biomédicas (BNI), Facultad de Medicina de la Universidad de Chile; Mario Ponce, Decano, Facultad de Matemáticas, Pontificia Universidad Católica de Chile; Nayat Sánchez, Directora del Laboratorio Internacional Inria en Chile, CEO de la Fundación Inria Chile e Investigadora Senior Inteligencia Artificial; Álvaro Soto, Profesor asociado, Departamento de Ciencia de la Computación, Pontificia Universidad Católica de Chile; Wolfhart Totschnig, Profesor Asistente, Instituto de Filosofía, Universidad Diego Portales; Juan Velásquez, Profesor Titular, Departamento de Ingeniería Industrial, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile. A ello se suma la activa participación de los equipos del Consejo del Futuro del Senado y de la Biblioteca del Congreso Nacional.

Para dar un mayor alcance a esta iniciativa, y dada la amplitud de los sectores y áreas de actividad que se verán impactados por la IA, surgió la necesidad de incluir en la discusión a un abanico lo más amplio posible de interlocutores. Sin pretender a la exhaustividad, y en atención a los acotados plazos fijados para dicho proceso, se decidió trabajar bajo un modelo mixto que incluyó la investigación particular de la realidad chilena en cuanto a IA por parte de la mesa técnica permanente, y la discusión del documento borrador en reuniones ampliadas con un convocatoria intersectorial, particularmente con representantes de los ámbitos público, privado, académico, laboral y sociedad civil. Todas aquellas instancias se realizaron en el edificio del Ex Congreso Nacional en Santiago.

El 28 de junio de 2019 se convocó a la academia y autoridades en un evento donde se presentaron distintos sectores en los que la IA podría influir, beneficiar, o bien crear nuevos desafíos para las empresas y organismos del Estado. La finalidad de la actividad fue aportar en las perspectivas y pasos a seguir para la elaboración del documento de trabajo[4].

La primera reunión ampliada se convocó el día 25 de julio con foco en el ámbito productivo y participación de diversos representantes de asociaciones gremiales y empresas relacionadas con el rubro de la tecnología e informática[5].

La discusión se orientó principalmente en torno al problema formativo de los trabajadores y profesionales del país, al pro-

---

[4] Asistieron: Senadores miembros de la Comisión Desafíos del Futuro, Ciencia, Tecnología e Innovación del Senado, grupo de asesores académicos permanentes en IA, Consejo del Futuro del Senado, Biblioteca del Congreso Nacional, Presidenta de la Academia de Ciencias, Directora Ejecutiva de la Sociedad de Fomento Fabril (SOFOFA), Director de Transformación Digital de Corporación de Fomento de la Producción (CORFO), Presidente de la Asociación Chilena de Empresas de Tecnologías de Información A.G. (ACTI), Académicos de distintas universidades del país, Representantes de organizaciones de la sociedad civil, entre otros.

[5] Asistieron: Senadores miembros de la Comisión Desafíos del Futuro, Ciencia, Tecnología e Innovación del Senado, grupo de asesores académicos permanentes en IA, Consejo del Futuro del Senado, Biblioteca del Congreso Nacional, Representantes de la Confederación de la Producción y el Comercio (CPC), Chiletec, Synopsys, Grupo Nexoos SpA, Asociación Chilena de Empresas de Tecnologías de Información A.G. (ACTI), Sociedad de Fomento Fabril (SOFOFA), empresas Google y Amazon, Grupo de empresas MITI, entre otros.

blema del fomento de la industria nacional y a los desafíos regulatorios que presenta la IA, sobre todo en el ámbito de la protección y el uso de los datos. Ahora bien, en este último ámbito hubo ciertas discrepancias entre aquellos que plantearon que el foco principal debe estar en los datos y aquellos que señalaron que el foco debe estar en la investigación y desarrollo de la tecnología IA.

La segunda reunión ampliada, enfocada en los impactos de la IA en el mundo laboral, se realizó el día 8 de agosto con diversos representantes del mundo del trabajo y de servicios públicos relacionados con el ámbito laboral[6]. Respecto a ¿cómo afectará la IA a su actividad? la mayoría de los asistentes planteó que el impacto será –o está siendo ya- bastante profundo. Quienes integran el mundo del trabajo, en particular, dieron cuenta del surgimiento de una serie de inquietudes que deben ser abordadas de manera urgente y en las que la IA puede tener dos efectos importantes: por un lado, la eliminación de empleos y, por otro, la precarización del trabajo, que se manifiesta en la amenaza al trabajador en el respeto de sus derechos. Al respecto se recomendó llevar a cabo una radiografía del empleo en Chile, con el objetivo de saber cómo enfocar la capacitación y la reconversión laboral en el caso de quienes desempeñen trabajos destinados a desaparecer.

La mayoría de los participantes coincidieron en destacar que esta tecnología debe ser vista como una oportunidad y se propusieron varios caminos para lograrlo: algunas propuestas enfocadas en incluir con más fuerza la capacitación laboral dentro del sistema de reconversión laboral, ahondar en las soluciones al problema de la protección de datos, incorporar a la propuesta una reglamentación más flexible de las relaciones laborales o la necesidad de vincular el desarrollo de la IA con la calidad de

[6] Asistieron: Senadores miembros de la Comisión Desafíos del Futuro, Ciencia, Tecnología e Innovación del Senado, grupo de asesores académicos permanentes en IA, Consejo del Futuro del Senado, Biblioteca del Congreso Nacional, Representantes de Federación de Trabajadores del Cobre, Sence, Asociación de Bancos e Instituciones Financieras de Chile A G, Fundación Sol, Sociedad Nacional de Minería, Fundación Chile Valora, Sindicato y Federación Centro Sur Walmart, Confederación Nacional de Trabajadores del Comercio, Producción y Servicios (CONATRACOPS), Instituto Nacional de Derechos Humanos, entre otros.

vida de los trabajadores del país y fortalecer los sistemas de apoyo social para enfrentar los cambios que la IA introducirá en el sistema.

La tercera reunión ampliada se realizó en el marco de una sesión de la Comisión de Desafíos del futuro el 19 de agosto y estuvo integrada por diversos representantes del sector público y de la sociedad civil[7]. La jornada estuvo centrada más en la elaboración de un diagnóstico sobre la situación actual de la IA y los datos, que en la generación de propuestas o metas más específicas para su desarrollo futuro.

Adicionalmente, se recibieron comentarios por escrito de los asistentes a las distintas instancias descritas más arriba y de algunos interlocutores claves para la discusión. Todos estos aportes fueron tomados en consideración para la elaboración del presente documento.

Este sistema de trabajo, caracterizado por abordar de forma específica el tema y enriquecerlo individualmente con cada sector relacionado, probó ser de gran utilidad para sistematizar la información recogida e integrarla en un documento final. El éxito de este proceso claramente atestigua la pertinencia de incluir en el desarrollo de la estrategia la visión de los principales interesados en discusiones de éste tipo. La recomendación del comité es continuar con esta misma lógica para lograr concretar las sugerencias y cambios constantes del documento y la posterior estrategia.

Lo anterior adquiere una relevancia aún mayor, considerando la excepcionalidad y magnitud de los desafíos que nos plantea la Inteligencia Artificial. Si bien, no es posible anticipar todos los posibles impactos que ésta generará, no cabe duda que las sociedades se están enfrentando a cambios drásticos de paradigma en

[7] Asistieron: Senadores miembros de la Comisión Desafíos del Futuro, Ciencia, Tecnología e Innovación del Senado, grupo de asesores académicos permanentes en IA, Consejo del Futuro del Senado, Biblioteca del Congreso Nacional, Representantes de la Subsecretaría de Telecomunicaciones, Ministerio de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación, Contraloría General de la República, Servicio de Impuestos Internos (SII), Dirección del Trabajo, Consejo para la Transparencia, Consejo Nacional de Innovación para el Desarrollo (CNID) y Gobierno Digital del Ministerio Secretaría General de la Presidencia (SEGPRES), Comisión Chilena de Energía Nuclear (CCHEN), Fundación País Digital, Fundación Derechos Digitales, Fundación Ciudadanía Inteligente, entre otros.

todos sus estratos. La naturaleza transversal, múltiple y disruptiva del tema tratado requiere sin duda pensar formas novedosas de abordar los desafíos y oportunidades que éste conlleva.

Hidrógeno Verde

# Iniciativa para el Desarrollo de una Industria de Hidrógeno Verde en Chile

*Coordinador: Boris Lopicich*
*Equipo de Asesores, Biblioteca del Congreso Nacional*

## Introducción

El mundo enfrenta una tormenta perfecta a raíz de la crisis climática y ecológica —con pandemias incluidas— provocada, principalmente, por el modelo de crecimiento basado en la extracción irracional de recursos naturales y el consumo de combustibles fósiles.

Al mismo tiempo el acelerado desarrollo de las tecnologías y de la inteligencia artificial plantea interrogantes vitales sobre si estamos ante un amenaza, por ejemplo, a nuestro libre albedrío o ante una oportunidad liberadora que nos ayude a reducir las inequidades.

Sin embargo, esa misma tecnología nos abre el camino que nos permite abandonar el uso del petróleo y sus derivados y transitar hacia el empleo de las energías limpias, donde el hidrógeno verde se alza como el gran aliado para alcanzar un mundo libre de energías fósiles.

Por su posición geográfica y condición geopolítica Chile tiene todas las condiciones para ser líder mundial en la producción de hidrógeno verde por medio de la energía solar en el norte y eólica en el sur.

Frente a ello las comisiones Desafíos del Futuro y de Minería y Energía del Senado convocaron a más de cincuenta expertas y ex-

pertos, científicas y científicos, académicas y académicos para elaborar propuestas técnicas, así como legislativas, que ayuden a viabilizar el camino hacia el desarrollo del hidrógeno verde, den certezas a los potenciales interesados en su desarrollo y sean parte de una política de Estado de mediano y largo plazo para que Chile se convierta en un actor importante de la Economía del Hidrógeno.

Este documento reúne los debates y acuerdos alcanzados tras cuatro intensos meses de labor y pretende ser un importante aporte y herramienta que ayude a recorrer la senda hacia un mundo más limpio y seguro para toda la humanidad.

Chile contiene a lo largo de su territorio una serie de potenciales naturales, en tierra como en el océano, que le van a permitir dar importantes saltos cualitativos para alcanzar mejores niveles de equidad y desarrollo de las personas, pero ello requiere la colaboración de todas y todos tras una estrategia consensuada de largo plazo.

Es con ese objetivo que hemos dado este primer paso pues estamos convencidos que si Chile apuesta por ser una potencia en hidrógeno verde -porque tiene todas las condiciones para serlo- daremos un paso agigantado hacia una mejor sociedad para todas y todos.

## Presentación

La discusión sobre el futuro de Chile debe considerar los esfuerzos que se están realizando a nivel país para lograr la ansiada transición energética y que tienen como fin buscar alternativas no contaminantes para mejorar el bienestar de los y las habitantes del territorio nacional.

Por esta razón, las Comisiones Desafíos del Futuro, Ciencia, Tecnología e Innovación y de Minería y Energía del Senado de la República convocaron a una sesión ordinaria el miércoles 1ero de julio de 2020 para constituir un grupo transversal de expertas y expertos que colabore en la elaboración de una mesa técnica ampliada para impulsar el desarrollo de la tecnología y de una economía de hidrógeno verde en Chile.

El objetivo principal de esta iniciativa es abrir la conversación con respecto al hidrógeno verde entre expertos y legisladores para

proponer iniciativas concretas para la generación de políticas públicas que apunten al desarrollo de una economía del hidrógeno verde en Chile con el fin de aprovechar al máximo las oportunidades que ofrece para el país y el mundo.

## I. Energía renovable para el desarrollo

### I. 1. El Hidrógeno como vector energético

El hidrógeno es, indudablemente, un elemento con la capacidad de transformar el mundo tal y como lo conocemos. En medio de una transición energética aún incipiente, el uso como vector energético impactaría en la industria de los combustibles fósiles y por consiguiente en las emisiones de $C0_2$ y de otros contaminantes climáticos de vida corta, revolucionaría el uso de las energías renovables y reduciría emisiones en sectores clave como la carga, el transporte y la minería.

Adicionalmente, podría posicionar a Chile como un país con ventajas competitivas clave a la hora de producir y exportar hidrógeno verde, aportando significativamente a la marca país de "sostenibilidad", especialmente por su impacto en la minería verde.

La producción de hidrógeno verde se puede dar a partir de diversas fuentes energéticas y su almacenaje no debería representar un problema dado el nivel de desarrollo actual de la industria. Debe ponerse énfasis en el aprendizaje de experiencias comparadas y en el contexto nacional, de largas distancias, con caminos que podrían permitir abandonar el lock-in de los combustibles fósiles para el transporte, en las posibilidades que éste vector brinda para el eco-turismo, para la acuicultura, la industria salmonera, entre varias otras. La innovación en celdas combustibles permite a estas alturas la provisión de energía útil eficiente y libre de emisiones contaminantes para flotas de buses y camiones eléctricos.

### I. 2. Una economía a base de hidrógeno

Los usos actuales del hidrógeno se dan principalmente en refinerías y en industrias como la química y aeroespacial.

Habiéndose creado ya una cadena de valor industrial para el hidrógeno, la regulación sobre este vector energético está en un

momento clave para pasar a otras aplicaciones, como los camiones de carga en la minería, el transporte público, los trenes de carga, y la agricultura.

Para el cumplimiento de lo anterior, resulta esencial la formación de capital humano en la materia, y es ahí en donde deben radicarse esfuerzos importantes tanto del sector público como de potenciales alianzas para los privados, que permitan establecer proyectos piloto en distintas áreas para ir ganando en conocimientos y adoptando nuevas buenas prácticas.

### I. 3. Chile, un hotspot para las energías renovables

Chile tiene uno de los mayores potenciales del mundo para la producción de energías renovables. Con una longitud de más de 4.200 km de norte a sur se encuentra entre el Océano Pacífico y los Andes.

Según el Bloomberg New Energy Finance Climate Scope 2018[1], Chile es el país más atractivo del mundo para invertir en energía limpia (de un total de 103 mercados emergentes). Tiene el potencial de producir entre 1.380 y 1.860 GW de energía renovable, incluyendo energía solar fotovoltaica, energía termosolar de concentración (CSP) y energía eólica.

Esto corresponde a unas 70 veces la capacidad de energía eléctrica instalada actualmente.

Esto ha llevado al World Energy Council Germany a llamar a nuestro país el "campeón secreto" en su informe de 2018 "Aspectos internacionales de una hoja de ruta para la potenciación"[2].

## II. Estrategia Nacional de Hidrógeno Verde

La "Estrategia Nacional de Hidrógeno Verde: Chile, fuente energética para un planeta cero emisiones", diseñada por el Ministerio de Energía en noviembre de 2020 plasma al hidrógeno verde como una herramienta fundamental en la lucha en el contexto de

---

[1] https://www.weltenergierat.de/wp-content/uploads/2018/10/20181018_WEC_Germany_PTXroadmap_Full-study-englisch.pdf

[2] https://global-climatescope.org/assets/data/reports/climatescope-2018-report-en.pdf

crisis climática global, destacando su potencial de descarbonización en diferentes industrias, señalando que se espera la creación de 100,000 nuevos empleos en esta naciente industria, dado el aumento inmenso esperado en la demanda global de energía suministrada con hidrógeno como vector.

La creación de una industria local se ve como prioritaria en la primera etapa de implementación de la Estrategia. Así, se privilegiará la regulación sobre 6 aplicaciones del hidrógeno verde en nuestro país: el uso en refinerías, producción de amoniaco doméstico, el uso en camiones mineros (CAEX) y en camiones pesados de ruta, inversiones en electromovilidad para buses de larga autonomía e inyección hasta en un 20% en redes de gas.

La ambición por lograr en un mediano plazo el hidrógeno verde más barato del planeta, inferior a 1,5USD/kg se espera realizar siguiendo un plan de acción en diversas áreas: estimulando los proyectos, la inversión y los pilotajes en el país, fomentando el mercado doméstico y la exportación para situar a Chile en el centro del mapa de distribución del hidrógeno verde a nivel mundial; se espera lanzar una ronda de financiamiento para apalancar proyectos, y desplegar una "diplomacia del hidrógeno verde" que dé cuenta de las ventajas competitivas del país para la producción de este vector energético.

Otros esfuerzos estarán vinculados a la formación de capital humano, la regulación en materia de seguridad y un mayor desarrollo social y territorial.

## III. Propuestas recogidas por la Iniciativa

### III. 1. Dotación de recursos para la investigación y el desarrollo (I+D)

Los recursos para I+D son un aspecto clave, específicamente en proyectos piloto, también para la formación de capital humano, porque el pilotaje puede formar capital humano en forma transversal: técnicos, profesionales y capital humano avanzado a nivel de post-grado. Con ello se lograría "dejar en Chile" el conocimiento respecto al montaje, mantenimiento y operación de vehículos. Los pilotajes de vehículos (buses, trenes, camiones de carga, mineros,

interurbanos) podrían contribuir fuertemente a esta formación de profesionales del hidrógeno.

El pilotaje puede ser transversal, en cualquier vehículo que se pueda transformar a eléctrico. Los más simples podrían ser buses, luego trenes y barcos. En minería serían especialmente importantes los avances en vehículos de potencia media. La implementación en buses interurbanos permite el desarrollo de know how. La aplicación en trenes también es una excelente opción por las características geográficas del país. En el sector agrícola se pueden hacer desarrollos de plantas demostrativas, dando servicios complementarios que mejoren el valor de los productos que se están produciendo en la agroindustria, desde mejorar la tecnología para los tractores, hasta utilizar almacenamiento para las fuentes renovables de energía en el invierno.

### III. 2. Soluciones en electromovilidad

La mesa de trabajo propone que las soluciones de electromovilidad no sólo sean circunscritas a camiones mineros, sino que debemos abrir nichos con una mirada amplia: transporte público, sector acuícola, agroindustria, incluso botes para potenciar el eco-turismo. Chile tiene muchos ámbitos desarrollados para hacer pilotajes, desde la industria del salmón y acuícola.

Al momento de legislar, se debiese priorizar el transporte público y transporte de carga. Actualmente hay sobre 700 buses eléctricos, de acuerdo a cifras del Ministerio de Transportes a julio 2020, lo que permite crear un mercado. Hay que demostrar la ventaja de los buses con celdas de hidrógeno, así como buses con motores de combustión interna dual (hidrógeno-diésel), como también en base a combustión 100% hidrógeno, para lo cual se requiere un pilotaje. Tal vez para las próximas licitaciones puede dejarse una cuota, 5% de los buses. Los buses interurbanos, por ejemplo, debido a las largas distancias, no podrían funcionar con baterías eléctricas, pero sí con celdas de hidrógeno como también con motores de combustión interna dual (hidrógeno-diésel), y combustión 100% hidrógeno.

Se propone incluir buses a hidrógeno en licitaciones: En las licitaciones de transporte público y de buses interurbanos debiese ser una política nacional considerar los buses a hidrógeno, al igual que para las empresas que podrían llamar a licitación.

### III. 3. Regulación sobre seguridad y aprobación urgente de la ley de Eficiencia Energética

Actualmente, por razones de seguridad (el hidrógeno tiene estatus legal de sustancia peligrosa) no hay reglamentación, ni existen autorizaciones de SERNAGEOMIN, que permitan entrar con hidrógeno verde a instalaciones mineras. Es necesaria la entrada en vigor de la ley de eficiencia energética que permitirá al Ministerio de Energía regular estos aspectos por otras vías legales como decretos y reglamentos, especialmente el aspecto de la seguridad en la producción, el uso y transporte del hidrógeno verde.

En base a la experiencia del Consejo Nacional de Desarrollo Urbano (especialmente en su actual Grupo de Trabajo de Ciudad y Cambio Climático), se ha concluido que es clave tener siempre en mente la necesidad de revisar el marco normativo urbano establecido en la Ley General de Urbanismo y Construcciones y la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones, además de los planos reguladores, con el fin de asegurar una coherencia al momento de aplicar leyes sectoriales en la ciudad.

### III. 4. Regular el diésel

El mayor competidor asociado al hidrógeno en la electromovilidad no es el gas licuado sino que es el diésel. Las celdas de combustible en los últimos 6 años han bajado sus costos un 70%, lo que sugiere que las costos se reducirán muchísimo antes de una década. Es indispensable revisar las regulaciones sobre el diésel para eliminar su ventaja competitiva sobre el hidrógeno.

### III. 5. Específicamente en el sector minero

Un camión minero de high class de 300 toneladas equivale a una demanda eléctrica de 2,5 MW, lo que equivale a un Pequeño Medio de Generación Distribuido (PMGD), a "un generador con ruedas". Hay muchas centrales de ese tamaño que están instaladas. Si esas centrales fueran a petróleo, están afectas a impuesto verde, pero ocurre que los camiones mineros con esta capacidad no pagan impuestos por las características que tienen.

En Chile hay aproximadamente mil de estos camiones, lo que equivaldría a una demanda de 2.500 MW, correspondiente a aproximadamente el 20% de la demanda eléctrica de Chile.

Las emisiones de este sector son muy altas por lo que no se entiende el vacío normativo que permite que este rubro goce de un subsidio indirecto mientras no paga impuesto a las emisiones.

Una solución sostenible sería migrar al cambio de camiones mediante el uso de sistemas trolley o al cambio de combustibles. Una correcta reforma al impuesto verde haría parte de éste como sujetos pasivos a este tipo de vehículos, lo que permitiría que la industria se adapte en ese sentido. Ahí solamente hay un potencial de demanda gigantesco para el hidrógeno verde.

### III. 6. Tecnología de procesamiento de concentrados de cobre cero emisiones y cero residuos

Chile es el mayor productor de cobre del mundo; sin embargo, no ha sido capaz de crear un ecosistema de innovación en su entorno que genere nuevas tecnologías para uso local y para exportación. El Programa Nacional de Innovación en Minería, Alta Ley, estableció una "hoja de ruta" para avanzar hacia un ecosistema virtuoso de creación de valor entre la minería, sus proveedores e instituciones de investigación y desarrollo. Entre sus metas está tener 250 proveedores de clase mundial en minería al 2035.

La demanda mundial de cobre y litio está aumentando de forma sostenida por la transición energética y la electromovilidad y se requerirán minerales con baja huella de carbono. Chile tiene una posición privilegiada para capturar parte importante de ese mercado "premium" por sus niveles de radiación solar y la posibilidad de generar hidrógeno verde competitivo.

La tecnología desarrollada por la Universidad de Concepción ofrece una solución disruptiva para el procesamiento de concentrados de cobre con cero emisión y cero residuos – pionera en el uso de hidrógeno verde. La oportunidad de su escalamiento y despliegue en el mercado mundial es ahora.

### III. 7. Apoyo a emprendimientos basados en hidrógeno

Una política necesaria consiste en apoyar a los emprendimientos basados en hidrógeno. La primera medida podría ser la confección y difusión de una guía para emprendedores para el desarrollo de proyectos piloto en hidrógeno verde, que podría ser elaborada y utilizada en conjunto con CORFO.

### III. 8. Realizar un levantamiento de externalidades positivas

Existe una serie de externalidades positivas que deben ser levantadas para ser aprovechadas. Así por ejemplo, en el caso de buses baja considerablemente el costo de los repuestos, de mantención y los costos de energía (el precio es más conveniente que el del diésel). Los terminales de buses pueden ser ubicados en lugares más céntricos, debido a que no hay ruido ni emisiones contaminantes, además de una operación menos disruptiva.

También hay externalidades de género. Estudios indican que mujeres conduciendo buses eléctricos han sido más eficientes.

Otro ejemplo es el de los altos costos de ventilación en los túneles de instalaciones mineras. Reducir las emisiones en los túneles genera una reducción de costos de ventilación y extracción de aire muy importante.

## IV. Financiamiento

Se debe fomentar diversos mecanismos de financiamiento para proyectos piloto en fase demostrativa. Así, se diferencian las distintas etapas de los proyectos que podrían generarse: proyecto piloto, proyecto comercial, proyecto demostrativo.

Este fomento se logrará a través de Proyectos de Ley que permitan ampliar el abanico de posibilidades de financiamiento de estos proyectos en sus primeras etapas de vida, con el fin de generar un mercado del hidrógeno verde.

La mesa de trabajo sugiere legislar para obtener fondos provenientes de: (1) la cooperación internacional; (2) los acuerdos público privados (APPs), (3) de otras formas de recaudamiento de dinero como los esquemas asociativos, entre universidades, centros de formación técnica, gobiernos locales y otros actores. (4) del establecimiento de royalties y (5) sobre la base de la modificación a la ley de donaciones para que se prioricen proyectos relacionados al hidrógeno verde.

Cabe resaltar que la cooperación internacional no reembolsable sólo se encuentra normada en una política nacional de la AGCI, mientras que los APPs apenas se consagran de forma muy genérica en la Ley de Concesiones, por lo que una modernización a este respecto es primordial.

### IV. 1. Regulación del transporte de carga

Chile es un país con distancias muy largas y esto justifica de sobremanera el uso del hidrógeno en los camiones de carga, mientras que los vehículos eléctricos tradicionales con baterías de litio son para distancias mucho más cortas, o para utilizar dentro de las ciudades. Es un ámbito en el que se requiere regulación en Chile.

La Iniciativa H2V conoció el ejemplo de EE.UU., país en el que se han ido identificando las rutas de mayor tráfico para focalizar la instalación de las electrolizadoras de carga en ruta, para así comenzar con los proyectos con mayor viabilidad financiera y demanda.

### IV. 2. Oportunidad en cuanto a los vehículos de aeropuertos y puertos

El hidrógeno verde es una oportunidad para sacar de circulación varios vehículos que actualmente son muy contaminantes. Mucha maquinaria podría adaptarse al uso con hidrógeno o desplazarse. Se citan precisamente los vehículos motorizados que se emplean en puertos y aeropuertos por ser los de mayor cantidad de emisiones a nivel nacional.

Se vislumbra, con el hidrógeno verde, una posibilidad de modernización de estos sectores, la cual podría comenzar con el financiamiento de un par de proyectos piloto en aeropuertos de bajo tráfico, en zonas remotas, y de puertos específicamente en la Región de Magallanes, para luego avanzar hacia una legislación que incorpore las buenas prácticas aprendidas en dichos proyectos para cambios en aeropuertos y puertos de mayor tamaño.

### IV. 3. Lanchas en el sur para la industria del salmón y para ecoturismo en los lagos del sur de Chile

Poder implementar un proyecto piloto en esta área también daría visibilidad al país en cuanto a temas ambientalmente sostenibles. La oxigenización en salmonicultura también es un tema relevante que debe regularse prontamente.

La importancia del pilotaje viene dada pues el aprendizaje industrial y de capital humano que queda de hacer pilotos ahorra mucho tiempo en ensayo y error, no debe entregarse sólo a la empresa, sino que debe estar la academia detrás.

El fundamento de una regulación de hidrógeno es velar por la seguridad de las personas. Deben establecerse estándares de seguridad mínimos, los cuales varían dependiendo del segmento de que se trate: producción, transporte, incluso exportación de hidrógeno. Esto permitiría que la SEC contase con normativa necesaria para fiscalizar esta materia en particular y para dar oportunidad a los proyectos piloto. Se proponer explicitar su vinculación con la normativa urbana.

### IV. 4. Estímulos a la demanda interna

La mesa de trabajo propone estimular la demanda interna por hidrógeno verde. Podrían considerarse dos sectores para esto: (a) Movilidad de transporte marítimo, y (b) la industria acuícola: en esta es muy importante la sustentabilidad, la cual otorga un valor de mercado superior al 10% de incremento del precio del salmón en la industria internacional.

Pero esa sustentabilidad no se puede lograr con solo generadores diésel, sino que con el fomento a servicios complementarios. En este sentido, hay un gran desafío tecnológico en producir hidrógeno con agua de mar; mejorar la eficiencia de los electrolizadores y en el desarrollo de nuevos materiales; y en reemplazar diésel por hidrógeno.

### IV. 5. Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental

Resulta relevante también como conclusión de la mesa de trabajo regular la institución de la Evaluación Ambiental en proyectos de hidrógeno verde, pues a la fecha no está claro si requieren evaluación o declaración al momento de proponerse nuevos proyectos. Por lo mismo se requiere de una norma que explicite lo anterior y que distinga entre los segmentos de la cadena del hidrógeno verde: producción, uso, transporte, entre otros.

### IV. 6. Reforma al impuesto verde

La Iniciativa H2V propone reformar el impuesto verde. Establecer umbrales más altos de tributación es fundamental. En el actual esquema de tributación, varios generadores de energía en base a fuentes renovables han "subsidiado" a otros que utilizan

combustibles fósiles. Así, la implementación del impuesto verde ha generado incluso prejuicios contra empresas que no emiten gases contaminantes, aquellas con fuentes de energía renovables, ya que se estableció que todas las empresas que tienen contratos de venta con energía con clientes deben compensar a las empresas afectas al impuesto.

### IV. 7. Un ecosistema de confianza

La mesa de trabajo concluye que deben buscarse incentivos para que se genere un ecosistema de confianza para competir con Australia y países de Medio Oriente, por ejemplo, a través de incentivos tributarios que directamente privilegien a proyectos basados en soluciones de hidrógeno verde.

Chile podría diseñar una marca país en torno a la sostenibilidad, en la cual el hidrógeno juega un rol fundamental en los sectores que más contribuyen a las emisiones.

Nuestro país podría llegar a posicionarse como un "vendedor de sostenibilidad", explotando alianzas con otros gobiernos y con sectores financieros.

Otros incentivos más allá de las exenciones tributarias podrían ser porcentajes mínimos de producción de hidrógeno como se utilizó en el desarrollo de las energías renovables, cuestión que debiese incorporarse a la brevedad en la política nacional de hidrógeno desarrollada por el Ministerio de Energía.

### IV. 8. Vínculos entre la academia y la comunidad científica con la sociedad civil y el Congreso

Esta Iniciativa de las Comisiones Desafíos del Futuro, Ciencia, Tecnología e Innovación y de Minería y Energía del Senado de la República propone también la creación de un repositorio con información sobre hidrógeno, iniciativas comparadas, aspectos técnicos y otros abierto al público o bien para los integrantes de este grupo, con el objetivo de vincular a la academia y la comunidad científica con la sociedad civil y los parlamentarios.

## V. Propuestas legislativas y regulatorias

### V. 1. PL para I+D en hidrógeno verde

La Iniciativa H2V de las Comisiones Desafíos del Futuro, Ciencia, Tecnología e Innovación y de Minería y Energía del Senado de la República propone fomentar diversos mecanismos de financiamiento para proyectos piloto en fase demostrativa. Así, se diferencian las distintas etapas de los proyectos que podrían generarse: proyecto piloto, proyecto comercial y proyecto demostrativo.

La Iniciativa propone formular Proyectos de Ley que permitan ampliar el abanico de posibilidades de financiamiento de estos proyectos en sus primeras etapas de vida, con el fin de generar un mercado del hidrógeno verde.

Así, se sugiere legislar para obtener fondos provenientes de la cooperación internacional, de acuerdos público privados (APPs), de otras formas de recaudamiento de dinero como los esquemas asociativos, entre universidades, centros de formación técnica, gobiernos locales y otros actores así como del establecimiento de royalties. Se sugiere modificar la ley de donaciones para que se prioricen proyectos relacionados al hidrógeno verde.

### V. 2. PL sobre Electromovilidad

La Iniciativa propone que la electromovilidad no sólo sea circunscrita a camiones mineros, sino abrir nichos con una mirada amplia: transporte público, sector acuícola, agroindustria, incluso botes para potenciar el eco-turismo. Chile tiene muchos frentes abiertos para hacer pilotajes desde la industria del salmón y acuícola. Al legislarse, se debiese priorizar el transporte público y transporte de carga.

En la minería serían especialmente importantes los avances en vehículos de potencia media. Otros vehículos, como buses interurbanos, podrían dejar muchísimo know how en el país. También los trenes son buena opción por las características geográficas del país.

En el sector agrícola se pueden hacer desarrollos de plantas demostrativas, dando servicios complementarios que mejoren el valor de los productos que se están produciendo en la agroindustria (desde mejorar la tecnología para los tractores hasta utilizando

almacenamiento para las fuentes renovables de energía en el invierno). Un proyecto de ley en esta área podría fijar cuotas de vehículos con hidrógeno en futuras licitaciones, por ejemplo un 5% de los nuevos buses.

### V. 3. Ley de Eficiencia Energética

Es necesaria la entrada en vigor de la ley de eficiencia energética que permitirá al Ministerio de Energía regular por vías legales como decretos y reglamentos, especialmente el aspecto de la seguridad en la producción, el uso y transporte del hidrógeno verde.

### V. 4. PL Regulación del Diésel

El mayor competidor asociado al hidrógeno en la electromovilidad no es el gas licuado sino que es el diésel, a pesar de sus impactos socioambientales.

Sus ventajas económicas deben eliminarse para poder fortalecer la industria del hidrógeno verde.

### V. 5. Proyectos de Ley específicos del sector minero

Las emisiones del sector minero son particularmente altas, por lo que es imperativo cambiar la normativa que permite que este rubro goce de un subsidio indirecto al diésel, mientras no paga impuesto a las emisiones. En esta área hay un potencial de demanda gigantesco para el hidrógeno verde.

### V. 6. Regulación relativa al transporte de carga

El transporte de carga a largas distancias es un sector muy importante que podría regularse en el país para favorecer uso de hidrógeno. Otros países han ido identificando las rutas de mayor tráfico para focalizar la instalación de las electrolizadoras de carga en ruta, para así comenzar con los proyectos con mayor viabilidad financiera y demanda.

### V. 7. Regulación a los vehículos de aeropuertos y puertos

Mucha de la maquinaria utilizada en puertos y aeropuertos podría desplazarse hacia el hidrógeno. El hidrógeno verde es una

oportunidad para sacar de circulación varios vehículos que son muy contaminantes hoy en día. Un proyecto de ley podría promover la modernización de los vehículos motorizados que se emplean en puertos y aeropuertos.

## Agradecimientos

La Comisión Desafíos del Futuro, Ciencia, Tecnología e Innovación, junto a la Comisión de Minería y Energía del Senado de la República, agradecen a las personas e instituciones que colaboraron para la preparación de este informe. Las reuniones de los sub-grupos de la Iniciativa H2V fueron insumos de gran importancia utilizados en la presentación de las propuestas legislativas que componen el presente documento.

Hacemos un especial reconocimiento a las y los académicos, científicos, asesores y representantes de la sociedad civil cuya colaboración y dedicación permitieron la obtención de datos relevantes acerca de la actualidad y las proyecciones futuras de la industria del hidrógeno. Sin su orientación, las ideas y el apoyo brindado la presentación de estas páginas no habría sido posible.

Se agradece, además, el apoyo logístico y técnico de la Sección Estudios de la Biblioteca del Congreso Nacional, por su apoyo en el proceso de levantamiento de información, monitoreo de los subgrupos y de la iniciativa en general, junto con la confección del documento final; a las y los Senadores y asesores legislativos presentes en las discusiones de las diversas temáticas presentadas; y a las y los participantes provenientes de los Ministerios de Transportes y Energía, la Asociación Chilena de Energías Renovables y Almacenamiento ACERA A.G, las diversas Universidades participantes, la Asociación Chilena de Hidrógeno, diversas empresas nacionales e internacionales del sector privado y empresas consultoras, el Centro de Estudios sobre el Cobre y la Minería, la Agencia Nacional de Investigación y Desarrollo, entre varias otras instituciones que respaldaron la presente iniciativa.

a). Senadores de la Comisión "Desafíos del Futuro, Ciencia, Tecnología e Innovación" Pdte.:
Senador Guido Girardi Lavín
Senador Alfonso de Urresti Longton

Senadora Carolina Goic Boroevic
Senador Francisco Chahuán Chahuán
Senador José Antonio Coloma Correa

b). Senadores de la Comisión "Minería y Energía" Pdte.:
Senador Rafael Prohens Espinosa
Senador Alejandro García Huidobro
Senador Alvaro Elizalde Soto
Senador Guido Girardi Lavín
Senadora Yasna Provoste Campillay

c). Asesores Legislativos
Carolina Vivanco
(Senadora Carolina Goic)
Juan Walker
(Senador Guido Girardi)
Christian Torres
(Senadora Yasna Provoste)

d). Comité permanente
Alberto Ortega - Ministerio de Energía
Alejandro Karelovic – U. de Concepción
Antonio Sánchez – U. T. Federico Santa María
Carlos Busso - Asociación Chilena de Hidrógeno
Carlos Finat – Asociación Chilena de Energías Renovables y Almacenamiento ACERA A.G.
Carlos Portillo - Universidad de Antofagasta
Carlos Restrepo - Universidad de Talca
Daniel Serafini – U. de Santiago de Chile
Erwin Plett - Asociación Chilena de Hidrógeno
Ignacio Pérez - Anglo American Chile
Jaime Aleé - ESK Consulting
Jorge Vargas - SERNAGEOMIN
José Ignacio Galindo - Alset Ingenieria SpA
José Rodriguez - Universidad Andrés Bello
Juan de Dios Rivera Agüero - Consultor
Juan Rada – Globtech
Karin von Osten - Carbon Biocapture/ Sustenta
Marcela Angulo - Universidad de Concepción
Mario Toledo – U. T. Federico Santa María
Melanie Collet - Universidad de Chile

Patricia Darez - 350renewables
Patricio Lillo - Escuela de Ingeniería, PUC
Patricio Valdivia - Universidad Técnica Federico Santa María
Rebeca Poleo - PMP Trachtebel, Engie Group
Rodrigo Navia – Universidad de la Frontera
Rodrigo Palma - Universidad de Chile, SERC
Romina Cid - CWEEL Chile
Romina Paillao - Representante Sociedad Civil
Ruth Rain - CORFO
Samir Kouro – U. T. Federico Santa María
Saravanan Rajendran – U. de Tarapacá
Yahaira Fiallos – CWEEL Chile

e). Expertas y Expertos
Alejandra Wood - CESCO
Ana María Ruz Frías - Comité Solar CORFO
Asunción Borrás - ENGIE
Benjamín Maluenda – Ministerio de Energía
Christian González - Min. del Transporte
Emiliano Burgos, ABB Group
Fabiola Cid - ANID
George Williams - AdapTec
Humberto Verdejo - USACH
Jay Keller - AdapTec DOE & HySafe
José Ignacio Escobar - ACCIONA
Joseph Pratt - Golden Gate Zero Emissions Marine
Manuel Morales - Mineduc
Marcelo Cortinez - PTI Energía Renovables
María de Los Ángeles Valenzuela - Comité Solar CORFO
Monica Brevis – MINEDUC
Peter Bryn - ABB Group
Pilar Giménez - CNDU
René Espinoza - Fundación Transurbano
Susan Schoenung - AdapTec
Victor Dorner – Codelco
Úrsula Bustamante - ENAEX S.A

f). Equipo Biblioteca del Congreso Nacional
Boris Lopicich – Sección Estudios
Marek Hoehn – Sección Estudios

g). Equipo Consejo del Futuro
Amélie Kim Cheang - Secretaria Ejecutiva
Carlos Vázquez - Asesor
Hugo Opazo - Asesor
Carla Morales - Diseñadora Gráfica

Futuro Forestal Sostenible

# Iniciativa para el Desarrollo Sostenible del Sector Forestal en Chile

*Coordinadores: Frane Zilic, Universidad de Concepción*
*Matías Ortiz Asesor legislativo, Senado*

**Agradecimientos**

Documento realizado por iniciativa de la Comisión "Desafíos del Futuro, Ciencia Tecnología e Innovación" del Senado de la República de Chile integrada por: - Senador Guido Girardi Lavín (Presidente) - Senador Francisco Chahuán Chahuán - Senador Juan Antonio Coloma Correa - Senadora Carolina Goic Boroevic - Senador Alfonso de Urresti Longton.

**Equipo Coordinador**

- Frane Zilic, Universidad de Concepción (Coordinador General)
- Matías Ortiz, Asesor legislativo, Senado
- Valentina Torres, Universidad de Concepción
- Camila Flores Jara, Universidad de Concepción

**Coordinadores/as subcomisiones y equipo redactor**

- Alex Berg, Universidad de Concepción (Coordinador Comisión Fibras, Lignina y Extraíbles)
- Alvaro Promis, Universidad de Chile (Miembro Comisión Redactora)

- Carolina Briones, CTeC (Coordinadora Comisión Construcción)
- José Pablo Undurraga, Albatros (Coordinador Comisión Ecosistemas - Miembro Comisión Redactora)
- Mariela Reyes, MADlab Universidad Autónoma de chile (Coordinadora Comisión Tecnología)
- Patricio Toledo, CORMA (Coordinador Comisión Nativo Sostenible - Miembro Comisión Redactora))
- Rodrigo Mujica, INFOR (Miembro Comisión Redactora)

**Comité de Trabajo Técnico convocado por la Comisión formado por:**

- Aida Baldini, Corporación Nacional Forestal
- Aldo Rolleri, Universidad Austral de Chile
- Alejandra Schueftan, INFOR
- André Laroze, PEFC Chile
- Andrés Gutiérrez, Tronco Noble
- Antonio Lara, Universidad Austral de Chile
- Ariel Muñoz, Universidad Católica de Valparaíso
- Ariel Traipil, Fundación Chilca
- Bárbara Rodríguez, Ministerio de Energía
- Bernardo Reyes, Ética en los Bosques, ONG
- Carlos Ladrix, ANID
- Carlos Rozas, Universidad del Bío Bío
- Catalina Guerra, Academia de Jóvenes por el Futuro
- Cecilia Bustos, Universidad del Bío Bío
- Christian Salas, Universidad Mayor
- Claudia Cerda, INN
- Cristián Domínguez, The Andes House
- Cristian Vial, CIM
- Daniela Manuschevic, Universidad de Chile
- Felipe Torres, Empresas CMPC
- Fernanda Salinas, Universidad de Chile
- Fernando Ortiz, SALFA
- Francisca Lorenzini, CORMA
- Francisco Lozano, Arauco
- Francisco Sierra, CORMA
- Gina Cerda, CMPC
- Gloria Vargas, Aprobosque A.G.
- Hans Grosse, INFOR
- Italo Rossi, CONAF

- Jan Koster, Aprobosque
- Jorge Calderón, CRULAMM
- José Luis Catalán, Asociación carpinteros patrimoniales de Chiloé
- Juan Alberto Barrera, UDEC
- Juan Pedro Elissetche, Universidad de Concepción
- Julio Torres, Colegio de Ingenieros forestales
- Katerine Araya, Restauración Patrimonial Chiloé
- Katherine Martínez, CCI
- Luis Bass, CChC
- Luis Felipe González, UTFSM
- Luis Gianelli, CONAF
- Marcela Bustamante, Universidad de Concepción
- Marcial Colin, Dirigente mapuche, Consejero Conadi
- Marcos Brito, Construye 2025
- María Cecilia Poblete, Universidad del Biobío
- Mario Hermosilla, Sociedad Nacional Forestal
- Mario Lara, Lendlease
- Martin Puppe, Universidad Católica de Temuco
- Matthias Glösslein, Universidad de la Frontera
- Mauricio Galleguillos, Universidad de Chile, CR2
- Michel Esquerre, Pymemad Nacional
- Miguel González, VOIPIR
- Nicolas Gordon, CMPC
- Omar Jofré, MUCECH
- Pablo Donoso, Universidad Austral de Chile
- Pablo Mieres, CORMA
- Regina Massai, FSC Chile
- Rene Muñoz, Acofor
- René Reyes, Agrupación de Ingenieros Forestales por el Bosque Nativo
- Roberto Cornejo, Colegio Ingenieros Forestales
- Roberto Pizarro, Universidad de Talca
- Rodolfo Tirado, Ignisterra
- Rodrigo Navia, Universidad de la Frontera
- Rodrigo O'Ryan, Asociación Chilena Biomasa
- Rodrigo Valenzuela, PROCHILE
- Rosemarie Garay Moena, Universidad de Chile
- Sebastián Hernández, Stora Enso
- Soledad Vial, Arauco

- Susana Jara Díaz, MINVU
- Víctor Sandoval, Pymemad
- Victoria Saud, CORMA

**Expertos Invitados:**

- Alberto Alaníz, Universidad de Chile
- Alicia Ortega, Aprobosque
- Andreas Michanickl, Universidad de Rosenheim, Alemania
- Aniceto Norin, Autoridad ancestral - Logko mapuche
- Carla Castro, CONAF
- Carlos Aravena, Chile Haus
- Carlos Buchner, INFOR
- Catalina Cuevas, PROCHILE
- Cesar Ancalaf, Poeta mapuche
- Claudia Umaña
- Daniel Vargas, Ministerio del Medio Ambiente
- Desiderio Millanao, FSC
- Eduardo Keim, Bioforest
- Efraín Duarte, ICF Honduras
- Ernesto Santibáñez, Universidad de Talca
- Fernando Bustamante, ARAUCO
- Fernando Illanes, Corporación Chilena de la Madera
- Francisco Fuchslocher, FOLIMAG
- Francisco Quitral, UFSM
- Francisco Vergara, UBB
- Gerardo Ludwig, Forestal Alihuen
- Gloria Vargas, Aprobosque
- Gonzalo Hernández, INFOR
- Guillermo Ríos,
- Gustavo Cabrera, Universidad de Concepción
- Helmut Keim, CORMA
- James Dolan, Washington State University
- Jan Koster, Aprobosque A.G.
- Jaqueline Gálvez, Inmobiliaria Gestión Urbana
- John Bouterse, Biogrowth Development
- Jorge Saavedra, CONAF
- José Pablo Jordán, CMPC
- Juan Carlos Carrillo, Forestal Mininco, CMPC
- Juan Pablo Flores, Ciren

- Julio Becker, CMPC, UDEC
- Kristiaan Tettero, Biogrowth Development
- Ludo Diels, VITO, Bélgica
- Luis Otero, FSC Chile, Universidad Austral de Chile
- Manuel Escudero
- Marc Delgado-Aguilar,Universidad de Girona, España
- Marcela Moya, PROCHILE
- Marcelo Gonzalez, Elige Madera
- Marcos Silva
- Maria Angelica Sandoval, Beotanics laboratory
- María de los Ángeles Zegers, Grupo Patagual
- Maria Eugenia Hermosilla, CFT Lota
- Mariana Soto, Centro de Envases y Embalajes
- Mario Yáñez, TECNOFAST
- Marjorie Martin, INFOR
- Martin Self, Architectural Association, Xylotek, UK
- Mathew Barnett Howland, CSK, UK
- Mauro González, Universidad de Chile
- Miguel Ángel Albornoz, Forest Center
- Miguel Ángel Pérez, IDIEM
- Miguel Bahamondes, FSC Chile
- Miguel Castillo, Universidad de Chile
- Montserrat Fonseca, MADERAS 21
- Nicolás Leal, LAPChile
- Olga Verdugo, DAS Profesionales
- Oliver Wilton, UCL
- Pablo Guindos, Pontificia Universidad Católica de Chile
- Pablo Vega, CIEC
- Paola Méndez, DAS Profesionales
- Raúl Irarrázaval, Ministerio Obras Públicas
- René Carmona, Universidad de Chile
- René Reyes Gallardo,INFOR
- Ricardo González, Universidad de la Frontera
- Rolando Hernandez, Universidad de concepción
- Ronnie de Camino, Forestry and Climate Change Fund
- Sabine Muller, Instituto Forestal
- Salvador Correa, e2eChile
- Sebastián Hernández, Stora Enso
- Sergio Acuña, Timbertechs
- Toms Svillans, CITA, Dinamarca

- Vicente Hernández, Universidad de Concepción
- Victor Palma, Fund. Imagen de Chile
- Xavier Irazoqui Oyarzabal
- Yuri González, Ingeniero Forestal

**Agradecimientos especiales:**

- Matías Ortíz Méndez, Asesor Jurídico Medio Ambiente Comité PPD, Senado de Chile
- Felipe Rivera, Asesor/Investigador Sección Estudios de la Biblioteca del Congreso Nacional

## Introducción

Chile está pasando por profundas transformaciones que obligan a revisar el funcionamiento de nuestra sociedad. El contexto tecnológico, ambiental y cultural, tanto a nivel local como global, ha cambiado generando nuevas exigencias de desempeño y nuevas reglas de conducta. Los desafíos de sostenibilidad global, particularmente las medidas para mitigar el cambio climático, van a requerir un enorme esfuerzo planetario para que el mundo deje atrás los combustibles fósiles. Esta transición hacia una bioeconomía, va a generar oportunidades de crecimiento para aquellos países capaces de cumplir con las exigencias internacionales, que se movilizan rápidamente hacia una mayor integración de aspectos ambientales y sociales.

Este contexto de cambios y nuevos estándares representa un campo de oportunidades y desafíos para la industria forestal, pues es un actor clave para lograr los nuevos equilibrios globales, ayudando a la reducción de emisiones y mitigación de los efectos de la crisis climática en diferentes sectores.

Uno de los sectores que necesita una reforma urgente es la construcción. Presenta problemas de sostenibilidad social, económica y, particularmente, ambiental, siendo uno de los grandes responsables del cambio climático con un 39% de las emisiones de $CO_2$ a nivel mundial. La madera, gracias a diversas características fisicoquímicas, ofrece una serie de ventajas que pueden dar una solución integral a la sostenibilidad de la edificación.

Otro sector clave que tendrá que modificar su operación es el de la manufactura. Es indudable que no podríamos haber llegado a este nivel de desarrollo sin los plásticos, pero también está claro que la actual escala de producción presenta problemas ambientales y, por lo tanto, el futuro va a necesitar materiales alternativos. Sin duda tenemos que reducir nuestro consumo y aumentar la reparación, la reutilización y el reciclaje, pero también tenemos que contar con una alternativa viable para enfrentar una creciente demanda. La materia prima que mejor se ajusta a estos desafíos, pues presenta una mayor versatilidad, disponibilidad y cantidad permanente de recursos, proviene del bosque, ya sea madera, corteza o sus componentes.

Los requisitos de sostenibilidad de diversos sectores manufactureros van a provocar un aumento de la demanda de madera, pero la oferta presenta sus propios desafíos, donde la sostenibilidad debe ser el principal objetivo. Los problemas multidimensionales que afectan a la zona centro sur del país y la pérdida de aprobación o aceptación social son evidencia de que el actual modelo está en crisis, dando cuenta de la necesidad de una reforma del sector forestal. Con el apoyo del Estado, el desempeño macroeconómico ha sido positivo durante las últimas tres décadas, pero ha postergado la inclusión de variables ambientales y sociales que hoy se han transformado en una exigencia para poder continuar. El nuevo modelo deberá lograrse con consideración y protección de otros servicios ecosistémicos, como también, de las comunidades donde se llevan a cabo sus operaciones, privilegiando productos que permitan el desarrollo local de la pyme, las instituciones de educación superior, los pueblos originarios, la institucionalidad estatal forestal, y así generar una nueva relación entre el sector forestal y la sociedad, en que ambos se vean beneficiados.

La velocidad de cambio a nivel local y global, frecuentemente sobrepasa la capacidad de respuesta de nuestras instituciones, obligando a implementar soluciones reactivas. La Comisión de Desafíos del Futuro del Senado busca representar un espacio de pausa para analizar temas complejos con una mirada sistémica a largo plazo. Con este propósito, la Comisión ha desarrollado una fuerte relación con el mundo de la ciencia y ha promovido la participación de un amplio espectro de actores que permitan analizar y proponer soluciones consensuadas, pensando el futuro desde el conocimiento científico y el saber colectivo de la sociedad.

Hoy existe evidencia y conciencia del impacto del sector forestal en el territorio y nos vemos enfrentados a la necesidad de contar con un modelo de desarrollo sostenible que pueda equilibrar las variables ambientales, económicas y sociales, y cumplir con los desafíos locales y globales dell país. Se hace necesario incluir variables ambientales, como el agua y la biodiversidad, y sociales, como el impacto sobre las comunidades, sus culturas y su asentamiento, que permitan que la actividad forestal sea compatible con otras necesidades del territorio. También se deberá trabajar con el objetivo de valorar diversos productos que permitan el desarrollo de las regiones y comunidades donde se realiza la actividad y propiciar un desarrollo sostenible, distribuido social y territorialmente.

El sector forestal nacional está llamado a tener un rol protagónico en la sostenibilidad del país. Para esto la comisión "Futuro Forestal para un Chile Sostenible", representa un espacio para generar un nuevo acuerdo entre actores de la academia, la industria, el estado y la sociedad civil, que permita reposicionar el sector forestal como pieza clave para alcanzar la sostenibilidad del país.

## I. Proceso

La Comisión de Desafíos del Futuro, Ciencia, Tecnología e Innovación del Senado de Chile, es la instancia institucional del congreso chileno que ha buscado pensar en clave política y parlamentaria los temas emergentes que marcarán el futuro de nuestra sociedad y del planeta. La Comisión se ha ido transformando progresivamente en un actor relevante y crucial del ecosistema de innovación y desarrollo científico del país, logrando consensos que rebasan el ámbito meramente normativo para permear a las políticas públicas de Estado. La comisión es un espacio abierto, dialogante, horizontal y de grandes acuerdos nacionales e incluso internacionales, donde participan de manera regular actores del mundo científico-académico, empresarial, de la sociedad civil y político.

Al alero de esta instancia legislativa, en marzo de 2021 se conformó la comisión "Futuro Forestal para un Chile Sostenible", a la cual se le encomendó avanzar en la elaboración de una estrategia nacional de desarrollo forestal integral. El encargo lo asumió la Universidad de Concepción en conjunto con el Centro Tecnológico para la Innovación en la Construcción (Ctec), para lo cual se con-

formó un equipo ejecutivo de trabajo compuesto por Valentina Torres, Camila Flores Jara y Frane Zilic.

A nivel nacional es difícil pensar en un sector productivo más complejo que el forestal. Abarca millones de hectáreas distribuidas en gran parte del país, con conflictos ambientales, sociales y económicos y con una carga política histórica. Para estructurar la discusión se definieron cinco mesas temáticas, las cuales se conformaron tomando en consideración la diversidad y equilibrio sectorial, tanto desde un punto de vista territorial, institucional como de género. Al conformarse la comisión, el equipo ejecutivo acordó un calendario de temas a tratar semanalmente durante tres meses y escogió un coordinador para cada mesa de trabajo. Las reuniones se llevaron a cabo de forma virtual y sincrónica, las que fueron grabadas, transmitidas por streaming y publicadas a través de la página de Senado TV. Para la discusión de cada tema se invitaron a expertos nacionales e internacionales y se sistematizó la participación de los miembros a través de tableros virtuales colaborativos. Durante esta primera etapa, se realizaron 132 presentaciones, con una participación total de 170 participantes activos. Las mesas de trabajo iniciales y sus propósitos fueron los siguientes:

Construcción en madera (Coordinadora Carolina Briones): La madera ofrece características que permiten mejorar diversos requisitos de sustentabilidad de la construcción y, potencialmente, puede generar una demanda importante de madera. La mesa de construcción en madera estuvo a cargo de dimensionar la demanda para luego avanzar en la detección de las condiciones que permitan reposicionar la madera como un material moderno, durable y sostenible.

Nativo Sostenible (Coordinador Patricio Toledo): El cometido de esta mesa fue detectar elementos clave para una estrategia de desarrollo de productos de alto valor agregado a partir del bosque nativo manejado sosteniblemente. Se cuantificó y caracterizó la demanda, y también se detectaron las medidas pendientes para fomentar el desarrollo de una economía local sostenible a partir del bosque nativo.

Fibras, lignina y extraíbles (Coordinador Alex Berg): En esta mesa se hizo un análisis de las diversas aplicaciones a partir de derivados de la madera, detectando las oportunidades y necesidades que plantea el desarrollo sostenible. A los usos ya conocidos como papel, cartón, tissue, tableros y energía, se sumaron nuevas posibilidades

como la fibra textil, aislación térmica, nanocelulosa, bioplásticos y otros procesos relevantes para la sostenibilidad del país.

Tecnología (Coordinadora Mariela Reyes): Esta mesa tuvo el desafío de hacer un análisis prospectivo de las oportunidades de desarrollo del sector, basado en el uso y desarrollo de tecnología. La discusión abarcó todas las etapas de la cadena, desde el manejo territorial hasta la producción de bienes, considerando la compra, adaptación y desarrollo de tecnología local, así como las posibles barreras o incentivos normativos que pueden condicionar su desarrollo.

Ecosistemas (Coordinador José Pablo Undurraga): En un escenario de aumento de la demanda, existirá mayor presión sobre los ecosistemas naturales y las comunidades locales. En esta mesa exploraron temas vinculados con el agua, los incendios y la biodiversidad, los pueblos originarios, la descentralización, la desconcentración y el encadenamiento productivo, tanto del manejo de plantaciones como de bosque nativo.

Esta primera etapa tuvo como resultado un informe parcial por cada una de las cinco mesas, en el que se agruparon las propuestas según cinco ejes de trabajo que emergieron del debate:

- Normativas, Estándares y Certificación.
- Gobernanza e Infraestructura Habilitante.
- Formación.
- Difusión, Fomento y Pilotaje.
- Investigación y Desarrollo.

En la segunda etapa, se conformaron cuatro mesas sectoriales (Estado, Sociedad, Empresa y Academia), para ordenar y priorizar las propuestas recibidas de cada una de las mesas temáticas. La primera etapa buscó una mirada y reflexión transversal y amplia, mientras que la segunda etapa buscó reducir la diversidad de opiniones generando visiones sectoriales. Para esto cada mesa estuvo conformada por 5 expertos representativos de cada subsector.

Para facilitar la redacción del informe final, cada mesa sectorial escogió un representante para participar como redactor en la tercera y última etapa. Mediante este proceso se estableció la conformación de la comisión redactora, integrada por Rodrigo Mujica, en representación del sector público; José Pablo Undurraga, por parte de la sociedad civil; Patricio Toledo, representando al sector privado; Álvaro Promis, como representante de la Academia y Frane Zilic, como editor. La comisión redactora analizó las pro-

puestas priorizadas por cada sector, detectó los puntos comunes y las sintetizó en una nueva redacción representativa de las distintas visiones sectoriales.

Finalmente, las propuestas consensuadas y sintetizadas fueron organizadas de acuerdo a desafíos futuros del país, que se relacionan con las mesas temáticas iniciales. Cada desafío fue encargado a un redactor para generar un contexto general y una explicación breve de la propuesta.

## II. Contexto internacional

Los principios que orientan las leyes y las políticas públicas buscan entregar justificaciones a determinadas acciones y, por lo tanto, entregan argumentos, remitidos finalmente a principios éticos, para llevar adelante cambios o para mantener la situación actual. Muchos de estos principios éticos encuentran su sustento en valores universales, planteados como anteriores al ser humano, como es el caso de los Derechos Humanos. En otros casos los argumentos son presentados como objetivos socialmente legítimos, que se expresan en grandes acuerdos o pactos sociales, como por ejemplo una Constitución, que entregan cohesión para hacer posible la vida en sociedad con objetivos comunes.

Una política basada exclusivamente en la ciencia, sin participación social, discusión democrática y valores que la orienten, es una norma tecnocrática, no enraizada en la vida y sentido de las personas; por otro lado una política sin evidencia científica, es simplemente un precepto moral sin arraigo en la realidad. Es justamente buscando esta intersección entre saber y principios, que se analizaron diversas políticas forestales de países que lideran este sector, que permitieron encontrar determinados elementos comunes que orientan sus políticas.

### II. 1. Derechos Humanos

La crisis climática es el mayor desafío civilizatorio en la historia de la humanidad. Esto requiere la acción conjunta de todos los Estados y personas que habitan el planeta y los Derechos Humanos representan la principal fuente de legitimidad ética para su coordinación global. Las legislaciones y políticas forestales de seis de las naciones más importantes del mundo en este sector (Ca-

nadá, Finlandia, Noruega, Suecia, Alemania y Nueva Zelanda) encuentran su inspiración y legitimidad en los principios emanados del sistema de los Derechos Humanos de las Naciones Unidas. Estos países aceptan en el diseño de sus políticas las definiciones que emanan de este organismo, como es el principio de Desarrollo Sostenible. De esta forma, asumen compromisos que van más allá de la tradicional pugna entre conservacionismo y crecimiento económico, incorporando la dimensión social como parte esencial de la sostenibilidad. Esto se traduce principalmente en dos dimensiones al momento de trabajar una propuesta legislativa para el sector forestal:

- Solidaridad intergeneracional: Pensar nuestras acciones en un horizonte a largo plazo incorporando la preocupación por las posibilidades de desarrollo de las generaciones futuras. En la legislación de los países analizados la mirada de la Solidaridad Intergeneracional se expresa en estrategias complementarias de conservación, compensación y reforestación. La conservación y la compensación permiten proteger ciertas fuentes de diversidad biológica u ofertas de servicios ecosistémicos, aislándolas de los intereses económicos, ya sea por prohibición o por incentivo económico. La reforestación permite la recuperación de suelos degradados o frágiles, evitando la erosión o el avance de la desertificación.
- Multidimensionalidad del desarrollo: Consideración y equilibrio entre el crecimiento económico, la equidad social y la protección ambiental, entendiendo que cualquier desbalance reduce o anula la efectividad de las otras. La dimensión económica reconoce la necesidad de generar ingresos que permitan mantener el ciclo productivo sin poner en riesgo su viabilidad futura. La dimensión social se manifiesta en el aprovechamiento de los beneficios de la producción forestal por parte de la población, considerando el resguardo de la salud, la cultura, la identidad y la actividad humana. En el caso medioambiental, el foco está puesto en la mitigación y adaptación al cambio climático, particularmente aplicado a la desertificación, la degradación del suelo, la pérdida de diversidad biológica. En todos los países analizados los organismos públicos resguardan y controlan la redistribución de beneficios sociales del desarrollo, el impulso a la innovación productiva y la protección de los ecosistemas con importancia biológica. La multidimensionalidad implica, por

tanto, un cambio en la gobernanza del sector, con un compromiso de articulación y diálogo entre el Estado, las empresas y la sociedad civil, para lograr acuerdos y una regulación mutua.

### II. 2. Objetivos Sociales Legítimos

Una segunda fuente de principios éticos radica en los Objetivos Sociales Legítimos. Estos representan tradiciones particulares de una sociedad en un momento determinado, y constituyen consensos basados en valores comunes, con respecto a objetivos compartidos que pueden ser abstractos, como el desarrollo o el bienestar, o pueden ser pragmáticos, como la renta básica, el ingreso per cápita u otro indicador cuantificable.

En el sector forestal, los Objetivos Sociales Legítimos hacen referencia a la valoración social y el grado de legitimidad que tienen la industria y el Estado, como garantes del beneficio social y el bienestar humano. Sin legitimidad, no existen horizontes comunes y se afecta la definición de bienes públicos, la priorización política, la definición de presupuestos y la cohesión social.

Al revisar la legislación de los países de referencia, se observan coincidencias en los objetivos, que se presentan como metas socialmente compartidas. De esta forma, los Objetivos Compartidos al estar definidos como el arreglo racional entre medios y fines, definen el rol que le compete al conocimiento científico en el diseño de las políticas y la gobernanza de los recursos naturales. El acercamiento entre política y ciencia permite que la política pueda decidir con evidencias y no con prejuicios o intereses particulares, y también que la ciencia pueda impactar tanto social, económica y ambientalmente.

Dos son las fuentes desde donde el conocimiento científico está entregando insumos a las políticas públicas.

- Estándares técnicos: Provienen principalmente de relaciones internacionales, fruto de la cooperación o de la integración, que entregan indicadores internacionales de medición de la efectividad de las políticas forestales.
- Decisiones basadas en la ciencia: Permite actuar sobre el territorio en base a evidencia y conocimiento, que se materializa en dos campos en los países analizados, como es la gobernanza basada en evidencia y, por otro lado, en las estrategias de innovación que entreguen valor agregado a productos primarios.

Aquí se concentran los principales esfuerzos de las políticas forestales analizadas, que entienden la actividad como una bioeconomía, es decir, la gestión de recursos forestales renovables y sostenibles, para productos y servicios con valor agregado.

- La definición de objetivos socialmente legítimos no se sustenta exclusivamente en principios racionales, sino que dan cuenta de ciertas particularidades culturales de cada país, que dan sustento a la cohesión social, proyectándose como acciones que resultan significativas para las personas. Como todas las ideas que componen un repertorio cultural, los valores comunes están sujetos a tensiones y cambios, fruto de los acuerdos que se tomen para hacer viable una idea de vida en común. Es por ello que en las diferentes legislaciones y políticas analizadas se encuentran una gama amplia de respuestas a estas preguntas, que reflejan la diversidad de historias y tradiciones. Sin embargo, se pueden detectar dos ámbitos recurrentes.
- Bienes comunes: Se entienden como un patrimonio que amerita ser protegido y resguardado, generalmente por entidades estatales, regionales, locales o comunitarias. Sus límites son amplios ya que pueden ser bienes materiales o inmateriales, que incluso pueden llegar a abarcar definiciones jurídicas respecto a la estructura de propiedad y gestión de los bosques.
- Interculturalidad: Aquellos países analizados más heterogéneos, se observa un reconocimiento de una composición diversa en términos culturales, étnicos o nacionales. En el caso del sector forestal, ello implica aceptar que para algunas culturas los bosques no sólo representan una base material de producción económica, sino que también pueden ser una fuente de espiritualidad, de desarrollo social y de autonomía. En los casos estudiados, la integración ha ayudado a bajar las tensiones y alinear esfuerzos comunes a estrategias de desarrollo sostenible. En los casos contrarios, ha llevado a una judicialización nacional e internacional con la consecuente pérdida de reputación internacional.

A modo de resumen, la experiencia comparada muestra que una política forestal debe encontrar su encuadre ético, el cual está conformado por diversos componentes. Primero, valores universales como son los Derechos Humanos, que a través del concepto de Desarrollo Sostenible provee de un marco general de principios orientativos, como son su horizonte temporal (solidaridad interge-

neracional) y las dimensiones de la sostenibilidad (económica, social y medioambiental). Segundo, la definición de objetivos socialmente legítimos, ya sea a través de metas racionales en función de la determinación de fines y medios a través del rol que le cabe al conocimiento científico (estándares técnicos y rol de la ciencia en las decisiones políticas); como también, la definición de valores culturales propios de una sociedad, que definen aquellos bienes comunes y formas de relacionarse con los bosques más allá de la racionalidad económica.

## III. Desafíos futuros

Los desafíos aquí presentados, están vinculados con la sostenibilidad ambiental, económica y social del sector forestal como de los otros sectores con que se intersecta y que dependen del uso de madera para mejorar sus indicadores[1]. Esta mirada intersectorial abre la posibilidad de acordar un propósito para la actividad forestal maderera que vaya más allá de lo económico, que plantea el desafío de proveer madera con un compromiso en el bienestar de las comunidades locales y el cuidado del medio ambiente. De esta forma, el Desarrollo Sostenible debe ser la piedra angular de los desafíos del sector forestal y de las formas de relacionarse con los otros sectores de la economía

El principal desafío del sector forestal se vincula a la necesidad de generar un crecimiento sostenible que sea distribuido social y territorialmente, tanto en sus beneficios como en sus riesgos. Por su extensión y versatilidad, el sector forestal tiene el potencial de ofrecer más empleos de calidad en una parte significativa del país y una rentabilidad atractiva desde la perspectiva empresarial, que bien distribuida y gestionada, representa una fuente de bienestar de comunidades y territorios. Es en la conjugación de crecimiento económico, bienestar social y cuidado del medio ambiente donde el sector forestal debe orientar sus políticas y acciones, que permita recobrar su aceptación por parte de la sociedad y pueda así jugar su rol en la mantención de los servicios ecosistémicos como

[1] El sector forestal es altamente complejo, por lo que pueden existir diversos desafíos que no están expresados directamente acá. Es imposible prever cuáles van a ser los desafíos que tendremos a futuro por lo que el ejercicio presente no pretende ser exhaustivo ni definitivo

en la reducción de las emisiones de CO2. Esto implica cumplir con nuevos criterios de sostenibilidad, incorporando estándares técnicos basados en el conocimiento científico e impactar en el bienestar de las comunidades locales mejorando su relación con éstas.

Respecto a su impacto en otras áreas de la economía, un primer desafío apunta a su impacto en la construcción sostenible. Actualmente, la industria de la construcción usa más materia prima que todas las otras industrias combinadas, siendo responsable del 40% de las emisiones de CO2 y del 34% de todos los desechos generados. Adicionalmente, el déficit de viviendas no se logra disminuir con la tasa de construcción actual, lo que implica la necesidad de aumentar la construcción aumentando el riesgo de agravar el impacto ambiental. Lograr una construcción sostenible es un desafío país en el que la madera puede aportar reduciendo las emisiones de CO2 y aportando significativamente a la solución de múltiples problemas sectoriales.

Otro gran desafío a nivel país, guarda relación con dejar de depender de combustibles fósiles, tanto para la generación de energía como para la producción de plásticos presentes en envases, telas y otros objetos de uso diario. Nuevamente la madera con su versatilidad, puede jugar un rol importante en la solución, el que además representa un campo fértil para la innovación y desarrollo científico de materiales amigables con el medio ambiente.

Un tercer desafío que se plantea, es la revalorización de la madera como un material de alta calidad. Para esto, la creación de objetos y mobiliario en base a madera ofrece posibilidades interesantes, ya que permite todas las escalas productivas, distribuidas en el territorio, con un alto valor agregado y un bajo impacto ambiental, además de ser un campo para la generación de valor agregado, que puede ayudar al uso intensivo y no extensivo de los bosques.

Los desafíos anteriores no solo plantean la necesidad de aumentar el consumo de madera en Chile, sino también, la necesidad de diversificar la oferta, generar valor en torno a ella y mejorar su gestión medioambiental. Cada desafío, incluso cada producto, requiere madera con propiedades fisicoquímicas específicas, lo que va a provocar demanda por una diversidad de especies, que en la medida que encuentre su campo para desarrollarse, ayudará a salir de la trampa del monocultivo, dando un salto hacia la generación de valor en torno a la diversidad de especies, calidad del

recurso y su uso innovador.

En las siguientes secciones se describirán los desafíos de cada sector de la economía, partiendo de los riesgos y problemas que la aquejan, y cómo el sector forestal puede contribuir a su solución de manera sostenible, terminando con los desafíos propios de la silvicultura y del manejo de los bosques nativos y de las plantaciones forestales, para poder responder a estos requerimientos. Al final de cada sección, se encontrarán las propuestas de solución, las que serán desarrolladas en el siguiente capítulo de manera individual para evitar repeticiones.

## IV. Construcción sostenible

La industria de la construcción es uno de los sectores más relevantes en el Producto Interno Bruto (PIB). Sin embargo, pese a la importancia económica del sector, los indicadores ambientales y sociales muestran que no es sostenible y que representa un gran desafío para el país, en especial ante el creciente déficit de viviendas.

En términos ambientales, considerando tanto la producción de materiales para la construcción y el uso de diferentes inmuebles, el 2019 la construcción consumió el 35% de la energía total y generó el 38% de todas las emisiones de CO2 del planeta[2]. La construcción consume el 40% de las materias primas del mundo, superando a todos los demás sectores combinados (USGBC 2002). También produce alrededor del 35,9% de los residuos de Europa (Eurostat 2018). Socialmente, la situación es igualmente preocupante. La industria secundaria que agrupa, entre otros sectores, a la construcción, cuenta con un 9,8% de participación femenina y muestra un 27% de brecha salarial[3]. Presenta también una alta tasa de accidentabilidad y mortalidad, que se suma al envejecimiento acelerado de la mano de obra, por ser un entorno de trabajo pesado y con bajo nivel tecnológico. Económicamente, la evaluación de la industria de la construcción también muestra un panorama preocupante. En 2016, el informe de Clapes UC indicó que la productividad de la construcción tuvo un crecimiento nulo en los últimos 20 años y que, en

[2] Global Alliance for Buildings and Construction (GlobalABC). (2020). GLOBAL STATUS REPORT FOR BUILDINGS AND CONSTRUCTION.

[3] INE. Nueva Encuesta Suplementaria de Ingresos, trimestre OND 2012.

comparación con el resto de la economía del país, generó pérdidas anuales del orden del 1,5% del PIB entre 1996 y 2016.

La demanda de vivienda a nivel país y los requerimientos internacionales de sostenibilidad van a obligar a cambiar la manera en la que está trabajando la industria de la construcción. En Chile se elaboró una estrategia nacional de huella de carbono en construcción que indica que para el año 2030, todos los edificios y la infraestructura nueva tendrán al menos un 40% menos de carbono incorporado. Para el 2050, todos los edificios nuevos, la infraestructura y las renovaciones tendrán que ser carbono neutral.

Actualmente, el déficit cuantitativo de viviendas en Chile supera las 425.660 unidades[4], cantidad que se ha visto en aumento en la última década, con un incremento de más de 81.000 familias en campamentos producto de la pandemia. Hoy en día, se destina el 4,4% del total de las edificaciones a resolver el déficit y si se mantiene esa tasa, la necesidad actual se supliría en un periodo superior a 80 años.

En resumen, no solo se tendrá que construir con menos emisiones, sino que también se tendrá que construir más. La industria de la construcción necesita urgentemente una alternativa diferente que permita aumentar la tasa de construcción, con menos impacto y mayor rapidez, haciendo viable su sostenibilidad. La industrialización de la construcción prefabricada representa una oportunidad de solución a estos riesgos y problemas del sector, pues permite mejorar la seguridad laboral, la empleabilidad femenina, la precisión, la calidad y la productividad, reduciendo los tiempos y los costos. Para llevar a cabo esta industrialización de la construcción solo existen en la actualidad tres materiales estructurales disponibles: hormigón, acero y madera. De estos, el que presenta la mejor evidencia de sostenibilidad es la madera, pues es un material renovable, reciclable, de bajo impacto energético, aislante, liviano pero altamente resistente y que además absorbe carbono durante su crecimiento. Además, usada en la construcción permite más fácilmente la industrialización de este recurso y es ideal para una economía circular, porque se facilita el mantenimiento, la reparación, la reutilización, el reacondicionamiento, el reciclaje y,

[4] Cámara Chilena de la Construcción. [et al.]. Internet. Déficit habitacional: un desafío pendiente. Chile: Santiago, 2019.

eventualmente, se degrada sin causar daños al medio ambiente.

El objetivo de este desafío es lograr la sostenibilidad de la construcción y la madera, presenta la mejor hipótesis para lograrlo. Esa hipótesis depende de los otros desafíos de este documento, que no pueden verse como iniciativas aisladas. A partir del trabajo realizado por la comisión "Futuro Forestal para un Chile Sostenible" se levantaron las siguientes propuestas que inciden en este desafío:

**Propuestas para la construcción sostenible**

**Difusión, Fomento y Pilotaje**

- p1. fomento a la industrialización de pymes, incorporando tecnologías locales.
- p2. fomento al desarrollo de nuevos productos.
- p7. difusión de las ventajas de la construcción en madera
- p8. fomento para la construcción industrializada en madera.

**Investigación Y Desarrollo**

- p9. incentivar la colaboración inter-sectorial
- p13. desarrollar productos de ingeniería
- p14. i+d+i para métodos modernos de construcción en madera
- p15. edificación de bajo impacto
- p17. desarrollo de nuevas tecnologías locales para el sector forestal

**Normativa y Certificación**

- p25. instrumentos para fomentar la construcción en madera
- p26. marco regulatorio fortalecido para la construcción sostenible

**Formación**

- p28. programa de formación técnica / profesional
- p29. formación en innovación en madera, derivados y gestión de servicios ambientales.
- p30. programas de capacitación integral desde el bosque hasta productos para técnicos y profesionales.

**Gobernanza e Infraestructura Habilitante**

- p35. comité multisectorial transversal a gobiernos.

## V. Nuevos materiales para una bioeconomía

El informe del IPCC 2021 plantea la necesidad urgente de dejar atrás el consumo de petróleo y gas. Los compromisos internacionales vinculantes en esta materia se están implementando en regulaciones nacionales que nos obligarán a encontrar nuevos materiales y nuevas fuentes de energía para reemplazar lo que hoy se obtiene a partir de materias primas fósiles.

La matriz energética primaria chilena se abastece principalmente de crudo de petróleo, en segundo lugar, de biomasa forestal[5] y, luego, de carbón y gas. Sin duda este sector tendrá que migrar hacia fuentes de energía renovable. Existirá espacio para el desarrollo de nuevas generaciones de biocombustibles sólidos, líquidos y gaseosos a partir de subproductos del manejo forestal, que permitirán contar con una fuente de energía carbono neutral. Eventualmente, se prevé una fuerte irrupción de la energía solar y el hidrógeno verde, con lo cual se liberará biomasa, principalmente leña, aserrín y corteza para otros fines de mayor valor agregado y con un tiempo de captura de carbono más prolongado.

De todos los plásticos que se han generado a nivel global en los últimos 70 años (8.300 millones de toneladas), el 6% ha sido reciclado alguna vez y solo el 1,2% se ha conseguido reciclar dos veces o más, el 59% ha terminado en vertederos y el 8,4% ha sido incinerado. El consumo de plástico en Chile es cercano a 1.040.000 toneladas anuales (54 kg/habitante/año)[6]. Este material de origen fósil en la mayoría de los casos, es usado por muy poco tiempo. Sin embargo, debido a su alta estabilidad, tiene una degradación extremadamente lenta, generando un problema creciente de contaminación ambiental.

Por otra parte, el sector de la construcción plantea desafíos y posibilidades también para el uso de fibra de origen forestal. Actualmente, la aislación térmica que se usa en Chile es casi integralmente de origen mineral y fósil. Los nuevos estándares requerirán viviendas más eficientes, con mayor aislación e incluso se deberá hacer reacondicionamiento de las viviendas existentes. Ese vo-

[5] Política energética de Chile 2050, Ministerio de Energía.

[6] ASIPLA, 2020. Diagnóstico y propuesta APL potenciando la demanda de resinas plásticas recicladas.

lumen de aislación representa una oportunidad de almacenar carbono por un largo tiempo. Esto requerirá desarrollar e innovar en productos a partir de especies arbóreas plantadas y nativas, usando subproductos de transformaciones con mayor potencial de valor agregado, y con foco en la creación y desarrollo de PyMEs de base tecnológica.

Chile está en el momento adecuado para enfrentar este desafío y ofrece oportunidades únicas para asumir una posición de liderazgo a nivel regional. Particularmente, se destaca la posibilidad de desarrollar una "química verde", sacando provecho de la producción nacional de "hidrógeno verde" y la disponibilidad de "carbono verde" proveniente del bosque. Podremos reemplazar materiales plásticos fósiles por fibras de celulosa, impulsar el uso de lignina y extractos de corteza como insumo de resinas, y desarrollar aditivos alimenticios, farmacológicos e industriales en base a compuestos bioactivos y nanofibras de celulosa, entre otros. A partir del trabajo realizado por la comisión "Futuro Forestal para un Chile Sostenible" se levantaron las siguientes propuestas:

### Propuestas para los nuevos materiales para una bioeconomía

**Difusión, Fomento y Pilotaje**

- p1. fomento a la industrialización de pymes, incorporando tecnologías locales.
- p2. fomento al desarrollo de nuevos productos.
- p3. difusión de las ventajas del uso de productos y subproductos del paisaje forestal.

**Investigación Y Desarrollo**

- p9. incentivar la colaboración inter-sectorial.
- p12. desarrollar productos a partir de componentes de la madera.
- p13. desarrollar productos de ingeniería.
- p17. desarrollo de nuevas tecnologías locales para el sector forestal.

**Normativa y Certificación**

- p24. un mercado certificado y transparente para la venta de biocombustibles.

**Formación**

- p28. programa de formación técnica / profesional.
- p29. formación en innovación en madera, derivados y gestión de servicios ambientales.

- p30. programas de capacitación integral desde el bosque hasta productos para técnicos y profesionales.

## VI. Nuevos productos basados en madera nativa

La capacidad de captura de carbono de los ecosistemas terrestres cumple un rol de suma importancia frente a la crisis climática. Los ecosistemas forestales, bosques, plantaciones forestales[7] y árboles en general, tienen la capacidad de capturar y fijar el CO2 a través de la acumulación de biomasa aérea y subterránea, por lo que la madera es un sumidero natural de carbono durante toda su vida útil. Para que esta función sea efectiva, habrá que apuntar hacia la optimización y uso racional de la madera, de manera de poder retener el carbono acumulado por medio de productos con larga vida útil.

La sociedad, ya sea por su crecimiento o por la necesidad de reemplazar otros materiales, requerirá más madera en un futuro cercano. Nuestro país cuenta con un poco más de 14 millones de hectáreas de ecosistemas boscosos y un poco más de 2,3 millones de hectáreas de plantaciones forestales. Si bien las plantaciones son muy eficientes, generando el 99% de la madera que se usa, el crecimiento de la demanda no puede satisfacerse a partir de las plantaciones, ya que su expansión está limitada por restricciones ambientales y sociales.

El manejo de bosques nativos, es una actividad que la humanidad ha hecho durante siglos y representa la base de muchos valores culturales de nuestros pueblos originarios y constituyen bienes comunes para la sociedad. En nuestro país hay claros ejemplos de diferentes actores y propietarios que han realizado esta actividad con los más altos estándares ambientales y sociales, contribuyendo a la conservación y sostenibilidad de este recurso. Se ha podido combinar la función de producción con otros aspectos igualmente relevantes, como es la conservación de la biodiversidad, producción de agua, servicios ecosistémicos del bosque como, también, ser espacios para el esparcimiento, deporte, la salud mental y la educación.

[7] CONAF, 2017. Catastro de los Recursos Vegetacionales Nativos de Chile, Monitoreo de Cambios y Actualizaciones

Los productos de madera nativa permiten generar una economía basada en el alto valor agregado, desarrollada fundamentalmente por pequeñas y medianas empresas distribuidas en el territorio. Este enfoque centrado en su alto valor agregado requerirá mejorar la calidad y diseño de los productos, que permite incorporar nuevas tecnologías como la robótica, el diseño digital, las energías renovables no convencionales, comercio digital y economía circular, posibilitando dar un salto productivo.

Esto generará como consecuencia una nueva industria potente, más resiliente, con empleos de alto nivel y construida a partir de una materia prima endémica en el país, que puede posicionar internacionalmente al país por su producción de calidad. Adicionalmente, constituye una alternativa para el reemplazo de los elementos de plástico y las importaciones de productos terminados bajos en calidad y poco respetuosos del medioambiente.

Para lograr este desafío se identificaron aspectos críticos como el diseño, el uso de nuevas tecnologías para la fibra, las tecnologías de manufactura de vanguardia, nuevos canales de comercialización digital y el desarrollo de sellos o certificaciones locales. También se requerirán esfuerzos de formación de oficios, profesionalización de la industria y difusión a la sociedad civil de las ventajas del manejo sostenible de bosque nativo. Para trabajar este desafío se plantearon las siguientes propuestas:

**Propuestas para nuevos productos basados en madera nativa**

**Difusión, Fomento y Pilotaje**

- p2. fomento al desarrollo de nuevos productos
- p3. difusión de las ventajas del uso de productos y subproductos del paisaje forestal.
- p4. valorizar los servicios ecosistémicos del bosque y de las plantaciones forestales.
- p5. fomento al manejo sustentable del bosque nativo.

**Investigación y Desarrollo**

- p9. incentivar la colaboración inter-sectorial.
- p10. planes de manejo predial para producción de madera y servicios ecosistémicos
- p11. inversión en i+d de largo plazo de ecosistemas forestales.
- p16. i+d en productos de madera sólida.
- p17. desarrollo de nuevas tecnologías locales para el sector forestal.

**Normativa y Certificación**

- p18. reconocimiento de los servicios ecosistémicos.
- p19. mejoras al fomento de bosque nativo.
- p24. un mercado certificado y transparente para la venta de biocombustibles.

**Formación**

- p27. educación en sustentabilidad y ecosistemas forestales en niveles pre escolar y escolar.
- p28. programa de formación técnica / profesional.
- p30. programas de capacitación integral desde el bosque hasta productos para técnicos y profesionales.

**Gobernanza e Infraestructura Habilitante**

- p33. una institucionalidad forestal fortalecida: creación de la subsecretaría forestal
- p34. una institucionalidad forestal fortalecida: creación de un servicio nacional forestal público.
- p35. comité multisectorial transversal a gobiernos.
- p37. sistema de información geográfica.
- p38. capacidad avanzada de monitoreo, análisis y simulación.

## VII. Gestión sostenible del paisaje forestal

La sostenibilidad interna de ciertos sectores de la economía dan cuenta y respaldan de una demanda de madera que debería acrecentarse en los próximos años, para el cumplimiento de sus desafíos de sostenibilidad. Es por ello que el sector forestal juega un rol crucial para alcanzar un Desarrollo Sostenible a nivel país, para lo cual se hace necesario entender el impacto que esa demanda tendrá en los territorios y comunidades. El abastecimiento sostenible no es algo que pueda darse por sentado y será necesario encontrar la forma de manejar el paisaje forestal integrando variables que vayan más allá de lo económico. Los bosques nativos y las plantaciones forestales pueden generar una oferta de productos y servicios, directos e indirectos, que consideren las dimensiones ambientales, sociales y económicas, y de esta forma permitir equilibrar los ecosistemas asociados en una estructura, diversidad y función ecosistémica sostenible.

La "gestión sustentable del paisaje forestal" se plantea como la base y denominador común para la toma de decisiones respecto al uso de recursos forestales, considerando la producción en con-

junto con la conservación, donde las funciones, servicios y otros bienes no maderables amplían las opciones de desarrollo rural y territorial, abriendo una puerta al futuro forestal sostenible de Chile.

Chile posee 14,4 millones de hectáreas de bosque nativo, de las cuales 5,2 millones de hectáreas corresponden a dos tipos forestales: Roble-Raulí-Coihue y Lenga[8]. Con manejo sostenible se puede abastecer de madera para la fabricación de productos de alto valor agregado, creando grandes posibilidades de desarrollo social y encadenamiento de PyMEs. Al mismo tiempo, será necesario entender y valorar que los bosques nativos proveen un gran número de diferentes bienes y servicios, por lo que es imperativo recuperar la superficie de bosques nativos degradados por sobreexplotación o por la alta vulnerabilidad natural a los cambios globales. Adicionalmente, el carbono secuestrado producto del manejo sustentable podría ser una estrategia directa de la mitigación de gases de efecto invernadero, con lo que se podría apoyar el pago u otros incentivos económicos por los servicios ecosistémicos que proveen, como el agua y la biodiversidad.

Las plantaciones, por otro lado, cuentan con superficie instalada para atender una futura demanda de 2,0 millones de m3 de madera aserrada estructural, que se requerirá para la construcción de viviendas. Sin embargo, será necesario disminuir los impactos ambientales y sociales que han generado en su expansión y actual modelo productivo. El establecimiento en grandes superficies, el manejo en quebradas y la cosecha mediante grandes talas rasa han generado impactos negativos que ponen en riesgo la continuidad del sector y hacen peligrar la sostenibilidad futura de este recurso para el país.

Las cifras de demanda nacional planteadas por los desafíos de los otros sectores de la economía son alcanzables con una combinación de manejo del bosque nativo y de las plantaciones forestales de especies arbóreas exóticas y nativas. Sin embargo, será necesario reorientar la vocación primaria y exportadora del sector hacia un modelo de mayor valor agregado centrado en el mercado nacional, con un claro foco en la sostenibilidad. Para esto es pri-

[8] CONAF, 2017. Catastro de los Recursos Vegetacionales Nativos de Chile, Monitoreo de Cambios y Actualizaciones

mordial la restauración forestal a escala de paisaje, tipo mosaico, basado en diferentes usos de la tierra y diversidad de especies. También será necesario sumar a la sociedad civil, los pueblos originarios y la gobernanza regional y local del territorio, fortaleciendo una institucionalidad sectorial descentralizada, que debe constituir una agenda legislativa a corto y mediano plazo.

En conjunto con lo anterior, será importante perfeccionar técnica y operacionalmente los instrumentos de gestión forestal y ambiental, abordando estrategias diferenciadas entre plantaciones y bosque nativo, e incorporando un monitoreo integrado de variables de sostenibilidad compatibles con los diversos servicios ecosistémicos. En este sentido, es crucial la vinculación con el medio de las instituciones de educación superior, en especial las presentes en zonas forestales, pues es sobre la base del conocimiento científico y técnico que se reduce el riesgo de decisiones políticas y económicas contraproducentes, favoreciendo la gestión sustentable de un recurso estratégico, como son nuestros bosques y el paisaje forestal en su conjunto. Las propuestas para avanzar en este desafío son:

**Propuestas para una gestión sostenible del paisaje forestal**

**Difusión, Fomento y Pilotaje**

- p4. valorizar los servicios ecosistémicos del bosque y de las plantaciones forestales
- p6. forestación de terrenos con aptitud forestal.

**Investigación y Desarrollo**

- p9. incentivar la colaboración inter-sectorial.
- p10. planes de manejo predial para producción de madera y servicios ecosistémicos.
- p11. inversión en i+d de largo plazo de ecosistemas forestales.

**Normativa y Certificación**

- p18. reconocimiento de los servicios ecosistémicos.
- p20. gestión sustentable de plantaciones forestales.
- p21. adaptación al cambio climático.
- p22. restauración a escala de paisaje.
- p23. beneficios a la prestación de servicios ecosistémicos.
- Formación
- p27. educación en sustentabilidad y ecosistemas forestales en niveles pre escolar y escolar.

- p28. programa de formación técnica / profesional.
- p31. capacitación en uso de tecnología aplicada de vanguardia.
- p32. plan nacional de capacitación sobre adaptación y mitigación del cambio climático.

**Gobernanza e Infraestructura Habilitante**

- p33. una institucionalidad forestal fortalecida: creación de la subsecretaría forestal.
- p34. una institucionalidad forestal fortalecida: creación de un servicio nacional forestal público.
- p35. comité multisectorial transversal a gobiernos.
- p36. gestión descentralizada del territorio y sus ecosistemas forestales.
- p37. sistema de información geográfica.
- p38. capacidad avanzada de monitoreo, análisis y simulación
- p39. programa nacional de asesoría técnica y extensión forestal
- p40. plataforma de monitoreo del flujo de carbono en chile.

## VIII. Propuestas

Este capítulo ahonda en las propuestas para hacer frente a los cuatro desafíos antes reseñados. Su tratamiento de manera independiente responde al hecho de que dado que hay propuestas que afectan a múltiples desafíos de los diferentes sectores, se busca evitar repeticiones y para eso se organizaron en función de cinco ejes de acción que emergieron del debate de las mesas de trabajo:

Difusión, fomento y pilotaje: Acciones de comunicación hacia la sociedad y de aceleración en la toma de decisiones de las empresas, mediante incentivos y ejemplos.

Investigación y desarrollo: Bajo este eje se agrupan las medidas de creación de conocimiento teórico y aplicado necesarios para el desarrollo del sector.

Normativa y certificación: Propuestas vinculadas con el marco regulatorio y estándares.

Formación y educación: Acciones orientadas a la transmisión de conocimientos formales en diversos niveles académicos.

Gobernanza e infraestructura habilitante: Iniciativas vinculadas con la modificación de la gobernanza y con la creación de infraestructura pública que sea considerada como habilitante para poder desarrollar el sector.

Cabe señalar que estas propuestas están enunciadas en una ló-

gica de generar las condiciones de un Desarrollo Sostenible, racional (basado en la ciencia) y respetuoso de los valores culturales asociados al bosque y paisaje forestal. Por lo que estas propuestas y acciones representan un ecosistema virtuoso para que el sector forestal pueda planificar a largo plazo, recuperar su legitimidad social y responder a las expectativas que como sociedad hemos depositado para mitigar y adaptarnos a la crisis climática. Ello implica que estas propuestas no pueden ser entendidas de forma individual o aislada unas de otras, sino que representan medidas sinérgicas y complementarias que se equilibran mutuamente debido al carácter multidimensional del Desarrollo Sostenible.

**Difusión Fomento y Pilotaje**

- p1. fomento a la industrialización de pymes, incorporando tecnologías locales
  *Fomentar la industrialización y modernización de las PyMEs en toda la cadena de valor, privilegiando la incorporación de tecnologías locales y fortaleciendo la asociatividad entre empresa y academia.*
  Se detecta la necesidad de implementar programas de incentivos específicos para PyMEs del sector forestal con el fin de potenciar el desarrollo de tecnologías, ajustándose a estándares que nos permitan alcanzar la sostenibilidad ambiental y social, manteniendo la competitividad internacional. Esta actualización tecnológica y de proceso deberá apuntar a maximizar el aprovechamiento de la madera, reducir los desechos y reducir el impacto en el consumo de energía y emisiones de gases de efecto invernadero. Se detecta la necesidad de vincular a los silvicultores, las empresas de transformación, la academia y las empresas de manufactura que posibilite apoyar la transición en base a tecnología local.
- p2. fomento al desarrollo de nuevos productos
  *Incentivos a las PyMEs para el desarrollo de productos a partir de madera y sus componentes básicos (celulosa, lignina, resinas y extraíbles), orientado a dar solución a las necesidades cotidianas de la sociedad.*
  En todos los sectores y de manera transversal es reconocida la necesidad de descentralizar y desconcentrar la estructura del sector forestal. Si bien se reconoce el peso económico que tiene la comercialización de materias primas, pasar de una economía basada en el sector forestal primario, a una economía basada en productos de alto valor agregado, permitirá un amplio y distri-

buido desarrollo, liderado por la pequeña y mediana industria. Es necesario para eso mejorar las capacidades de I+D y aprovechar las cualidades del material más versátil y sostenible que tenemos a disposición. Los emprendedores y estudiantes deberán integrar capacidades de construcción de prototipos y manufactura flexible de manera de facilitar la generación de productos diversos que, actualmente, se importan o que están basados en materiales fósiles, como el plástico. Esta capacidad de desarrollo rápido, tendrá que ser apoyada en su escalamiento a través de incentivos públicos y privados, para lograr emprendimientos que se integren al desarrollo local.

- p3. difusión de las ventajas del uso de productos y subproductos del paisaje forestal
  *Difundir en la sociedad información en relación al uso adecuado de la leña, otros combustibles leñosos y las ventajas de productos de base biológica provenientes del paisaje forestal, como los bioplásticos y biopolímeros.*
  Existe consenso transversal entre diversos actores del ámbito de la ciencia, academia, empresas y organizaciones sociales, que el sector forestal ha perdido credibilidad social y su principal producto, la madera, está subestimado. Esto trae como consecuencia el mal aprovechamiento de un recurso clave para poder dejar atrás las fuentes fósiles y minerales, y lograr un desarrollo sostenible del país.
  La producción de madera será un pilar esencial, pero tendrá que complementarse con la amplia gama de servicios y productos que pueden entregar los bosques nativos y las plantaciones forestales. Será necesario generar evidencia teórica y aplicada que permita crear una base científica sólida de difusión a la sociedad acerca de las ventajas sistémicas que tiene el uso de los productos forestales. El impacto en la creación de empleos y de empresas, la creación de riqueza distribuida y el aporte cultural, deberán ser combinados con la preservación de la biodiversidad, el cuidado del agua y la mitigación del cambio climático para comunicar la complejidad del sistema y la importancia de nuestras decisiones individuales. La difusión objetiva de las ventajas de los productos provenientes de la actividad forestal, será esencial para reconstruir la confianza de la sociedad en este sector y permitir, así, el desarrollo de nuevos productos en base a madera.
- p4. valorizar los servicios ecosistémicos del bosque y de las

plantaciones forestales

*Generar instrumentos que permitan reconocer y valorizar otros servicios ecosistémicos que proporcionan los bosques nativos y las plantaciones forestales, más allá de la producción de madera.*

Se requiere informar y crear conciencia en la ciudadanía acerca del aporte que hacen los servicios ecosistémicos de bosques nativos y plantaciones forestales, los que cumplen diversas funciones y entregan múltiples bienes y servicios que van más allá de la madera, tales como biodiversidad, captura de carbono, almacenamiento de agua, productos forestales no maderables, turismo y el desarrollo de nuevos productos biobasados de baja huella ecológica.

Para ello deben generarse instrumentos que se traduzcan en beneficios para los propietarios del bosque y de las plantaciones forestales. Esto será considerado como un reconocimiento que la sociedad otorga a los propietarios por proteger los bosques nativos y las plantaciones forestales de forma sustentable. Es importante ajustar los planes de manejo de manera que se reconozcan explícitamente los servicios ecosistémicos derivados de ellos. Estas acciones permitirán apoyar la conservación de ecosistemas, la desconcentración de la propiedad forestal, el acceso a los bosques y la diversificación de productos y servicios.

- p5. fomento al manejo sustentable del bosque nativo

  *Fomentar el manejo sustentable del bosque nativo, redefiniendo incentivos y buscando modelos asociativos de gestión forestal de pequeños y medianos propietarios.*

  El rol que tiene el bosque nativo es reconocido por los principales actores del sector forestal. De hecho, a nivel nacional la superficie cubierta con bosque nativo es 4/5 del total de la superficie forestal. Sin embargo, del total de producción de madera, excluyendo la leña, solo el 1% proviene del manejo sustentable del bosque nativo, y el 99% restante proviene del manejo de plantaciones forestales. Un segundo hecho importante, es que el manejo del bosque nativo es ambientalmente menos intensivo que el manejo de plantaciones, lo que a futuro y con miras a los desafíos en términos de la crisis climática, puede convertirse en una solución basada en la naturaleza. La tercera y tal vez una de las más importantes, es el valor compartido que genera en el territorio el manejo del bosque nativo. Dado que la propiedad está repartida en miles de pequeños y medianos pro-

pietarios, y dada la diversidad de productos que se pueden obtener, el manejo de nativo traen consigo la posibilidad de integrar mucho más personas al desarrollo productivo del país.
Lo que se busca con esta propuesta, es aumentar la participación de los productos obtenidos a consecuencia del manejo sustentable del bosque nativo, tanto de madera como otros productos y servicios relacionados, para lo cual se requiere alinear, ajustar y/o proponer políticas públicas que mantengan y promuevan la cobertura forestal con bosque nativo, fomenten el manejo sustentable con fines productivos madereros de una parte de este, estimulando la participación activa de los miles de pequeños y medianos propietarios.

- p6. forestación de terrenos con aptitud forestal
  *Crear instrumentos para financiar la forestación de terrenos erosionados o sin vegetación. Esto será basado en indicadores de desempeño ambiental y productivo acorde a las particularidades del territorio, y enfocado al desarrollo de la PyME.*
  La necesidad del país de aumentar la cobertura vegetacional, tanto por reposición como para frenar procesos de erosión del suelo o aumentar la disponibilidad de diversos servicios ecosistémicos, hace imperiosa una política pública que impulse la forestación con un estándar ambiental y social acorde al objetivo que tenga cada zona. Esta política deberá considerar la convivencia de diferentes usos de la tierra y particularidades del territorio como base para el diseño de encadenamientos productivos. Los pequeños y medianos propietarios requieren ser integrados como actores relevantes para desconcentrar la propiedad de los bosques nativos y de las plantaciones forestales.
- p7. difusión de las ventajas de la construcción en madera
  *Programa de difusión de las ventajas de la construcción industrializada en madera, mediante un paquete de instrumentos de información, sensibilización y de difusión de ejemplos exitosos de construcción en madera prefabricada.*
  En Chile gran parte de la población asocia la construcción en madera con viviendas precarias, de baja calidad, poco durables y con una escasa resistencia al fuego. Para lograr un cambio sustancial de percepción, es imprescindible comunicar las ventajas de la madera, además de mejorar el conocimiento acerca de su uso para no repetir los errores del pasado.
  La madera es un material renovable, reciclable, de bajo impacto

energético, aislante, liviano, altamente resistente y, además, secuestra carbono durante su crecimiento, lo que la hace ideal para enfrentar diversos desafíos de sostenibilidad de la construcción. Es un material orgánico que puede durar miles de años en las condiciones adecuadas o, en su defecto, degradarse en corto plazo si no se sabe trabajar.

Para comunicar las ventajas y mejorar el conocimiento de la población en general, es importante construir proyectos pilotos que permitan entregar evidencia tangible acerca de soluciones constructivas de alta calidad en madera. Particularmente, se detecta la necesidad de enfocarse en experiencias pilotos de prefabricación de la edificación residencial, especialmente en inmuebles de hasta 5 pisos, como forma de atender a la creciente demanda de vivienda a nivel nacional.

- p8. fomento para la construcción industrializada en madera

  Fomentar la industrialización en madera, mediante un protocolo que considere la realización de pruebas y ensayos, con diseños y pilotos en etapa temprana, junto a la transferencia de conocimiento, impulsado desde la academia, en un trabajo interdisciplinario con el sector público, privado y la sociedad.

  Si bien son claros los beneficios de la construcción en madera, los estándares de calidad que permiten un desempeño adecuado no están debidamente exigidos y tampoco son conocidos, a pesar que en las últimas décadas se han modificado considerablemente los requerimientos de eficiencia energética y las condiciones de uso de madera en la edificación.

  Estos estándares deben ir de la mano del fortalecimiento de las capacidades en ámbitos que van desde el diseño hasta el final del ciclo de vida útil del material, pasando por la planificación, prefabricación, transporte, montaje, mantención, adaptación y reparación. Para lograr un sistema que incentive la innovación en estos términos, se necesitará un incremento de las exigencias de calidad de manera progresiva, pero de forma constante, planificada y públicamente informada. Pero sobre todo, la capacidad de fiscalización de estos estándares a la industria para su cumplimiento.

  Finalmente, para poder hacer frente a las exigencias de calidad, velocidad y costo es importante contar con una industria con capacidades técnicas y productivas que sean competitivas, estandarizadas y certificadas.

**Investigación y Desarrollo**

- p9. incentivar la colaboración inter-sectorial
  *Incrementar la participación de la academia, centros de investigación nacionales e internacionales y empresas en el desarrollo de políticas públicas generando respuestas científicas y tecnológicas a cuestionamientos definidos y latentes.*
  El sector forestal es particularmente complejo. Las consideraciones económicas de la producción de madera son una reducción a la hora de analizar a la industria que ya no puede ser considerada suficiente. Hoy se deben considerar variables sociales, medioambientales y productivas, en escalas tanto locales como globales, y en interacción con una diversidad de sectores. La administración y regulación de esta complejidad requiere trabajo interdisciplinario y evidencia científica para acercar posiciones y facilitar la toma de decisiones generadas por consenso. Esta propuesta busca la integración del mundo científico, la sociedad civil y el mundo privado en la investigación y desarrollo que permita el diseño y revisión permanente de políticas públicas, con el propósito de retroalimentar las acciones del Estado en forma temprana, y perfeccionar legislación o normativa atingente, ayudando, así, a la reconstrucción de la legitimidad del sector forestal.
- p10. planes de manejo predial para producción de madera y servicios ecosistémicos
  *Desarrollar el plan de manejo predial como instrumento de gestión del recurso forestal, que garantice la sustentabilidad en el manejo del recurso a través herramientas e indicadores eficaces y eficientes, con un monitoreo dinámico de su desarrollo en el largo plazo.*
  Se focalizarán los esfuerzos en los métodos de regeneración asociados a la estructura de cada masa forestal, que se agruparán en diferentes unidades de manejo o de gestión silvícola, de acuerdo a las condiciones de la cubierta, a las restricciones del sitio y a la planificación de las actividades a desarrollar en el largo plazo, con el fin de obtener múltiples bienes y servicios. Deberán considerar un equilibrio entre los objetivos de producción y conservación, según las condiciones y limitaciones que presente cada sitio. Se pondrá especial énfasis en el equilibrio entre el uso y producción de agua, el cuidado y mejoramiento del suelo, y la producción maderera. Deberá implementarse un sistema de monitoreo de su desarrollo a través de parcelas per-

manentes, que permita acceder a evidencia objetiva de los resultados de los planes de manejo predial.

- p11. inversión en i+d de largo plazo de ecosistemas forestales
  *Aumento de inversión en I+D para conservación y manejo sustentable de ecosistemas forestales nativos y plantaciones, apuntando a la restauración a escala de paisaje que permita la provisión de bienes y servicios múltiples con una mirada inter-generacional.*
  Esta inversión busca lograr un ordenamiento territorial basado en "paisajes multifuncionales", adaptable a la variabilidad del contexto, maximizando la producción de bienes y servicios en el largo plazo, atendiendo la vocación de los diversos territorios y las demandas sociales, desde la escala local a la nacional.
  En la actualidad Chile invierte aproximadamente el 0,36% de su Producto Interno Bruto (PIB) en investigación y desarrollo (I+D), lo que es muy inferior al promedio de 2,38% de los países OCDE[9]. El aumento de la inversión en I+D en conservación y manejo sustentable de ecosistemas forestales nativos y plantaciones, deberá tener como finalidad apoyar la restauración a escala de paisaje para compatibilizar diversos usos del suelo de acuerdo a las características biofísicas y sociales de cada territorio. Es importante que la I+D sea de largo plazo y dé respuestas a las necesidades de cada territorio de manera que los resultados tengan impacto y aseguren la provisión de bienes y servicios en el largo plazo, permitiendo no agotar los recursos a los que tengan acceso las generaciones futuras.
- p12. desarrollar productos a partir de componentes de la madera
  *Incentivo al desarrollo de productos innovadores de base biológica como e-fuels, metanol y metano biobasados y bio asfaltos; derivados de lignina y taninos, derivados de celulosa y envases biodegradables activos; nanofibras de celulosa y uso de compuestos bioactivos. Este proceso de I+D debe realizarse en el marco de una alianza público-privada, incluyendo grandes, medianas y pequeñas empresas que permita el desarrollo de los territorios.*
  Esta propuesta busca poder empujar la frontera actual del uso de fibra de madera, en particular, en usos no tradicionales para hacer frente a los desafíos globales planteados por la

[9] OECD. Chile – Policy Priorities for More Equitable Growth.; 2015

crisis climática, el desarrollo tecnológico y el Desarrollo Sostenible de la sociedad. El consenso científico internacional plantea que deberemos dejar atrás la dependencia de materias primas fósiles y minerales, volcando nuestras actividades productivas hacia el uso de materiales de base biológica. Esto incluye, en la medida de lo posible, el reemplazo del plástico, del cemento, del acero y del aluminio entre otros. Para lograr este objetivo, será necesario desarrollar una amplia gama de productos derivados de la fibra de madera, proceso que se puede estimular mediante instrumentos de I+D, alianzas público-privadas, prototipos, proyectos pilotos y escalamiento productivo orientado a fortalecer a las PyMEs insertas en el territorio forestal.

- p13. desarrollar productos de ingeniería
  *Desarrollar una política de investigación, desarrollo y transferencia tecnológica para generar productos a partir de madera con bajas propiedades aserrables y otros productos derivados del manejo forestal.*
  El aumento de la demanda de productos de madera sólida generará disponibilidad de biomasa, con una calidad no apta para su comercialización, que puede ser usada para distintos fines. Potenciar la innovación y desarrollo aplicado a la creación de productos de ingeniería que permitan reconfigurar la biomasa generando nuevas propiedades fisicoquímicas, es un punto clave para lograr la viabilidad económica y ambiental del manejo forestal. Este proceso permitirá tener un aprovechamiento integral del árbol minimizando los desechos y maximizando la captura de carbono.
  De esta forma, la utilización de este material ayudará a descomprimir la presión por cumplir con los compromisos internacionales frente al cambio climático, los que obligará a privilegiar aquellos productos que permitan mantener secuestrado el carbono durante un largo tiempo.
  Este trabajo es particularmente importante en el caso de la madera nativa, puesto que un 80% de la biomasa tendrá estas características y no existe conocimiento adecuado de las propiedades de todas las especies que se obtendrán, por lo que es imperativo la investigación y desarrollo en sus usos.
- p14. i+d+i para métodos modernos de construcción en madera
  *Financiar programas de I+D+i para determinar las mejores condiciones de construcción y variables de desempeño, que permitan avanzar*

*en la actualización de normas y sistemas de certificación de calidad, así, como, crear guías de recomendaciones de diseño para la industrialización en madera, carpintería y manufactura avanzada. Esto vinculando expertos nacionales y extranjeros, que en coordinación con Becas Chile (ANID), permita la generación de capital humano avanzado en esta área.*

En las últimas décadas ha cambiado la manera en la cual usamos nuestras construcciones, así, como, también ha cambiado la comprensión que tenemos de los distintos fenómenos involucrados y las consecuencias de ciertas prácticas. La presión por lograr eficiencia energética en la edificación y la necesidad de crear un entorno saludable, han generado nuevas condiciones de uso que necesitan una actualización de nuestros sistemas constructivos. Para poder cumplir con los estándares de calidad, plazos y costos, se requieren métodos modernos de construcción basados fuertemente en la prefabricación industrializada fuera de sitio para conseguir ventajas sociales, ambientales y económicas; indicadores que hoy son negativos para la industria de la construcción. La madera, al ser un material orgánico, presenta múltiples ventajas, pero también requiere un conocimiento avanzado y un trabajo más preciso para poder asegurar los altos estándares de calidad a los cuales se necesita llegar. Este cambio en la cultura productiva requerirá una fuerte transferencia tecnológica y de conocimientos que ya existen en los países más desarrollados.

Para el año 2050 toda la construcción nueva en Chile deberá ser carbono neutral, sin embargo, gran parte de la edificación ya estará en pie y requerirá reacondicionamiento, rehabilitación y adaptación. Particularmente en este ámbito, se requerirá investigación y desarrollo para adaptarse a las condiciones locales preexistentes.

- p15. edificación de bajo impacto

  *Fomento en I+D para disminuir el impacto de la edificación, identificando y cuantificando variables de construcción y desempeño para apuntar a una mayor sostenibilidad.*

  Para cumplir con los requerimientos nacionales e internacionales de sostenibilidad, se exigirá en Chile que sean carbono neutrales todas las edificaciones nuevas en el año 2050. Bajo estas exigencias, el hormigón, el acero y la madera deberán reducir las emisiones asociadas a su manufactura. A este respecto,

la madera presenta una gran ventaja respecto de los otros materiales, al capturar $CO_2$ y fijar el carbono para su formación. Sin embargo, a nivel internacional no existe consenso con respecto a la manera de contabilizar el almacenamiento de este carbono, principalmente debido a las diferentes alternativas que existen para el inicio y el fin del ciclo de vida de este material. Será necesario consensuar criterios y definir los requisitos para poder contabilizar el carbono capturado, resultando relevante participar activamente en la definición de los estándares e indicadores a nivel global, regional o multilateral, permitiendo con ello, además, cumplir las cuotas de captura de carbono internacionalmente comprometidas.

Por otro lado, la edificación de bajo impacto deberá también hacer alusión a los aspectos sociales en los cuales esta industria aún tiene indicadores deficientes. La baja empleabilidad femenina, la alta accidentabilidad, las condiciones de trabajo pesadas, las distancias y tiempos de desplazamiento de los trabajadores, la salubridad de los entornos de trabajo, la perpetuación de la pobreza asociada a la ineficiencia energética, los costos crecientes, los ruidos de la construcción y sus tiempos prolongados de entrega son algunos de los factores que deberán ser corregidos si queremos enfrentar integralmente la reducción del impacto negativo de la edificación.

- p16. i+d en productos de madera sólida

  *Impulsar redes de colaboración para la investigación, desarrollo y transferencia tecnológica de productos de madera con alto valor agregado.*

  Los productos de madera sólida tienen la capacidad de atender un mercado de alto valor agregado, sin embargo, para esto es necesario trabajar en tres aspectos distintivos. En primer lugar, se requerirá el desarrollo de capacidades de diseño con estándares internacionales para lograr una estética y una funcionalidad acordes a la imagen país que deseamos proyectar. En segunda instancia, se necesitará desarrollar capacidades de manufactura avanzada que empiecen con prototipos rápidos y se mueva hacia procesos de manufactura flexible que permitan atender la personalización, la precisión y versatilidad que el mercado internacional exige. En tercer lugar, se necesitará también generar la trazabilidad necesaria de la materia prima y del proceso para poder respaldar un relato diferenciador que permita acceder al más alto valor agregado en tanto producto certi-

ficado por respetar estándares de sostenibilidad. La integración de estos tres componentes en paralelo requiere un trabajo interdisciplinario, con fuerte sofisticación tecnológica, que deberá ser entendido como una manera estratégica de avanzar hacia un desarrollo sostenible.

- p17. desarrollo de nuevas tecnologías locales para el sector forestal
  *Incentivo a la I+D y escalamiento de soluciones locales de tecnologías que atiendan las necesidades de pequeñas y medianas empresas locales en el ámbito forestal e industrial.*
  Una buena parte del impacto sistémico que tiene el sector forestal en las economías más desarrolladas, corresponde a la vinculación con otros sectores manufactureros mediante encadenamientos productivos. Cada uno de los desafíos planteados tiene requerimientos tecnológicos que requerirán la compra, adaptación o creación de tecnologías. Para extender el impacto positivo del desarrollo sectorial, será necesario propiciar instancias de vinculación con el sector metalmecánico, con las tecnologías de la información (inteligencia artificial, robótica, etc.) y con diversas áreas de la ingeniería para crear tecnologías locales o adaptadas a las necesidades y características territoriales.
  Esto requerirá I+D aplicada e interdisciplinaria, fuertemente vinculada a las necesidades de las PyMEs locales, para luego acelerar su transferencia.
  Específicamente una de las necesidades detectadas es la de generar capacidades de prototipos rápidos y flexibles, que permita validar de manera conceptual y práctica una idea en su fase temprana. Estas capacidades deberán estar distribuidas en el territorio para apoyar a las PyMEs en forma local y evitar acentuar la concentración geográfica y social del crecimiento.

**Normativa y Certificación**

- p18. reconocimiento de los servicios ecosistémicos
  *Fortalecer la producción maderera de alto valor, incorporando variables de protección ambiental como agua, suelo, biodiversidad y paisaje, con el fin de ampliar las posibilidades de gestión forestal en predios de pequeños y medianos propietarios con bosque nativo.*
  Perfeccionar la relación productiva y de conservación del bosque nativo, requiere instalar una mirada integral de los productos y servicios que genera, en equilibrio con objetivos de

producción de madera, productos forestales no maderables y servicios ecosistémicos, ampliando las posibilidades de acceso a recursos para pequeños y medianos propietarios al reconocer su aporte a los equilibrios medioambientales.

Esta política debe enmarcarse en aquellos instrumentos de gestión forestal y ambiental (planes de manejo) que se adapten a la escala del propietario, permitiendo la asociatividad para planes de ordenación y, de esta forma, facilitar la proyección de modelos de producción a mediano plazo que disminuyan la presión económica por sobreexplotar sus bosques para leña u otros usos de corto plazo.

- p19. mejoras al fomento de bosque nativo

  *Perfeccionar la ley N°20.283, actualizando sus reglamentos para generar una relación proactiva entre la sociedad, los propietarios y el Estado.*

  La principal política pública existente para fomentar e incentivar el manejo sustentable de bosque nativo es la Ley 20.283[10]. Esta ley, que ya tiene 12 años de funcionamiento, no ha tenido el impacto necesario para lograr cambios sustanciales en el manejo del sector del bosque nativo. Según información oficial, entre los años 2009 a 2019, se han manejado en Chile 228.056 hectáreas de bosque nativo, con un promedio anual de 20.732 hectáreas/año[11]. Esto equivale a un promedio de 17,7% del volumen disponible año a año para esta ley. Solo para cumplir los objetivos planteados, por ejemplo, en los compromisos de carbono neutralidad de las Contribuciones Nacionalmente Determinadas (NDC por sus siglas en inglés)[12], se debería manejar el doble de la superficie que se gestiona en la actualidad. Los cambios a la ley deben apuntar a generar confianza, certidumbre, simplicidad, flexibilidad y competitividad. En particular, se debe eliminar la asignación por concurso para poder dar certidumbre, permitir combinar

[10] Ley sobre recuperación del bosque nativo y fomento forestal, Última modificación: 18-MAR-2015 - 68 EXENTA

[11] Estadísticas CONAF, Documentos - Plantaciones forestales: superficie anual forestada y reforestada, 2019

[12] Ministerio de Medioambiente de Chile, Contribución Determinada a nivel Nacional, Actualización 2020.

productos madereros, no madereros y servicios ecosistémicos en un mismo bosque, contar con incentivos realistas por actividad, modificar el incremento de topes por literal y mejorar los plazos de la gestión forestal. Esto apunta a disminuir las barreras a la entrada para pequeños y medianos propietarios, aumentando su participación.

- p20. gestión sustentable de plantaciones forestales
  *Planificar y gestionar los territorios buscando un desarrollo económicamente competitivo, socialmente justo, culturalmente pertinente y ambientalmente amigable, a través de la implementación de un esquema de mosaicos de usos de suelo múltiples e incentivos a la plantación forestal en terrenos con potencial boscoso pero sin vegetación o erosionados de pequeños y medianos propietarios, con destino a la producción de madera de alto valor y/o conservación de ecosistemas.*
  Aun cuando gran parte de las plantaciones forestales en Chile están certificadas mediante protocolos internacionales, estos sellos no establecen regulaciones sobre el tamaño de las cosechas que se realizan a través de talas rasas, o sobre los tamaños de paños continuos y homogéneos de plantaciones forestales, lo que ha generado conflictos ambientales y sociales en algunos territorios en los cuales están emplazados.
  La necesidad de hacer frente al cambio climático está obligando a dejar atrás los combustibles y las materias primas de origen mineral y fósil. Esto significa que habrá mayor demanda de materias primas naturales para apoyar la sostenibilidad de otros sectores económicos. Las plantaciones forestales son esquemas productivos altamente eficientes para la generación de madera, ayudando a disminuir la presión sobre ecosistemas nativos. Este crecimiento hace que sea imprescindible planificar y gestionar de mejor manera los territorios mediante mosaicos, que establezcan tamaños máximos de plantaciones forestales que, en combinación con otros usos del suelo (como bosques nativos, matorrales y praderas), permitan crear paisajes heterogéneos que faciliten la mitigación y adaptación frente a los riesgos del cambio climático, como son los incendios forestales, como también, el Desarrollo Sostenible. A esta planificación de mosaicos se debe sumar la necesidad de forestar terrenos desprovistos de vegetación o que se encuentran erosionados o en proceso de erosión en manos de pequeños y medianos propietarios, ayudando a generar territorios económicamente competi-

tivos, socialmente justos, ambientalmente amigables y culturalmente pertinentes.

- p21. adaptación al cambio climático
  *En virtud de la incertidumbre asociada a la crisis climática, se evidencia la necesidad de desarrollar intervenciones silvícolas que mitiguen los efectos del cambio climático y que incrementen la capacidad de adaptación de los bosques nativos y de las plantaciones forestales.*
  En este sentido, se evidencia la necesidad de orientar el manejo forestal de las plantaciones forestales, para mantener territorios resilientes, a través de la conservación y restauración de la biodiversidad en los paisajes forestales y asegurar la posibilidad de mitigación y adaptación al cambio climático. Al mismo tiempo, se plantea la necesidad de mejorar el protocolo de plantaciones, para incorporar valores de protección ambiental como agua, suelo, biodiversidad y paisaje, de acuerdo a la realidad actual de la actividad forestal y mejorar el instrumento Plan de Manejo para plantaciones forestales y bosque nativos, simplificando su proceso burocrático y administrativo.
- p22. restauración a escala de paisaje
  *Programa de restauración del paisaje basado en esquemas de mosaico, una red de monitoreo de cuencas y agua, y un protocolo de cobertura vegetal, con la finalidad de asegurar servicios ecosistémicos relativos a biodiversidad, equilibrios hídricos superficiales y subterráneos, la conservación de suelos, equilibrando producción de madera, conservación y resiliencia.*
  Desde un punto de vista de la restauración a escala de paisaje, es evidente la necesidad de definir tipos y proporciones de cobertura vegetal a nivel de cuencas, permite asegurar servicios ecosistémicos básicos relativos a biodiversidad, equilibrios hídricos superficiales y subterráneos y la conservación de suelos, estableciendo diferencias entre plantaciones forestales, bosque nativo y bosque mixto. De esta forma, la definición de objetivos de producción o conservación de los predios, en un contexto de incertidumbre climática, debe ayudar a generar capacidades de resiliencia a los riesgos que están expuestos.
  En este sentido, se deberá impulsar un programa nacional de restauración del paisaje, el que estará basado en: 1) un esquema de mosaico de usos del suelo a escala predial; 2) una red de monitoreo de cuencas y agua y; 3) un protocolo de cobertura vegetal por predio, con la finalidad de orientar los planes de

manejo en las decisiones de propietarios y poder perfeccionar políticas públicas asociadas basadas en la evidencia científica e indicadores técnicos.

- p23. beneficios a la prestación de servicios ecosistémicos
  *Normar el pago por la prestación de servicios ecosistémicos, tanto para la producción maderera como para la restauración de paisaje, con énfasis en zonas de interfaz, borde o aledañas a ecosistemas naturales con perspectiva de gestión integrada de cuencas, y corredores biológicos.*
  Incentivar a los propietarios de bosque para desarrollar planes de conservación, estableciendo incentivos monetarios para que los más de 12 millones de hectáreas de bosque nativo con baja aptitud maderable, o bien, recuperar sitios erosionados o sin vegetación donde se pueda forestar o reforestar sin obligación de producir madera. Este razonamiento aborda el concepto de pago por servicios ambientales, donde la inversión en restauración del paisaje permite zonificar y proyectar territorios y, de esta forma, lograr fuentes de financiamiento estatal y privado mediante la conformación de un mercado transable de protección al medio ambiente, actualmente centrado exclusivamente en el carbono como unidad de cambio, y que a futuro debería considerar variables ecosistémicas (agua, biodiversidad, etc.) definidas mediante estándares internacionales.
- p24. un mercado certificado y transparente para la venta de biocombustibles
  *Formalizar la venta de combustibles leñosos mediante la aplicación de sistemas de trazabilidad desde el manejo, extracción y producción en el bosque, regulación y certificación en centros de acopio y canales de distribución, así, como, educación de los usuarios para el consumo eficiente de los distintos tipos de biomasa.*
  El uso de leña ha estado marcado por la informalidad desde el origen hasta la venta, lo cual ha generado una mirada negativa desde la opinión pública, desprestigiando el combustible renovable más abundante. Bajo esta mirada, es que se propone regular su producción, consumo, certificación para formalizar un amplio mercado en la zona centro sur de Chile, donde los usuarios necesitan tener al alcance un combustible económico y de fácil acceso para la calefacción de sus hogares.
  En países del hemisferio norte, como Finlandia, Suecia y Canadá, el uso de biomasa como fuente renovable tiene una alta penetración, y parte de los bosques se destinan a su producción,

permitiendo encadenamientos productivos virtuosos, regulados y que han activado el desarrollo de energías renovables.

- p25. instrumentos para fomentar la construcción en madera
  *Generar un paquete de instrumentos que incentiven la construcción en madera, incluyendo cuotas de participación de madera en licitaciones públicas e incentivos y compromiso de cuotas incrementales de construcción que aporten a mitigar el cambio climático. Todo esto coordinado mediante una hoja de Ruta de políticas públicas para la edificación que guíen el proceso de diseño, construcción, sellos de calidad y garantía al usuario final, usando el poder de compra del Estado para detonar el interés del sector privado.*
  La edificación en madera se presenta como una solución natural para alcanzar los desafíos climáticos y de sostenibilidad del sector de la construcción. Para ello es indispensable potenciar el poder de compra del Estado, que impulse la construcción en madera como parte de la estrategia de carbono neutralidad de la vivienda y edificación pública. Asimismo, formalizar mandatos de porcentaje de uso de madera en la edificación, o bien, establecer una cuota mínima de edificación pública en madera de viviendas o infraestructura pública.
  Al mismo tiempo, es necesario avanzar en el establecimiento de un sistema de incentivos claros para potenciar la innovación aplicada a la construcción en madera, así, como, fondos para la realización de pruebas y ensayos con la finalidad de determinar las mejores condiciones para alcanzar una edificación sostenible.
- p26. marco regulatorio fortalecido para la construcción sostenible
  *Fortalecer el marco normativo para la construcción, estableciendo normas de amplio espectro y aplicación concreta, para asegurar criterios de sustentabilidad, salud, durabilidad y seguridad, incrementando la calidad de vida de los usuarios finales.*
  El sector de la edificación necesita urgentemente una actualización de su marco regulatorio, particularmente en temas de eficiencia energética. En el marco de la COP26 el país se comprometió a presentar anualmente mejoras a sus contribuciones nacionales y es por lo tanto esperable que el sector que más aporta, tenga un progreso sostenido. Se propone un trabajo permanente de actualización periódica cada dos años, comunicada con antelación a la sociedad, para que pueda prepararse e implementarla.
  Para activar la innovación y el trabajo de las PyMEs, se deberá pasar a corto plazo a una regulación por desempeño, junto con

la incorporación de nuevas variables críticas para la salud de las personas y durabilidad de la edificación. Se deberán regular aspectos como la tasa de ventilación, la humedad relativa, los compuestos orgánicos volátiles, los hongos superficiales y los gases que se emanan en caso de incendio por su impacto en la salud de las personas. La reglamentación térmica y acústica deben ser actualizadas y adicionalmente, se tendrá que incorporar la medición y declaración de emisiones de CO2 para poder avanzar con los compromisos internacionales, considerando la captura y secuestro de carbono que logran los materiales naturales.

Este aumento en las exigencias de desempeño deberá venir acompañado de un aumento en las exigencias de competencias de los profesionales de la construcción, profesionalizando todas las labores y dejando atrás oficios no certificados y contrataciones de personal no calificado.

Específicamente, en el caso de la madera se tendrá que permitir la protección por diseño para poder evitar el uso de impregnación y así disminuir los costos y el impacto ambiental, dejándola solo donde sea estrictamente necesario. La madera comercializada en Chile deberá facilitar el proceso constructivo y para esto se deberá usar el sistema métrico y estandarizar las dimensiones, trabajándose en múltiplos que permitan facilitar el montaje. También se requiere implementar el proyecto de rotulado de madera, que permitirá dar confianza al usuario final.

**Formación / Educación**

- p27. educación en sustentabilidad y ecosistemas forestales en niveles pre escolar y escolar

  *Incluir de forma transversal en la educación en todos sus niveles los aspectos sociales, ambientales y económicos relacionados a la actividad forestal, considerando productos, servicios ecosistémicos y su interacción con las comunidades.*

  La población de los países con tradición forestal ha entendido la importancia de sus bosques en todo ámbito, considerando el relacionamiento de comunidades cercanas a bosques, el factor de producción de servicios ecosistémicos, así, como, el uso de la madera en sus construcciones. La consideración de los bosques y de las plantaciones como un bien común, promueve una licencia social y ambiental para producir de manera sostenible,

basada en conciencia de la importancia del bosque y su cuidado para el equilibrio medioambiental, el que se debe desarrollar a través de los planes de estudio a nivel preescolar y escolar, lo que genera una cercanía al uso y cuidado de los recursos forestales, integrándolo a su forma de vida.

- p28. programa de formación técnica / profesional
  *Desarrollar un marco nacional de competencias forestales, que se integre en la formación específica de las mallas curriculares de los niveles técnico-profesionales relacionada con la silvicultura, o aquellas carreras relacionadas con la transformación, construcción y elaboración de productos a base de madera. Implementar un nuevo sistema basado en la educación dual, es decir, que vincule la formación con el sector productivo.*
  Para apoyar el avance de la sociedad hacia una bioeconomía, será necesario crear un programa de formación técnica y profesional que entregue herramientas para un mejor desempeño basado un marco nacional de competencias del sector forestal, como el que actualmente tiene el sector minero. Para esto, se trabajará con toda la cadena del sector forestal, así también, con los otros sectores interrelacionados, como son la construcción, la mueblería o el turismo, entre otros.
  En este proceso formativo basado en competencias, debe sustentarse en un sistema de educación dual como el de Alemania, que desarrolla competencias técnicas aplicadas a contextos reales de producción, permitiendo el desarrollo de capacidades altamente tecnificadas. Estos modelos deben ser adaptados a las necesidades y características de la realidad chilena, pero su eje central está en vincular los centros de formación con el sector productivo, involucrando a este último en la formación de capital humano.
  Se debe incorporar con urgencia el conocimiento aplicado en las instituciones académicas, tales como Institutos Profesionales (IP), Centros de Formación Técnica (CFT) y Liceos de Enseñanza Media Técnico-Profesional (EMTP). Para esto, se propone la creación de material de apoyo que facilite la adopción de conocimiento de vanguardia y programas de capacitación de profesores y profesionales en los diversos ámbitos vinculados con el uso de los productos y servicios del sector forestal.
  Por otra parte, muchas de las profesiones requeridas que surjan en la definición de competencias necesarias para el sector forestal y otros interrelacionados no existen formalmente, para lo

cual se requerirá la transferencia de la experiencia extranjera. Adicionalmente, dado que existe un conocimiento informal, se debe lograr incorporar mecanismos de acreditación de oficios que permitan mejorar y estandarizar las prácticas establecidas.

- p29. formación en innovación en madera, derivados y gestión de servicios ambientales

  *Incorporar temáticas ligadas a la innovación en el uso de la madera y sus derivados en las mallas curriculares de carreras de pre y postgrado, relacionadas con la construcción, diseño y arquitectura, como además, fomentar una línea de formación e investigación para capital humano avanzado.*

  Para alcanzar una manufactura en madera que sea más sostenible y competitiva, es indispensable contar con profesionales competentes en toda la cadena de valor. Por ende, es crucial aumentar la cantidad de académicos expertos en buenas prácticas de diseño y métodos modernos de edificación en madera, incorporando bio-materiales para dar a conocer sus ventajas en términos ambientales, económicos y sociales.

  Este esfuerzo deberá enfatizar también la innovación en los procesos de fabricación, considerando la manufactura avanzada y flexible como parte integral de un desarrollo moderno y sostenible. Para ello es vital generar una línea de becas para la formación de capital humano avanzado, ya sea tanto en programas de magíster, doctorado y postdoctorado, además de financiación de investigaciones, ya sea a través del programas existentes como de otras fuentes de financiamiento para la creación y conformación de centros o núcleos de investigación.

- p30. programas de capacitación integral desde el bosque hasta productos para técnicos y profesionales

  *Establecer programas de formación continua y capacitación para técnicos y profesionales ligados a la actividad forestal, vinculados al diseño de soluciones en madera.*

  Una de las principales brechas identificadas que se genera a consecuencia de la subestimación social de la madera, es que no existen programas de formación, capacitación y actualización para un uso adecuado de este material, lo que condiciona las posibilidades futuras. Por ello se propone crear programas de capacitación integral al alcance de técnicos y profesionales relacionados con la madera, que permita no solo mejorar su utilización e imagen social, sino fomentar su uso sostenible. Si las fu-

turas generaciones internalizan en su formación y vida cotidiana la relación con los ecosistemas forestales de una manera sostenible, incorporará al bosque, sus derivados y servicios ambientales en la solución de sus necesidades, generando cadenas de valor promueven un efecto virtuoso en el desarrollo país.
El desarrollo de este proceso virtuoso se logra mediante programas de capacitación que permitan certificar competencias en construcción, diseño y otros usos industriales, donde no sólo se potencia la formación de capital humano, sino que, además, se pone en valor las propiedades de la madera como materia prima de calidad y sostenible.

- p31. capacitación en uso de tecnología aplicada de vanguardia
  *Programas de capacitación a trabajadores forestales para nuevas operaciones de alto nivel tecnológico.*
  La tecnología aplicada y el capital humano calificado para operar procesos técnicos complejos, son claves para avanzar en una mejora sostenible del uso de recursos madereros. Desarrollos tecnológicos como la electro-movilidad, la robótica, las telecomunicaciones, los Sistemas de Información Geográfica (SIG), la teledetección, el análisis de datos o la inteligencia artificial, entre otras, son esenciales para la mejora continua en la gestión sostenible del recurso, ya sea en términos de su la proyección de la producción maderera, la disponibilidad del recurso, el aumento de la productividad en las operaciones y la optimización en el uso de los recursos forestales. Asimismo, esta incorporación de tecnología requiere desarrollar competencias para su uso eficiente en los operadores y trabajadores relacionados con el trabajo forestal, para así mejorar su preparación, validar sus capacidades y aumentar la empleabilidad.
- p32. plan nacional de capacitación sobre adaptación y mitigación del cambio climático
  *Dada la urgencia y la importancia de los desafíos globales de la crisis climática, se deberá empezar cuanto antes un plan nacional de educación y reforzamiento sobre adaptación y mitigación del cambio climático en el sector forestal.*
  Este plan nacional de capacitación y sensibilización a la crisis climática, deberá estar orientado a modificar la conducta y forma de relacionarse de la población con los bosques, debiendo promoverse el cuidado y respeto hacia los ecosistemas fores-

tales. La educación ambiental se transforma en algo estratégico para el cuidado del bosque, tanto a través de programas de sensibilización de la población aledaña a zonas agroforestales, como para la población en general a través de campañas masivas. La ejecución de este plan reforzará el cuidado colectivo, la colaboración y la respuesta activa ante los peligros del cambio climático para proteger el medio ambiente, bosques, montañas y cuencas hidrográficas.

Uno de los efectos del cambio climático es el aumento de la ocurrencia y propagación de incendios forestales, siendo uno de los primeros objetivos de este Plan Nacional generar acciones para su prevención y concientización, pues estos son originados casi en su totalidad por el ser humano y sus actividades, siendo las principales causas los descuidos o negligencias en la manipulación de fuentes de calor en presencia de vegetación combustible o por de manera intención originada en motivaciones de distinto tipo.

**Gobernanza e Infraestructura Habilitante**

- p33. una institucionalidad forestal fortalecida: creación de la subsecretaría forestal

  *Crear la Subsecretaría Forestal, de manera de poder coordinar y armonizar, con injerencia política en la estructura del Estado, los aspectos ambientales, sociales, culturales y económicos asociados a los ecosistemas forestales y sus bienes y servicios derivados.*

  A pesar de la existencia de la Corporación Nacional Forestal (CONAF), el Instituto Forestal (INFOR) y otros organismos con financiamiento público con injerencia en materia forestal, el desarrollo sostenible del sector sigue siendo un desafío para el país que no es coordinado de manera integral y multidimensional por ninguna institución pública. Actualmente, el Ministerio de Agricultura se preocupa en forma preponderante del desarrollo agropecuario, quedando la complejidad del desarrollo forestal a cargo de un servicio (CONAF), que no tiene el rango ni estatus de responsabilidad política requerida. Esto es un obstáculo para una adecuada interacción entre el Estado, la sociedad civil y el sector privado, de manera de influir en las decisiones, procesos y resultados en un determinado territorio.

  Una Subsecretaría Forestal, complementaria a un Servicio Nacional Forestal Público, que podría coordinar a todos los orga-

nismos públicos, privados y organizaciones sociales en los diversos aspectos económicos, ambientales, sociales y culturales del desarrollo forestal, de acuerdo a las particularidades de cada territorio. La subsecretaría forestal sería el responsable político de coordinar el desarrollo forestal, de manera que sea socialmente justo, culturalmente pertinente, ambientalmente amigable, y económicamente competitivo.

- p34. una institucionalidad forestal fortalecida: creación de un servicio nacional forestal público
  *Crear un servicio nacional forestal público con capacidad para atender las realidades locales de los territorios, considerando cuencas, comunidades, pueblos originarios, biodiversidad, encadenamiento productivo, entre otros temas relevantes para el desarrollo de los ecosistemas forestales.*
  La Corporación Nacional Forestal (CONAF) fue creada en 1972 como una corporación de derecho privado. Con el tiempo, se le fueron asignando responsabilidades, tareas y funciones propias de un servicio público rector del sector forestal, tales como: dirección y coordinación de la política sectorial, fomento, control y administración de la legislación forestal, administración de las Áreas Silvestres Protegidas del Estado, prevención y control de incendios forestales y, en general, protección del patrimonio forestal del país, entre otras. Esto significa que CONAF siendo una corporación de derecho privado ejerce potestades públicas, sin tener la calidad de servicio público. Esto genera ambigüedad, lo que fue ratificado por el Tribunal Constitucional el año 2008, solicitando la regularización jurídica de CONAF e indicando que no aprobaría ninguna otra ley para ser administrada por CONAF si no se transformaba cabalmente en un servicio público. Esta regularización jurídica es prioritaria, ya que el país requiere urgentemente de nuevas leyes que permitan apoyar el desarrollo forestal sustentable, para la cual requiere de una institucionalidad pública acorde al desafío.
- p35. comité multisectorial transversal a gobiernos
  *Implementación de un consejo técnico-político de planificación estratégica (tipo CNID -Consejo Nacional de Innovación para el Desarrollo), para monitorear y gestionar las necesidades de uso de la madera y su cadena de valor con participación pública, privada, académica y organizaciones sociales de carácter permanente.*
  Se debe crear un comité estratégico interdisciplinario e intersectorial, liderado por el Estado y con participación de enti-

dades públicas, privadas, académicas y sociales permanente en el tiempo, que genere una hoja de ruta e implementarla para liderar políticas públicas que den solución al uso de madera en sus diversas aplicaciones para las metas acordadas para el año 2050. Se deberá buscar una participación amplia, que incluya varios ministerios relacionados; actores privados vinculados a forestales, papeleras, inmobiliarias, constructoras, retail, banca, aserraderos, entre otros; también es importante la presencia de académicos, investigadores, científicos y organizaciones científicas (Academia de Ciencias); finalmente, pero no menos importante, es la presencia de asociaciones gremiales, ONGs o representantes de las comunidades locales. Este espacio de diálogo permitirá llegar a grandes consensos que permitan coordinar oferta y demanda de madera, de manera que la implementación de procesos productivos sea socialmente justo, culturalmente pertinente, ambientalmente amigable, y económicamente competitivo.

- p36. gestión descentralizada del territorio y sus ecosistemas forestales

  *Diseñar y articular un nuevo modelo de vinculación entre las instituciones existentes, las PyMEs, los consorcios empresarios y las comunidades locales, impulsando o formalizando la participación de nuevos actores y entidades intermedias que construyan un puente entre la autoridad y los propietarios.*

  La alta conflictividad de los territorios donde se emplaza actualmente la industria forestal, hace patente la necesidad de generar un nuevo modelo de relación y gestión territorial descentralizada, que contribuya a mejorar la capacidad de respuesta y conocimiento de las necesidades locales. Para una gestión descentralizada del territorio y de sus ecosistemas forestales, con miras a reducir la conflictividad, debe orientarse a un reconocimiento de la legitimidad de todos los actores, que basado en una lógica intercultural, permita reconocer en el bosque algo más que un recurso, sino que para otros, como los pueblos originarios, representa una fuente de identidad colectiva y espiritualidad. Pero al mismo tiempo, entender que el recurso forestal sostenible es una fuente indispensable para impulsar el bienestar social y personal a través del acceso al trabajo de calidad, recursos naturales, encadenamientos productivos o emprendimientos ligados al sector.

Pero esta descentralización de las decisiones resulta inoficiosa si no va acompañada de competencias. Así, primero es imprescindible contar con competencias de decisión que permitan orientar y controlar el manejo predial (dentro del marco que establezca la ley), facilitar que los actores lleguen a acuerdos y evaluar multidimensionalmente la realidad territorial para el desarrollo de proyectos productivos a diferentes escalas; segundo, contar equipos profesionales altamente capacitados en la gestión forestal, con énfasis en la integración de recursos del bosque nativo y plantaciones a lo largo de toda la cadena de valor del bosque y; finalmente, tercero, fomentar la creación de cluster productivos de PyMEs de base tecnológica, al alero de consorcios empresariales, que potencie la transformación hacia una bioeconomía desde los territorios.

- p37. sistema de información geográfica
  *Sistema de información geográfica del sector forestal a través de una plataforma SIG de libre acceso, con actualización permanente y registro histórico, que entregue inventarios de bosque e información productiva y económica, para planificar políticas de protección y producción.*
  Se debe generar una Infraestructura Integrada de Datos de toda la información generada por servicios públicos, centros de desarrollo, universidades, entre otros actores que cuenten con financiamiento público, que permita cruzar información y tener una mirada estratégica del país en general y del sector forestal en particular. Una de las capas de información es la de los recursos naturales, que se sumará a información demográfica, económica, medioambiental, entre otras, permitiendo hacer cruces y tener una mirada multidimensional del desarrollo del sector. Esta plataforma centralizada deberá, idealmente, ser un bien de uso público, administrado por el Estado y de libre acceso.
  Específicamente, el sector forestal requiere avanzar en la obtención de información de bosques y con capacidad de monitoreo para su protección. Esto permitirá a la academia, a las PyMEs y al sector público en general tomar decisiones más informadas y basadas en la evidencia.
  Para poblar este sistema, será necesario contar con un inventario nacional que se actualice permanentemente, incorporando tecnología LiDAR, y captura de imágenes. También se sugiere mantener un registro histórico de la información, para detectar variaciones en el tiempo y evaluar el impacto de las medidas tomadas.

- p38. capacidad avanzada de monitoreo, análisis y simulación
  *Implementación de capacidades para el monitoreo y análisis de datos de bosques y ecosistemas forestales, como infraestructura habilitante para la generación de políticas de prevención y seguridad, ante distintos escenarios de riesgo.*
  Con el propósito de facilitar el monitoreo de los bosques y ecosistemas forestales, se deben orientar esfuerzos a la creación de capacidades de análisis y simulación, consistentes en un conjunto de herramientas tecnológicas, metodológicas y humanas que evalúen escenarios de riesgo. Esto potenciará la capacidad de respuesta frente a eventos o situaciones críticas, mejorando la capacidad de respuesta a eventos críticos y generando una mirada y planificación del sector forestal que integre otras variables del territorio.
  Nuestro país ya ha dado pasos hacia la implementación de un modelo de este tipo a través del Sistema Integrado de Monitoreo de Ecosistemas Forestales (SIMEF), a cargo de la subsecretaría de Agricultura y ejecutado por INFOR con la colaboración de CONAF y el Centro de Información de Recursos Naturales (CIREN). Por otra parte, se han impulsado iniciativas como la del "Instituto para la Resiliencia ante Desastres" (ITREND), de carácter público y privado, que busca desarrollar las capacidades nacionales para anticipar, resistir, absorber y adaptarse a las situaciones críticas en materia de desastres naturales.
- p39. programa nacional de asesoría técnica y extensión forestal
  *Establecer un programa permanente de asistencia técnica y extensión forestal que permita captar adecuadamente las demandas de las empresas y personas, asistirlas técnicamente y coordinar los esfuerzos de las diferentes instituciones públicas y privadas en esta materia.*
  El Ministerio de Agricultura ha promovido el acceso a la agricultura familiar a través de un sistema de extensión y apoyo a la innovación, pero ha sido primordialmente con un foco agropecuario. El Plan de asistencia técnica y extensión forestal propuesto, debe abarcar todas las dimensiones de la vida rural, para poder orientar apropiadamente con conocimiento actualizado la complejidad y diversidad de la realidad forestal. El ámbito productivo deberá ser conjugado con el ámbito social y ambiental, ya que los tres están fuertemente interrelacionados. Para lograr un trabajo exitoso, es importante que las acciones de desarrollo sean congruentes con la visión de los propios pro-

ductores acerca de sus necesidades y aspiraciones en el ámbito forestal. Se deben considerar los conocimientos tradicionales y compatibilizarlos con las posibilidades de apoyo institucional existentes. Esto demanda la construcción de confianza y el uso de métodos democráticos o participativos que involucren a los mismos destinatarios en el análisis.

Naturalmente, esto requiere capacitar a profesionales forestales pero, también, de distintos ámbitos en cuya formación curricular generalmente no incluyeron aspectos sociales y/o técnicas de participación social.

- p40. plataforma de monitoreo del flujo de carbono en chile
  *Diseñar una plataforma única de monitoreo del flujo de carbono en Chile, realizando un balance en tiempo real entre ingreso y egreso de gases de efecto invernadero. Esta plataforma permitirá orientar las decisiones públicas y privadas, conociendo el impacto real de las acciones que se ejecuten, y cuál es la brecha para alcanzar la carbono neutralidad.*

  Los países que han contraído compromisos en reducción de emisiones de gases efecto invernadero (GEI), deben contar con una estrategia consensuada socialmente. Dentro de esta estrategia, debe definirse cuáles son las fuentes de almacenamiento, transferencia y absorción de carbono, y cómo contabilizar todo el flujo desde el bosque nativo y/o plantación forestal hasta la elaboración en productos finales.

  El hacer pública esta información en una plataforma de libre acceso que muestre el stock de carbono emitido versus el absorbido, sirve de "termómetro" para la fiscalización social de la meta de carbono neutralidad asumidas por el Estado de Chile.

## Conclusiones

Es innegable la importancia que tienen los bosques para el futuro de la humanidad y del planeta, y es por ello que una estrategia de desarrollo sostenible del sector forestal debe pensarse tanto global, nacional y localmente. La necesidad de enfrentar con urgencia el cambio climático y el importante rol de los bosques en esta acción, generarán presión internacional sobre el sector para aumentar el área de bosques, preservar la biodiversidad, reducir

las emisiones, mitigar el cambio, y reparar los daños, con el fin de aumentar la resiliencia.

Dos presiones convergen sobre el sector forestal generando conflicto y debate. Por un lado está la conservación. Es necesario reconocer que el desarrollo de la humanidad ha puesto presión sobre la biodiversidad y sobre el clima, afectando de sobremanera a las poblaciones más vulnerables, acentuando aún más su situación de pobreza. La preservación y recuperación de la naturaleza, ante la evidencia científica consensuada mundialmente es un imperativo moral, ético y económico. Moral por las vidas de las personas, ético por los compromisos internacionales, y económico porque la sostenibilidad es cada vez más una condición para poder tener comercio internacional. Por otro lado está la necesidad de producir madera. Los desafíos de sostenibilidad de diversos sectores dependerán de un aprovisionamiento constante de productos del manejo forestal. La construcción, el reemplazo de los plásticos y las necesidades de manufactura local generarán una fuerte demanda de madera, justificada por la sostenibilidad de cada uno de esos sectores en forma independiente. Estas miradas de conservación y producción frecuentemente se entienden como antagónicas, pero tendremos que generar las condiciones de manejo sostenible del bosque y de las plantaciones para permitir el desarrollo de la sociedad sin perjudicar la biodiversidad, la disponibilidad de agua, y el desarrollo cultural y económico de los territorios en los que ocurre la extracción.

El sector forestal es sin duda uno de los más complejos, debido a su amplio impacto territorial, a la interacción con otros sectores y a la multiplicidad de servicios y productos que entrega a la sociedad. Adicionalmente el contexto económico, político, ambiental, social y tecnológico, a nivel local y global, varía cada vez más rápido. Los plazos de acción que impone la acción ante el cambio climático son cortos, particularmente comparados con los tiempos del manejo forestal y significa que no hay tiempo para ensayos y pruebas. La gestión rápida de la complejidad del sector forestal requerirá acción interdisciplinaria coordinada, con un monitoreo permanente y una constante adecuación para mantener el objetivo consensuado en el contexto cambiante. El ordenamiento político e institucional del país probablemente marcará el énfasis en el modelo de desarrollo, pero los compromisos internacionales demandarán transparencia y la mantención de los objetivos comunes para frenar el cambio climático.

Acuicultura Nativa

# Iniciativa para la Promoción de una Acuicultura Nativa en Chile

*Autores: Samantha Manchón, Francisca González, Amparo Briceño, Jacqueline González, Luis Carrasco*

La Mesa de Acuicultura Nativa es un proyecto de trabajo que fue concebida por el Senador Guido Girardi dentro de la Comisión de Desafíos del Futuro, Ciencia, Tecnología e Innovación del Senado de la República de Chile. Esta se conformó en la última semana de octubre de este año con el fin de identificar las problemáticas que aparecen al momento de crear actividad económica basada en acuicultura de especies nativas (particularmente las de naturaleza normativa) y caracterizar el futuro de una acuicultura nacional.

El objetivo general de la mesa es «que la acuicultura chilena sea una actividad dinámica, diversificada, innovadora, competitiva, sostenible, que contribuya significativamente a la economía local y nacional, sustentada por una gobernanza efectiva, y que sea un aporte relevante de alimento saludable para Chile y el Mundo».

Para lograr esto, a inicios del mes de noviembre fue propuesto un modelo de trabajo en el cual se identificaron los mayores tópicos y subtópicos que componen la discusión sobre el desarrollo de la acuicultura; estos son las capacidades, viabilidad, sustentabilidad y legislación acuícola.

Debido a este análisis, se conformaron tres comisiones de trabajo dentro de la mesa que tienen objetivos definidos:

- Capacidades para una acuicultura diversificada (preside Renato Quiñones, secretaria Marcela Ávila)
- Viabilidad técnica y socioeconómica de una acuicultura diversificada (preside Arturo Clement, secretario Jaime Maturana)
- Sustentabilidad ambiental y sanitaria de una acuicultura diversificada (preside Doris Soto, secretario Alejandro Buschmann)

## Nombre

Desde su origen, la comisión recibió el nombre de "acuicultura de especies endémicas", debido a que este representaba la idea del desarrollo del cultivo de especies marinas presentes en el territorio nacional. Sin embargo, surgieron muchos comentarios por parte de varios integrantes de la mesa a partir del concepto "endémico" presente en el nombre "Mesa de Acuicultura Endémica", ya que este se refiere a especies que habitan únicamente dentro del territorio nacional, siendo que existen especies de interés comercial para el país que se hallan distribuidas entre varios países de la región.

El Dr. Patricio Manríquez realizó una investigación sobre el concepto, y basado en la documentación ya existente en la normativa chilena y en la literatura científica, concluyó que un mejor concepto sería el de "nativo", ya que estas "Son aquellas especies que viven de forma natural en Chile, es decir que se cree que se originaron o llegaron naturalmente al país, sin intervención de las personas".

Con esta discusión en mente, se acordó durante la reunión de directiva de presidentes y secretarios de la comisión de la mesa (realizada el 10 de marzo de 2021) en la cual se aceptó el cambio del nombre de esta mesa a "Mesa de Acuicultura Nativa".

Este cambio de nombre tuvo influencia en los fines operativos para evitar confusiones técnicas a futuro, y no modifica en nada el objetivo principal o el trabajo realizado hasta la fecha.

## Descripción de comisiones

La comisión de Capacidades, dirigida por el Dr. Renato Quiñones, ha trabajado en la identificación de las brechas que impiden el fortalecimiento de programas de I+D+i (tanto fortalecer y racio-

nalizar programas I+D+i como capacidades para escalamiento y transferencias) y del capital humano (Tanto el fortalecimiento capital humano técnico y avanzado, Levantamiento de capacidades regionales, así como el fortalecimiento del capital social).

La comisión de Viabilidad, dirigida por Arturo Clement, ha trabajado en la identificación de brechas que impiden la diversificación de la acuicultura (especies, tecnologías y escalas de producción) así como la de fortalecimiento de la comercialización, valor agregado y mercados (locales, regionales, nacionales e internacionales).

La comisión de Sustentabilidad, dirigida por la Dra. Doris Soto, se encuentra coordinando los trabajos en los cuales se están identificando las brechas que demoran los procesos de evaluación y monitoreo de impactos ambientales y sanitarios, adopción de buenas prácticas y tecnologías limpias (ambientalmente sustentables) y zonificación y ordenamiento territorial para una acuicultura diversa y sustentable.

Todo el trabajo realizado —esto es, documentos de texto y documentos Excel, literatura compartida e invitaciones a eventos— se encuentran almacenados en una carpeta de Google Drive donde todos los miembros de la mesa tienen libre acceso para ver y editar.

## I. Comisión Capacidades para una Acuicultura Diversificada

En el presente capítulo de la comisión de Capacidades para una acuicultura diversificada con énfasis en especies nativas, se aborda los siguientes tópicos: (1) Fortalecimiento de programas I+D+I, en ello se analizan los siguientes subtópicos: (1.1) Fortalecer y racionalizar programas I+D+i; (1.2) Fortalecer capacidades para escalamiento y transferencias; (2) Capital humano y; (3) Capital social. En ello se analizó el estado actual de esta temática con sus respectivas metas, problemas y propuestas de soluciones.

### I. 1. Fortalecimiento programas I+D+i

#### a. Fortalecer y racionalizar programas I+D+i

**Meta:** Que el país posea una institucionalidad sólida y eficiente, que cuente con los recursos necesarios para promover y potenciar la diversificación acuícola.

El problema que se identificó para concluir la presente meta es el

carecimiento de una política pública y privada que implemente un financiamiento de largo plazo integrada y coordinada con la finalidad de desarrollar los programas I+D+i basada en la participación, eficacia y atingencia en la actualidad. De tal manera se propone como soluciones, el requerimiento de establecer una Política Nacional para la Diversificación de la Acuicultura con énfasis en las especies nativas, basada en el fortalecimiento y racionalización de la Institucionalidad pública que contemple una participación informativa, descentralizada y proactiva. Con el fin de contribuir al desarrollo integral sustentable a nivel local, regional y nacional.

**Meta:** Poseer un sistema de evaluación de los concursos para financiamiento de I+D+i que conozca e incorpore las características del sector acuícola manteniendo altos estándares de calidad.

La identificación del problema responde a que los comités de evaluación respectivos a los programas I+D+i relacionados al área de la producción acuícola carecen de interdisciplinaridad y experiencia en proyectos productivos. Para lo anterior las soluciones propuestas corresponden a establecer una estructura evaluativa y de asignación de proyectos de diversificación acuícola que contemple multidisciplinariedad y amplitud en el objetivo de los programas I+D+i.

**Meta:** Generar y/o fortalecer instrumentos de financiamiento para incrementar el valor agregado de productos provenientes de una acuicultura diversificada

Dentro de los problemas observados, estos respectan a la falta de instrumentos para aumentar el objetivo de la meta planteada. Para ello se propone considerar la creación de un programa nacional de recursos marinos y de acuicultura para la diversificación acuícola con énfasis en especies hidrobiológicas nativas.

**Meta:** Desarrollar una acuicultura sustentable y diversa en todas las zonas del país donde existan oportunidades y ventajas comparativas.

Actualmente las agendas de los gobiernos regionales cuentan con un escaso análisis del potencial acuícola de sus territorios. Para ello es necesario el establecimiento de una Política Nacional para la Diversificación de la Acuicultura con énfasis en las especies nativas, en ello se pretende integrar el capital humano y el capital social en las agendas de los Gobiernos Regionales.

**b. Fortalecer capacidades para escalamiento y transferencias**

**Meta:** Facilitar la etapa de escalamiento de los cultivos diversificados.

Mediante el análisis realizado por la Comisión de Capacidades se identifica que existe un desconocimiento en las debilidades que dificultan el proceso de escalamiento y transferencia tecnológica en diferentes actores y zonas, para la diversificación de la acuicultura de especies hidrobiológicas nativas. Para lo anterior se propone efectuar un estudio que permita identificar las dificultades que permitan comprender, internacionalizar y desarrollar efectiva e integralmente la transferencia tecnológica y escalamiento.

Sin embargo, actualmente se cuenta con una infraestructura básica, insuficiente para desarrollar iniciativas de diversificación acuícola de especies nativas. Con respecto a las soluciones propuestas, estas se relacionan con la coordinación de las diferentes instituciones públicas correspondientes a la implementación del borde costero nacional, como también se requiere establecer una legislación costera que apoye a la planificación territorial costera con el objetivo de incrementar la actividad acuícola de especies nativas en los territorios.

**Meta:** Mejorar la transferencia tecnológica de identificación del problema a los emprendimientos de diversificación acuícola.

Con respecto a la presente meta se identificó que los problemas relacionados corresponden a la actual institucionalidad insuficiente para la transferencia tecnológica para las iniciativas de cultivo acuícola de especies nativas y el difícil acceso y comprensión al conocimiento generado de los programas I+D+i financiado con fondos públicos. Dado lo anterior dentro de la propuesta de soluciones se plantean la creación de una estructura que se encargue del desarrollo integrado de la acuicultura diversificada respecto a la transferencia tecnológica, en ello es necesario efectuar un asesoramiento y acompañamiento constante para la pequeña y mediana escala, también se debe incentivar a la transferencia tecnológica integral y sustentable desarrollando la asociatividad y multidisciplinariedad respectivamente.

**Meta:** Facilitar la etapa de escalamiento de los cultivos diversificados.

Dentro de los problemas identificados estos se relacionan con las limitaciones del orden territorial para las etapas de escalamiento, insuficiente conocimiento y centros de producción de se-

millas, juveniles y plántulas, como también la dificultad para obtener insumos y alimentos de la industria a gran escala para los pequeños y medianos acuicultores. Dado lo anterior se requiere planes de desarrollo acuícola, avanzar hacia una micro zonación costera participativa, establecimiento de centros multipropósito basado en el apoyo, escalamiento y cooperación en la pequeña y mediana escala.

### c. Capital humano

**Meta:** Crear una masa crítica de capital humano de diversos niveles de educación técnica y superior que provea el soporte para el desarrollo de una acuicultura nacional y diversificada.

En relación con los problemas identificados, estos se relacionan con la necesidad de políticas que sean a largo plazo para la formación del capital humano, calidad en la formación del capital humano en diversas instituciones educativas con un insuficiente énfasis en la interdisciplinariedad y formación para la acuicultura diversificada y sustentable, causando a su vez un decrecimiento en el interés de estudiar y formarse laboralmente en áreas vinculadas con la acuicultura. Las propuestas de soluciones indican que es necesario que las políticas gubernamentales aporten con los recursos pertinentes a los sectores educacionales correspondientes para así poder operar e incentivar a las actuales y futuras generaciones de carreras relacionadas al área de la acuicultura diversificada y sustentable. Adicionalmente se propone generar instancias de interacción de intercambio de conocimiento y experiencias de la comunidad, integrando de esta manera la participación ciudadana. Para solucionar lo anteriormente señalado se propone actualizar la ruta de conocimiento contemplado en la actualidad, como por ejemplo el sistema nacional de capacitación, mallas curriculares de las carreras de pregrado relacionadas a la acuicultura, contemplando la multidisciplinariedad de las áreas vinculadas, tales como, ciencias naturales, tecnológicas y ciencias sociales, en este sentido también se propone promover la interdisciplinaridad.

**Meta:** Proveer una capacitación adecuada y oportuna para emprendedores y trabajadores para el desarrollo de una acuicultura nacional diversificada.

Actualmente se tiene una baja información respectiva a los contextos y necesidades de capacitación de trabajadores y emprendedores relacionados a una acuicultura diversificada. Dado ello se

propone como solución contar una información actualizada regional y así poder generar un diagnóstico de los niveles educacionales y de capacitación de trabajadores y emprendedores del área vinculada a la diversificación acuícola, para así poder redireccionar y converger hacia el entendimiento de las necesidades y a la co-creación de ideas para desarrollar soluciones a los actuales desafíos. Lo anterior se propone que debiese ser implementado permanente en la educación básica técnica profesional y en la educación superior, con la finalidad de generar a mediano y largo plazo una interconexión social para desarrollar la diversificación acuícola.

**Meta:** Mejora de capacidades de los emprendedores acuícolas individuales y organizaciones de pescadores artesanales mediante un uso óptimo de programas de apoyo estatal.

La identificación del problema indica que los acuicultores de Acuicultura de Pequeña Escala a nivel individual, organizaciones de pescadores artesanales se encuentran con una baja conexión con falencias de apoyo estatal, causando una limitación efectiva en el desarrollo. Las propuestas de solución mencionan que la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura defina a la Acuicultura de Pequeña Escala como un concepto que integre los términos de espacial y productivo. Además, se requiere un mejoramiento en el aparataje institucional, en ello se propone la creación de una unidad o departamento de acuicultura en el organismo estatal de INDESPA, con los requerimientos humanos idóneos y la interconexión de las diferentes disciplinas respectivas. Y también se propone una mayor difusión a nivel social de los programas vinculados al fortalecimiento del capital humano.

### d. Capital social

**Meta:** Fortalecer las diferentes dimensiones del capital social para promover y desarrollar una acuicultura diversificada en el país con especial énfasis en especies nativas.

Los problemas identificados corresponden a: (1) Comunidades costeras y otros usuarios relevantes de los ecosistemas costeros con insuficientes redes de asociatividad y experiencias para reconocer las oportunidades y desafíos de la acuicultura y su desarrollo centrado en la diversificación acuícola y el acceso a mercados; (2) Gobiernos regionales con poco conocimiento acerca del potencial de la acuicultura y la importancia de su diversificación

para el desarrollo local y regional; (3) Poca claridad respecto del posible rol que pudiesen tener las cooperativas como herramientas para apoyar la diversificación acuícola de pequeña y mediana escala; (4) Insuficientes programas y acciones destinadas a la participación de las mujeres en el desarrollo de la APE; (5) La acuicultura, tiene un limitado capital social que requiere ser incrementado para potenciar el desarrollo sustentable de la actividad.

Las soluciones propuestas para cada contexto de los problemas identificados correspondientes al primer problema se relacionan con la necesidad de establecer un proyecto común basado en el compromiso, colaboración, cooperación e independencia de cada uno de los participantes, para ello se requerirá desarrollar capacitaciones a distintos actores de la comunidad costera y usuarios de los ecosistemas costeros. Para lo anterior se debería contar con la gestión y cooperación de las entidades institucionales respectivas.

En relación con la propuesta de solución para el segundo problema identificado, menciona potenciar a los organismos públicos correspondientes, en colaboración con la academia, para acompañar y mejorar la interacción durante los planes de desarrollo acuícola.

Para el tercer problema señalado, se propone establecer una Política de Diversificación debería estimular a la cooperación para la producción acuícola de pequeña y mediana escala, lo anterior lo debería estimular INDESPA, mediante la generación de asociaciones por los beneficiarios que lo realicen, para así permitir un desarrollo a largo plazo para las comunidades.

Respecto al cuarto problema, la propuesta de solución frente a la situación histórica de la baja representatividad y reconocimiento de la mujer en la pesca y acuicultura es necesario la implementación de una Política de Género en ambos sectores, que garantice la equidad y condiciones justas para el desarrollo de las actividades y oportunidades.

Para el quinto problema se propone como mecanismo de solución fomentar desde los GORES para el fortalecimiento y mejoramiento de las instancias de cooperación con distintos sectores y territorios. Por otra parte, se requiere incorporar temáticas acuícolas en los programas educacionales transversales que permitan transmitir el conocimiento de la acuicultura chilena a la comunidad. Además, es necesario una mayor promoción por parte de INDESPA en el vínculo de pequeños productores con instituciones públicas encargadas en la distribución alimentaria a sectores prio-

ritarios de la población y establecimientos de educación primaria y secundaria. Se requiere una mayor incorporación en campañas de consumo de productos acuícolas, y generar vínculos con organismos internacionales para la cooperación y beneficio mutuo.

### Conclusiones

En la presente Comisión de Capacidades se pudo identificar y determinar los principales problemas existentes en la actividad acuícola nacional y en ello por medio de la experiencia del estado actual de la acuicultura a pequeña, mediana y gran escala se pudieron proponer soluciones como mecanismos de estrategias para desarrollar una acuicultura sustentable a nivel local, regional y nacional, basada en la diversificación acuícola enfatizada en especies nativas.

Para lograr lo anterior es necesario implementar una Política Nacional para la Diversificación de la Acuicultura con énfasis en las especies nativas, que aborde los tópicos respectivos al fortalecimiento de programas y racionalización I+D+I, fortalecimiento de las capacidades para escalamiento y transferencias, capital humano y capital social. Por lo anterior debiese efectuarse en base a una institucionalidad racionalizada, informada, participativa y colaborativa, para que sea estable e integral con las diferentes realidades de las comunidades costeras del país.

## II. Comisión de Sustentabilidad ambiental y sanitaria de una acuicultura diversificada

El análisis realizado en el documento de la comisión de sustentabilidad se basa principalmente en la categorización de los cultivos existentes hoy en Chile, los que se clasifican según su tipo de alimentación, el grado de contención y el proceso productivo.

### II. 1. Antecedentes generales

Según el tipo de alimentación, aquellos cultivos que requieren ser alimentados son todos aquellos referidos a la producción de peces, mientras que los extractivos son aquellos cultivos de especies que obtienen el alimento o los nutrientes desde el ambiente circundante. Según su grado de contención, se tienen aquellos cultivos que son cerrados o contenidos, así como también cultivos

abiertos, flotantes y conectados con el ecosistema que lo rodea. Finalmente, dado su proceso productivo, se observan las diferencias según su uso u ocupación de insumos, recursos, infraestructura y productos.

Para discutir sobre los problemas y desafíos desde un enfoque de sustentabilidad asociado a la acuicultura, es necesario definir conceptos que ayudan a entender y contextualizar esta actividad productiva. Uno de ellos es el Enfoque Ecosistémico de la Acuicultura (EEA) que se define como una estrategia para la integración de la acuicultura dentro de un ecosistema mayor que promueve el desarrollo sustentable, la equidad y resiliencia de los sistemas socio-ecológicos interconectados (FAO, 2011). Otro concepto relevante es la capacidad de carga, que hace referencia al nivel de uso de recursos humanos y animales que pueden sostenerse a largo plazo a través del poder regenerativo del ambiente (Ross *et al.*, 2013). Este concepto involucra tanto factores físicos y productivos, como sociales y ecológicos que, para su aplicación, requiere delimitar o definir los bordes del cuerpo de agua o ecosistema que contiene a la acuicultura (Aguilar *et al* 2016).

Entendiendo los conceptos anteriores, es que se pueden analizar las distintas problemáticas que afectan a las distintas categorías de acuicultura existentes y buscar soluciones para un desarrollo óptimo de esta actividad en las costas de Chile.

### II. 2. Cultivo de peces y otros organismos alimentados

Al hablar de los principales problemas y desafíos sanitarios en la acuicultura, la causa más común de pérdida productiva y, por consecuencia, también económica, es la aparición, recrudecimiento, expansión y prevalencia de enfermedades; posicionando las problemáticas sanitarias como una de las principales limitaciones para el crecimiento del rubro.

Esta problemática no sólo causa pérdidas económicas y conflictos sociales, sino que también amenaza a los ecosistemas naturales donde se desarrolla la acuicultura. Tanto la posible transmisión y diseminación de enfermedades como el uso de antimicrobianos y otras sustancias químicas empleadas para prevenir o tratar las enfermedades, terminan en el ambiente natural, volviéndose una amenaza latente para los ecosistemas acuáticos. Una fuente de residuos indeseados son las materias primas utili-

zadas en la preparación de alimentos para engorda, como la harina de pescado, que potencialmente podrían alterar las características organolépticas y de seguridad alimentaria asociadas.

Sobre los desafíos ambientales, el uso de agua dulce en localidades con escasez hídrica plantea un escenario drástico en torno al cambio climático. También, el uso del espacio costero para sistemas acuícolas en tierra surge como una problemática, ya que existe interferencia directa con lugares de relevancia ecológica como por ejemplo los humedales. Ante esto, es de suma importancia el ordenamiento territorial al momento de pensar la acuicultura en sí misma.

En cuanto a los aspectos normativos, estos deberían asegurar la sustentabilidad del sector a través de reglamentos e incentivos que determinen tanto la forma de producción, los sistemas productivos y las especies en cuestión, así como la producción máxima y su distribución en el espacio disponible. No obstante, las normativas actuales no abordan adecuadamente la capacidad de carga, productiva ni ecológica de los ecosistemas. No se perciben los impactos aditivos y sinérgicos que producen numerosos centros de cultivo y otras actividades (Soto *et al*, 2020a), y a pesar de la existencia de estudios sobre la temática (Universidad Austral de Chile, 2007), no existen cambios normativos. Tampoco existen monitoreos históricos ni permanentes para evaluar el impacto de la salmonicultura y la miticultura, por lo que se manifiesta una falta de avance a la par entre la normativa y el crecimiento de la industria acuícola chilena, dejando en evidencia la falta de integración multitrófica y otros usos de la acuicultura y la pesca, desde un enfoque ecosistémico dentro de la Ley General de Pesca y Acuicultura.

### a. Peces (u otras especies) alimentados en cultivos en tierra en sistemas cerrados o semicerrados

Como se mencionaba anteriormente, existen problemas asociados al uso de agua dulce en lugares donde el recurso es escaso, lo que podría cambiar en escenario de cambio climático, especialmente en las principales regiones productoras de ovas y *smolts* (Soto *et al.*, 2019, León-Muñoz *et al.*, en prensa).

Los riesgos sanitarios de eliminar el agua empleada en cultivos en tierra directamente en un río, conteniendo no solo desechos producidos por las especies cultivadas, sino que también otros compuestos incorporados por la propia práctica productiva, como

por ejemplo antibióticos, pueden impactar la estructura y dinámica tanto de ríos, lagos, estuarios como de humedales y zonas costeras si no existe desinfección.

El conocimiento sobre los efectos de los desagües de piscicultura sobre los sistemas bentónicos de los ríos y estuarios es limitado. No existe normativa que asegure monitoreos ambientales integrados cubriendo cuencas y/o ecosistemas costeros que reciben efluentes de sistemas de cultivo alimentados cerrados o semicerrados en tierra.

Como urgencia, reducir el uso de alimentos que tengan como fuente harina o aceite de pescado es fundamental, ya que son los principales problemas asociados a los desechos sólidos y líquidos de las pisciculturas de salmónidos (Nimptsch *et al*., 2015, Quiñones *et al*., 2019, Encina *et al*., 2020). El uso de ingredientes certificados que garanticen desde el origen mínimos impactos en el medio, el uso de ingredientes basados en insectos, macro y microalgas u otros organismos más cercanos a la base de la productividad trófica, se observan como medidas de mitigación a la contaminación del agua.

En cuanto a aspectos normativos, no existe una claridad sobre el movimiento de especies nativas del país fuera de su rango natural de distribución y/o cuyos genes provienen de poblaciones con características diferentes y disjuntas de aquellas en los ecosistemas receptores. Las normativas deben incluir no sólo los efectos individuales de cada centro, sino efectos sinérgicos y aditivos, a través de sistemas de vigilancia integral en línea que permita conocer los parámetros físico-químicos del agua que están descargando al cuerpo receptor. Así, para la instalación de un centro de producción acuícola debe realizarse previamente un estudio técnico que considere la estimación de los caudales ecológicos que permita un conocimiento acabado sobre la situación geográfica, considerando amenazas como la reducción de precipitaciones en el actual escenario de cambio climático, que podría reducir la disponibilidad de agua y calidad de la misma para las pisciculturas de agua dulce (Soto *et al* 2020, León-Muñoz *et al* en prensa).

### b. Peces (u otras especies) alimentados en sistemas flotantes abiertos

Todas las ejemplificaciones se enfocan en gran medida a la experiencia de la salmonicultura. El cultivo de nuevas especies debe

tener estudios línea base y monitoreos sanitarios constantes desde sus inicios. Los criterios de distribución espacial se limitan a variables sanitarias que no incluyen variables como el cambio climático y el manejo ecosistémico y el uso integrado en los territorios. Para evitar complicaciones mayores en el desarrollo de la acuicultura, deben incluirse sistemas de monitoreo desde un comienzo de su implementación. En esta categoría, también se incluyen problemáticas asociadas al uso de harina y/o aceite de pescado para la alimentación, aparición de enfermedades que afectan la producción, las que se derivan de la gran densidad de peces en los sistemas flotantes, así como también los cambios que generan en el ecosistema circundante.

### II. 3. Moluscos y otras especies extractivas (no alimentadas)

Parte de la información disponible en cuanto a cultivos de especies filtradoras en sistemas abiertos proviene del Mejillón chileno (Mytilus chilensis). Este tipo de cultivos han tenido un aumento explosivo, generando altas tasas de empleabilidad, donde se desarrollan y mantienen líneas de investigación conjuntamente relacionadas a un sistema de monitoreo y vigilancia permanente, el cual es esencial para el desarrollo de buenas prácticas.

En el caso de las especies extractivas, la amenaza de microalgas tóxicas que afectan a las semillas o directamente la fase de engorda, aumentan el riesgo de enfermedades. Por otra parte, la captación excesiva de semillas puede afectar la sostenibilidad de los bancos naturales, al igual que la extracción excesiva de fitoplancton. No se ha evaluado la interacción de la miticultura con otros recursos pesqueros, sin embargo, sería importante evaluar los efectos negativos y positivos de los cultivos de engorda de mejillones pues a la vez están utilizando exceso de nutrientes (Camelo *et al*, 2021).

Recopilar información de cultivos de bivalvos a nivel global podría incentivar y fomentar las buenas prácticas, ya que existe falta de información sobre enfermedades asociadas a su cultivo e incluso podría permitir la optimización de la gestión de residuos, como las conchas producidas por la miticultura, revalorizándolas como biomaterial, por ejemplo.

Publicaciones internacionales de los últimos 10 años (Lacoste *et al*, 2020) revelan importantes impactos ambientales en los sedimentos bajos sistemas de cultivo de mejillones en altas densidades

y debe considerarse que la densidad de cultivo de choritos en varias comunas del sur de Chile ocurre en densidades altas. Conjuntamente a esto, se encuentran los impactos de desechos plásticos, boyas, cuelgas y otros asociados a la misma ejecución práctica.

Existen programas como el de Sanidad de Moluscos Bivalvos (PSMB), que tiene como objetivo salvaguardar la inocuidad de los productos para exportación, lo que también ha aportado a la obtención de valiosa información ambiental bio-oceanográfica con una amplia cobertura temporal y espacial en el mar interior de la región de Los Lagos (Bibliomit, 2021).

### II. 4. Cultivo de macroalgas (como alimento y/ o para producir otros bienes y servicios)

El *peak* de cultivo de algas fue hace aproximadamente 25 años y, actualmente, la mayoría de los desembarques se obtienen de praderas naturales. La complejidad de estos organismos hace requerir una mayor investigación para la comprensión de los procesos en los cuales se ven involucrados como, por ejemplo, su rol de hábitat para un gran número de especies al momento de pensar en el cultivo de macroalgas.

En China se ha demostrado que el cultivo a gran escala puede reducir las cargas de nitrógeno disuelto en la columna de agua. Sin embargo, los cultivos existentes en nuestro país, aún son a pequeña escala.

Se ha fomentado el cultivo con la ley de bonificación para el repoblamiento y el cultivo de macroalgas, pero la acuicultura no ha sido posible de forma masiva. De particular relevancia resulta en esta línea la promulgación del "Reglamento de Acuicultura de Pequeña Escala" actualmente en proceso de formalización, cuya normativa favorece la acuicultura de pequeña escala, modificando el Reglamento de Concesiones de Acuicultura y normativa ambiental.

Por la luz necesaria, los cultivos algales necesitan una mayor superficie productiva. El cultivo de algas debe ser valorado científica y económicamente para establecer incentivos y pagos por servicios ambientales (Chopin y Tacón, 2020). Para eso, es necesario mejorar las cadenas productivas, el valor agregado y la valorización de los servicios ecosistémicos que brindan estos organismos.

## II. 5. Cultivos multitróficos integrados (considerando peces alimentados y especies extractivas/filtradoras)

### a. Acuicultura Multitrófica integrada

Esta se define como el co-cultivo de (i) especies alimentadas, por ejemplo, salmones y seriolas, con (ii) especies extractivas y/o filtradoras, las que pueden establecerse al mismo tiempo, en una distribución espacial o en una distribución temporal, previo análisis de potenciales riesgos y a diseño de IMTA. No obstante, esta figura no está explicitada y detallada en las normativas actuales.

Es importante revisar cómo interfiere el cultivo de una especie sobre el cultivo de la otra, evaluando la distancia y disposición física que permitan establecer protocolos ambientales para efectos mitigadores de especies extractivas.

### b. Acuicultura *off-shore*

El crecimiento de la acuicultura off shore o costa afuera puede estar dominada por especies carnívoras, lo que puede aumentar la presión sobre la harina y aceite de pescado. Mientras que los impactos en sedimentos son menos probables, pero no imposibles, existe menos probabilidad de eutrofización local, pero esto puede potencialmente fomentar la proliferación de microalgas. Directamente, este tipo de acuicultura no afecta a los ecosistemas costeros, pero sí indirectamente a través de la potencial construcción de infraestructura de desembarco.

Dadas estas características, existe una menor cantidad de enfermedades y parásitos por las profundidades y distancias entre granjas, además de existir el mínimo de competencia por espacio. Por otra parte, las condiciones climáticas en alta mar pueden propiciar el escape de individuos ante eventos extremos. Finalmente, es necesario definir claramente qué cultivos serían realmente considerados "off-shore".

## II. 6. Cambio climático y otros forzantes ambientales

De acuerdo con Freón et al. (2009), el cambio climático ya ha sido identificado como la causa de cambios significativos en el funcionamiento físico, bioquímico y biológico del océano, afectando también la magnitud y los patrones de la variabilidad climá-

tica natural y los procesos de interacción océano-atmósfera.

El calentamiento de la atmósfera ha generado el consecuente incremento de la temperatura superficial del mar (TSM) en el océano. Sin embargo, en algunos ecosistemas marinos se ha producido una respuesta contraria, donde se observa un enfriamiento de la zona costera, específicamente en los "ecosistemas de surgencia", tales como California, Benguela y Humboldt (Bakum *et al*. 2010).

Los efectos del cambio climático en distintos ecosistemas no serán homogéneos. Es difícil establecer un patrón claro de respuesta, efectos e impactos, pero existen generalidades comunes como: Floraciones Algales Nocivas (FAN), incremento de eventos extremos, lo que se puede ver reflejado en pérdidas de infraestructura y producción. Por otra parte, los cambios en temperatura, pH o salinidad pueden afectar las condiciones químicas del océano, viéndose afectadas las poblaciones naturales y bancos semilleros.

En temas de gobernanza y normativa, Chile cuenta con un Plan de Adaptación al Cambio Climático en Pesca y Acuicultura. Este plan se encuentra en las medidas comprometidas por Chile en el marco del Plan Oceánico Nacional basado en la Política Oceánica Nacional de Chile del año 2018. Con apoyo de FAO y GEF, Chile ha desarrollado el proyecto "Fortalecimiento de la Capacidad de Adaptación al Cambio Climático en el Sector Pesquero y Acuícola Chileno".

### II. 7. Repoblamiento por medio de la acuicultura

Han transcurrido 4 años desde el primer concurso de bonificación para la acuicultura con algas, uno de los primeros instrumentos que visibiliza la acuicultura a pequeña escala. Con este, se pueden generar indicadores de eficiencia, desarrollar procesos de mejora y optimización del programa. Asociado a este, existen desventajas y aprendizajes, como:

Un desfase entre los tiempos del levantamiento anual de los concursos y el ciclo biológico del alga.

Productores se han enfocado en un sólo tipo de alga, debido al bajo acceso a plántulas y a la falta de escalabilidad del proceso en otras especies. No hay una definición clara de cómo realizar repoblamiento.

Problemática de acceso al capital de trabajo ya que, al ser fondos concursables, existe una incertidumbre sobre su adjudicación in situ.

Se debe avanzar hacia la consolidación de una red de *hatcheries*

que provean de plántulas de diferentes tipos de macroalgas a nivel nacional, generar convenios de colaboración y transferencia con universidades.

Finalmente, como solución se puede mencionar una mejora en los incentivos para los cultivos de algas, un aumento de la fiscalización y el control sobre las praderas naturales.

**Principales Conclusiones**

En cuanto a las principales conclusiones de este documento, estas se pueden categorizar en problemáticas, brechas y soluciones de cada tipo de acuicultura, siendo estas muchas veces compartidas y transversales a cada una de ellas.

A modo general, los principales problemas y desafíos ambientales en todo tipo de acuicultura se asocian a los patógenos o parásitos que pueden afectar los cultivos, interfiriendo en el proceso productivo, los cuales repercuten no sólo en la actividad misma, sino que también tienen impactos negativos en aristas sociales, ecológicas, económicas y ecosistémicas. Otra problemática son las brechas normativas y de conocimiento que se tienen en los distintos tipos de cultivo, que impiden un avance rápido y sustentable según la demanda actual.

Los principales desafíos están asociados al ordenamiento territorial, uso de recursos naturales como el agua en zonas de escasez hídrica, uso de harina o aceite de pescado como alimento, donde se hace necesario buscar fuente de materias primas alternativas. Uno de los desafíos más importantes se asocia a la prevención de problemas en los cultivos.

Para hacer más resilientes los cultivos, son necesarias menores densidades de producción, mejor gestión, transición menos estresante de piscina a mar en caso de peces y mejorar eficiencia de captación de semilla en bivalvos. Es posible que los fenómenos FAN estén siendo potenciados también por los nutrientes que genera la acuicultura (Soto et al 2019, Soto *et al* 2020b).

Otros desafíos se encuentran en los programas de alerta temprana a FAN, los que, a pesar de su gran utilidad, tienen capacidad variable para reducir o evitar el daño inmediato a la producción o la comercialización. También, es necesario incrementar el estudio del impacto de forzantes ambientales asociados al cambio climático y el aumento del CO2 en el mar a lo largo de Chile, lo que se

puede complementar con la elaboración de mapas de riesgo para el desarrollo de la acuicultura futura tanto en sistemas de tierra (dependientes de agua dulce) como marinos, incluyendo tanto la zona Norte como Sur. De igual manera, se debe integrar información público-privada, mejorar los sistemas de modelamiento, pronóstico y alertas tempranas, seleccionar genéticamente cepas más adaptadas a las nuevas condiciones, mejoramiento y aseguramiento de la infraestructura para hacerla más resistente, reutilización y devolución de conchas y exoesqueletos al ambiente marino para favorecer la resiliencia frente a reducciones de pH y desarrollo de sistemas amigables con el ambiente que permitan prevenir y reducir el impacto de fenómenos algales nocivos (FAN) sobre la acuicultura.

Por otra parte, desde una visión administrativa, la reestructuración de las instituciones que tienen injerencia sobre el manejo del borde costero es fundamental. Se deben establecer sistemas de monitoreo permanente de las condiciones ambientales de los cuerpos de agua donde se realiza acuicultura, desarrollar estrategias pedagógicas dirigidas a instituciones, sector privado y usuarios para dar a conocer el EEA, avanzar en el reglamento que establezca condiciones ambientales y sanitarias para las APE y, finalmente, evaluar la creación de una entidad encargada solo de los procesos de control y fiscalización del sector acuícola.

Existen mecanismos adicionales, a menudo complementarios, que no reemplazan el papel del Estado pero que pueden facilitar la implementación de normativas, como lo son las certificaciones específicas. Para implementar un EEA hay que definir los alcances territoriales, la capacidad de carga de los ecosistemas y propiciar además el desarrollo de planes de manejo con enfoque ecosistémico. Una revisión y planificación espacial considerando todo sistema productivo cuyas actividades acuícolas sean incorporadas a diferentes escalas es necesaria, incluyendo la visión de pueblos indígenas y la multidimensionalidad que adquiere el territorio.

## III. Comisión de Viabilidad técnica y socioeconómica de una acuicultura diversificada

La comisión de Viabilidad técnica luego de su trabajo condensó las observaciones de impedimentos en el desarrollo técnico y socioeconómico de la acuicultura en 4 mayores problemas, que se

convierten en metas-objetivo, en los cuales los especialistas de la comisión entregan acciones que deben ser consideradas en el fomento y consolidación de la acuicultura de otras especies nativas como fuente de alimento de alta calidad.

### III. 1. Falta de interés del sector privado para invertir en diversificación acuícola.

- El proceso de diversificación de la acuicultura de nuevas especies nativas requiere de la creación de conocimiento básico y aplicado que constituya una tecnología que permita cultivar en cautiverio las especies hidrobiológicas de interés. Las fases de investigación deberán abarcar los procesos reproductivos, la cría de nuevos ejemplares, su crecimiento y cosecha, esto en una plataforma formada por la ingeniería, la nutrición y salud de los animales acuáticos, entre otros ámbitos necesarios. Estas fases, para que sean de utilidad deberán demostrar su viabilidad y escalabilidad que aseguren en el futuro que un actor (comunidad, empresa u otra agrupación) lo usen con éxito y cumplan con el propósito de producir un nuevo producto para la alimentación humana desde la acuicultura. Este desarrollo está marcado por los "tiempos biológicos" de las especies animales que poseen generalmente ciclos anuales lo que hace que el validar, repetir y optimizar cada una de las componentes de la tecnología requiera de plazos de al menos 15 años.
- Es clave definir las especies que serán sujeto de un programa de diversificación. Se deberá considerar el potencial económico como negocio futuro, el conocimiento existente a la fecha, la existencia de capacidades (infraestructura, equipamiento, capital humano, etc.) en el territorio donde se vaya a realizar la labor, la futura demanda de insumos clave como la proteína animal o vegetal, existencia de proveedores de servicios (equipos para los sistemas hidráulicos para las operaciones en tierra o mar, insumos como alimentos y medicamentos para las especies en cultivo), la determinación de zonas apropiadas para la acuicultura y reservarlas para este tipo de iniciativas. Se debe considerar con un tenor importante que el país debe contar con apoyos para estas iniciativas de alto riesgo cuenten con los incentivos tributarios o subsidios directos para programas de diversificación en los plazos que

requiere la iniciativa.

- El desarrollo social y económico en las localidades aisladas y remotas donde se realiza acuicultura y las ventajas competitivas que se obtienen de los encadenamientos territoriales, hacen necesario e imperioso trabajar en esta área. De otra forma y dado que es una actividad con creciente externalización de servicios y con una presión constante de reducción de costos, su desarrollo futuro se torna complejo si no se estimula y potencia la creación de respuestas locales que atiendan a los requerimientos de la acuicultura.
- El sector acuícola nacional cuenta con el potencial para diversificar su actividad y atomizar en alguna medida - de a poco y en forma gradual -, su estructura, permitiendo así el desarrollo de más y variados proveedores, disminuyendo los riesgos de concentración, aumentando su competitividad y logrando mayor profundidad.
- Lograr la diversificación acuícola en Chile permitirá entre otras cosas, reducir la dependencia de un solo un producto, diversificar la oferta, incrementar la competitividad y generar nuevas tecnologías productivas en otras regiones del país fomentando su desarrollo económico. De esta manera y a través del cultivo y comercialización de nuevas especies endémicas de alto potencial económico se logrará incorporar a más y nuevos actores a este sector, robustecerlo, diversificar riesgos, capturar nuevas oportunidades de mercado complementando la oferta actual e incrementando las exportaciones.
- La cadena de valor se inicia en la genética, luego las diferentes etapas productivas, según sea la especie, procesamiento y finalmente la comercialización. La administración del negocio – sea Acuicultura de Pequeña Escala o AME - en sus diversas formas apoya el fortalecimiento de la cadena de valor por ende el incentivo a la investigación básica y aplicada es fundamental tanto como proveer de infraestructura de servicios.
- El desarrollo de los mercados es fundamental y siempre resulta más fácil cultivar especies conocidas o sustitutos para los mercados destinos, más que salir a abrir mercados a productos nuevos o desconocidos. En el marco del desarrollo científico y tecnológico, la creación de nuevo conocimiento que deriva en nuevas tecnologías debe ir siempre acompañado del análisis, la estrategia y las acciones de propiedad intelectual, ya que este conocimiento se constituye como un activo intangible que ad-

quiere un rol estratégico para las organizaciones y para el país. Sin embargo, no corresponde a una condición inhabilitante de la diversificación de la acuicultura, y si debe ser parte de la preparación de cualquier programa que vaya a impulsar la I+D+i de nuevos cultivos acuícolas en donde se deberá plantear cómo y cuándo se protegerá el conocimiento tecnológico que vaya a resultar del programa.

- Los alimentos que provienen del mar y de la acuicultura en particular, ocupan una posición destacada para contribuir a la seguridad alimentaria de la población ya que son altamente nutritivos, ricos en vitaminas, minerales, ácidos grasos omega-3 de cadena larga y otros nutrientes esenciales ausentes en la proteínas vegetales o en otras de origen animal, sin embargo, es necesario que los productores sean capaces de garantizar que sus productos cumplen con ciertos estándares en materia de sanidad y de producción sostenible de alimentos. Un factor adicional es la tendencia del consumidor y de los mercados hacia la trazabilidad y certificación que inducen mayores costos y responsabilidades.
- La escala/tamaño de las empresas acuícolas es importante para que sean autosustentables económicamente. En primer lugar desde el punto de vista de producción, donde tamaños pequeños limitan acceso a tecnologías, al desarrollo de proveedores, muy importantes en el ecosistema acuícola y que en general, excepto la salmonicultura hay muy poco disponible. Si un acuicultor trata de adaptar su producción a su tamaño con las restricciones antes señaladas esta será ineficiente.
- Para la comercialización la escala es muy relevante en dos tópicos: exportación y mercado local. Para el primer caso, definitivamente se requiere de una escala mediana o mayor, porque en general la logística exportadora requiere de mínimos exportables (por ejemplo un contenedor), a su vez las demandas exportadoras son altas en volumen y se requiere mantener al cliente abastecido durante todo el año, es muy difícil sustentar el negocio sobre la base de ventas esporádicas sin mantener relaciones/abastecimientos periódicos y de largo plazo con los clientes externos.
- No existe una mirada de estado respecto de aquellas empresas medianas desde el punto de vista económico-financiero, operacional, ambiental, sanitario, etc. Sin embargo, actualmente

existen operaciones a una escala que no está bien clasificada aun, que no se caracteriza y menos individualiza ni en pequeña como tampoco a gran escala. Este segmento de "mediana escala", que incluye empresas acuícolas que encabezan procesos de diversificación productiva que son de largo plazo por los desarrollos involucrados, que requieren la asistencia del Estado y de un estatuto normativo adecuado conforme a su nivel de producción y avance.

**III. 2. La acuicultura diversificada permita el desarrollo equitativo de los territorios en donde esta se lleva a cabo.**

- A pesar del considerable número de fondos existentes y recursos financieros provistos, el esfuerzo realizado ha estado centrado en las etapas productivas primarias, con bajo éxito en procesos de transferencia tecnológica y escalamiento productivo y comercial; producto de mecanismos de financiamiento desfocalizados y discontinuos que dificultan los esfuerzos de largo plazo. Existe un bajo nivel de coordinación y complementariedad en el diseño e implementación de planes y programas para el fomento de la I+D+i. En este sentido si bien existen herramientas de financiamiento (CORFO-ANID, SERCOTEC, FOSIS, FAP, INDESPA; entre otros) estas no están claras acorde al nivel del desarrollo del producto y muchas requieren de intermediarios para su acceso, lo que dificulta la visión de los usuarios para integrar los distintas herramientas de financiamiento para el apoyo en la diversificación. Salvo los programas de diversificación acuícola creados por CORFO y CONICYT en su momento, no existen instrumentos que apoyen iniciativas en los plazos y financiamiento acorde con lo que significa la I+D+i+e en la acuicultura de una nueva especie con miras a la escala productiva que sustente en el tiempo la actividad desarrollada.
- Es importante destacar que la mayor parte del financiamiento tanto en cantidad como número de herramientas de financiamiento están disponible para Sociedades anónimas y Sociedades por Acciones en particular, mientras que las Empresas Individuales de Responsabilidad Limitada y personas naturales (capital semilla, Crea y Valida por ej.), estás tienen montos menores de financiamiento y no se contempla el emprendimiento

en diversificación acuícola como alternativa.

- Existe, además, un escaso interés privado por invertir en I+D+i, así como, una difusa información y conocimiento de los instrumentos de incentivo tributario a las empresas, incluyendo aquellos asociados a la I+D+i.
- El concepto de acuicultura de pequeña escala en Chile no era un concepto que se utilizara sino hasta hace unos 10 años, cuando comenzaron a tomar relevancia pequeños cultivadores de algas o choritos, antes de eso, todos los esfuerzos tanto de investigación como estatales estaban enfocados en las grandes industrias de la acuicultura. Hay una definición básica en sitio web Subpesca pero a la fecha, se está a la espera de un reglamento que lleva años esperando.
- Se halló en la literatura un gran número de estudios acerca de dietas, formas de cultivo etc., para macro cultivos pero esto no ocurre de la misma forma con los cultivadores que hoy conocemos y que hoy agrupamos como acuicultores de pequeña escala. La mirada reciente hacia una acuicultura sustentable que agrupe a familias u organizaciones pequeñas deja en evidencia una brecha importante tanto de conocimiento como de capacidades a desarrollar, el acceso de estas empresas a desarrollo tecnológico o asesorías especializadas sin ayudas externas es prácticamente imposible ya que la acuicultura de pequeña escala se ha desarrollado en base a esfuerzos de los propios acuicultores y en base a prueba y error de las metodologías o a la copia de formas de cultivo, sin considerar la realidad de cada territorio, ni las condiciones de crecimiento y desarrollo de los recursos a cultivar.
- La acuicultura, que se desarrolla a lo largo de la costa de Chile es muy limitada, con una disminución notable de interesados en estudiar una carrera técnica o universitaria. Ello ha significado que futuros profesionales y actuales, incluso con postgrado, migren a otras industrias e incluso a desarrollar actividades no relacionada con su profesión. Otro hecho que limita esta permanencia, se relaciona con el nivel de ingresos que se ofrecen en otros ámbitos como la minería en el centro-norte y de la industria del salmón en el sur de Chile. En la misma línea, la permanencia de profesionales, se ve afectada porque son reemplazadas por personas sin formación técnica, entrenadas para cumplir labores menores, o a menudo las mismas de un profe-

sional, con el consiguiente deterioro de sus remuneraciones. A ello se suma el desarrollo tecnológico en determinada actividad que reemplaza la mano de obra en desmedro del profesional o sencillamente se importa o se copia dicha tecnología.

- Consistente con la política exportadora nacional impuesta desde la década de los 80s, el desarrollo de la acuicultura nacional ha estado orientado a especies destinadas a mercados internacionales de alto valor comercial, dejando de lado a las/los consumidores nacionales. Por otro lado, los consumidores actuales demandan que los productos de mar sean certificados como sustentables y que también vayan más allá de los estándares regulatorios de legalidad, inocuidad y trazabilidad.

### III. 3. Cuestionamiento a la sostenibilidad de la acuicultura.

- La acuicultura es una actividad productiva que aporta de manera significativa a la generación de alimentos y otros insumos y servicios necesarios a nivel local, nacional y mundial. Dada su relevancia, principalmente asociada a su contribución a la seguridad alimentaria, la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) reconoce su sostenido crecimiento y proyecta su liderazgo futuro en la generación de alimentos para la población mundial.

El gran cuestionamiento a la sostenibilidad de la acuicultura en Chile se ha visto centrado principalmente en la industria salmonera, en tres grandes aristas, organización espacial, contribución a las economías regionales y externalidades ambientales. Sin embargo, en acuicultura de menor escala, como los cultivos de ostiones, mitílidos, trucha (en tierra) o algas a lo largo de Chile, alcanzar la sostenibilidad no ha sido una dificultad, ya que la producción a baja escala no ha producido grandes intervenciones ni cambios de escala en las localidades en donde están presentes, teniendo impactos positivos importantes en las comunidades locales.

En los últimos años se ha avanzado en la normativa sectorial vinculada con la evaluación del desempeño ambiental de los centros de cultivo (principalmente en Salmonicultura), así como la investigación pública para el seguimiento, monitoreo y evaluación de la actividad, cuyos resultados son de acceso público. Sin embargo, estos esfuerzos son aún insuficientes, para mantener la

sustentabilidad ambiental y además agregar especies en un enfoque de desarrollo sostenible por lo cual se requiere más y mejores acciones.

- Ante la interrogante de si aún existen espacios disponibles en Chile para realizar actividades de acuicultura es oportuno aclarar lo siguiente, dentro de las variadas clasificaciones de acuicultura, una de ellas es el carácter espacial (espacio donde se realiza la acuicultura), y según esta condición se puede clasificar en dos tipos: las realizadas en tierra firme (ejemplo: pisciculturas y centros de producción en tierra) y las realizadas en el mar, o en bienes nacionales de uso público costero (Ejemplo: Cultivo de ostiones en mar), en el presente texto nos referiremos a las actividades de acuicultura realizadas en el mar, ya que para efectos de acuicultura terrestre, no existen grandes limitantes.

### III. 4. La diversificación acuícola es consistente con las necesidades regionales y son apoyadas desde los gobiernos centrales y regionales.

- El primer gran obstáculo que deben enfrentar los desarrollos de nuevas especies en nuestro país, es la inexistencia de una política de diversificación con objetivos claros a mediano y largo plazo que esté por sobre las decisiones inmediatas de los gobiernos de turno y que considere la incorporación de una cartera de especies nativas a la matriz acuícola productiva y la incorporación de nuevos territorios para esta actividad, estableciendo un mecanismo de acción coordinado y alineado entre las instituciones que participan.
- La ausencia de una política de estado para la diversificación acuícola se manifiesta en la actual institucionalidad; con una normativa compleja, rígida, enfocada en el cultivo de salmones y que no responde a las necesidades de nuevas especies, regiones y sistemas de cultivo; existe también una centralización de los servicios públicos donde muchas decisiones, permisos o solicitudes se resuelven sin conocer a cabalidad la realidad de cada región; el proceso para obtener una concesión de acuicultura es extremadamente lento y complejo retrasando los proyectos que muchas veces no siguen adelante por la pérdida de interés; hay poca coordinación y falta de complementariedad

dentro y entre las instituciones públicas lo que genera un exceso de burocracia y tiempos de tramitación excesivos; no hay una definición de áreas apropiadas y disponibles para realización de proyectos de diversificación; existe una carencia de atribuciones y autonomía para decisiones sobre desarrollo y gestión de la actividad a nivel regional y territorial, entre otras.

- Es importante señalar que la institucionalidad no solo es un instrumento para regular, sino que además mediante ella se puede promover e incentivar la diversificación acuícola de especies nativas como motor de desarrollo económico, social y productivo para un amplio territorio nacional.
- Los gobiernos regionales no han priorizado a la acuicultura en sus planes de desarrollo, las iniciativas de diversificación acuícola no han sido por lo general planteadas desde las necesidades regionales y por ello no se observan desarrollos estratégicos en el ámbito acuícola y aunque se han podido encontrar mencionadas en algunas regiones dentro de la estrategia regional de desarrollo, en la práctica no se concretan en forma relevante en los territorios.
- No existe una política de Estado pensada en la diversificación acuícola. Si ella existiese se relaciona solo a proyectos específicos que son presentados por los investigadores, que a menudo adolecen de la claridad de los objetivos planteados, que no tienen continuidad en el traspaso de resultados y terminan en un informe final que no tiene la debida socialización, por lo que no se conoce y como consecuencia no se utilizan los resultados logrados. No se visualiza un organismo que reúna, coordine y lidere, los diferentes instrumentos e iniciativas de fomento que actualmente existente para la diversificación; este punto debe ser considerado como una necesidad país, contemplando una estrategia o política de desarrollo regional - nacional, con base en conocimiento y experiencia tanto a nivel productivo, exportador, científico y tecnológico.
- Los gobiernos regionales normalmente priorizan proyectos con impacto en las diversas áreas que le son prioritarias, lo cual está muy lejos de ser una política de diversificación de una determinada disciplina. En consecuencia y a pesar de los esfuerzos que los responsables por la contraparte que financia el proyecto, realizan para que estos resultados se masifiquen en la sociedad, no se logra ese traspaso.
- Falta allí la visión de estado, de observar como un tema o una

disciplina determinada, por los resultados que reporta y por el impacto económico y social que tendría, se pueda consolidar como una actividad productiva. Falta ese análisis en los proyectos que se financian.

**Conclusiones**

En el área del desarrollo económico e industrial en Chile, parte de la problemática yace en una infraestructura que no está diseñada para generar cadenas de mercado a largo plazo o de grandes dimensiones. Las inversiones para el desarrollo de la acuicultura son consideradas riesgosas, y los tiempos para que una de estas empresas sea económicamente sustentable puede tomar décadas. Además, los insumos requeridos para la producción en masa (como las semillas de moluscos) son escasos en macrozonas clave que tienen potencial de desarrollo. Geopolíticamente son pocos los espacios que pueden ser solicitados por una empresa o persona jurídica para desarrollar una industria sustentable, además de la falta de infraestructura en zonas de interés como electricidad o agua potable, Además, legislativamente no existe la categoría de acuicultura de mediana escala, que es un paso intermedio entre la actividad artesanal y la gran industria, lo que impide una legitimización de empresas de mediano tamaño.

Desde el punto de vista del consumidor, existe una cultura de poco consumo alimentario de especies marinas, además de un desprestigio e incluso desprecio a la actividad acuícola por asociación de estas a eventos de otras empresas asociadas, y existen problemas con la distribución y logística de la venta de productos marinos.

Estatalmente, el alto nivel de burocracia afecta al desarrollo económico de la acuicultura, poseyendo una vista centralizada más que una de naturaleza local o regional; los gobiernos regionales normalmente no desarrollan sus planes de desarrollo con esto en consideración. Y a nivel central no existe un organismo público exclusivamente dedicado a la diversificación acuícola.

Gran parte de las soluciones que han sido propuestas buscan generar reformas a las actuales instituciones, en donde se faciliten los procesos administrativos que conceden permisos, además como extender los periodos de tiempo con los cuales trabaja el Estado, para compatibilizarlos con los que posee este tipo de in-

dustria. Otro factor fundamental es que el Estado interceda en las inversiones, motivando a que capitales privados sean aplicados a proyectos de industrias surgentes.

La confianza y un cambio en la forma en la cual se consumen productos marinos debe ser generado a partir de la colaboración de la industria privada y el Estado, logrando establecer actividades colaborativas con las comunidades que habitan los lugares donde las industrias están asentadas, así como campañas que eduquen y señalen los beneficios de una dieta que integre productos marinos.

## IV. Metodología de trabajo

Las comisiones de la mesa se reúnen de forma independiente cada semana, desde mediados de noviembre de 2020 hasta la penúltima semana de diciembre del mismo año; luego se realizaron cuatro reuniones durante enero de 2021 para luego dejar al mes de febrero como periodo de vacaciones. En marzo de 2021 se retomaron las actividades de la actividad para terminar los trabajos de discusión en agosto de 2021.

En cada reunión el presidente de la comisión dirige la conversación, y de acuerdo a los subtópicos descritos (conocidos como brechas dentro de la metodología de trabajo) se levantan espacios de opinión y discusión. Las reuniones son grabadas y los resultados de las discusiones son incorporados en los documentos de registro de las reuniones.

Junto a esto se han realizado dos sesiones plenarias —en las cuales se presentan los avances de la cada una de las comisiones y se abren espacios para discusión general—. Una de ellas fue desarrollada como sesión extraordinaria de la Comisión Desafíos del Futuro el 4 de diciembre de 2020.

Ha habido casos excepcionales, en donde los miembros de las comisiones han invitado a expertos no miembros para que expongan desde sus conocimientos, entre los más destacables se hallan Yngve Torgersen, el DG del Departamento de Acuicultura del Ministerio de Comercio, Industria y Pesca de Noruega que presentó en enero de 2021 y el Dr. Víctor Hugo Gutiérrez, experto en nutrigenómica y riqueza de compuestos beneficios presentes en recursos marinos para el ser humano.

Todas estas reuniones y plenarias se encuentran grabadas y al-

macenadas en un Google Drive, que está a libre disposición de los miembros de la mesa.

Desde agosto en adelante se sintetizaron las discusiones de las comisiones en documentos que serán los capítulos del libro blanco, producto final de la Mesa de Acuicultura. A noviembre de 2021 los documentos se hallan en proceso de síntesis y aprobación tanto por miembros de las comisiones así como por la directiva de cada una de las comisiones.

Luego de la finalización de estos trabajos, entrará en sesión la última comisión de la mesa; Institucionalidad y Normativa para una acuicultura diversificada. Esta tendrá como objeto el fortalecimiento y desconcentración de la institucionalidad y la actualización de la normativa para buen reconocimiento particularidades. Las soluciones presentadas dentro de las comisiones, especialmente a las relacionadas con temáticas legislativas serán trabajadas en esta comisión, conformada por abogados especialistas en las temáticas pesqueras y acuícolas, así como parte de la directiva de cada una de las comisiones, con el fin de hacer que las propuestas emanadas desde esta sección sean representativas de las conclusiones obtenidas en cada una de las comisiones trabajadas.

## V. Miembros

Actualmente hay más de 40 especialistas del mundo de la academia, organizaciones no gubernamentales, instituciones públicas y de la industria que están trabajando de forma voluntaria en el proyecto; entre ellos representantes del Ministerio del Medio Ambiente, SUBPESCA, SERNAPESCA, INDESPA, IFOP, CORFO, Fundación Chile, la Biblioteca del Congreso Nacional, académicos de la Universidad Católica del Norte, Pontificia Universidad Católica de Chile, Universidad del Maule, Universidad de Concepción, Universidad de Magallanes, y representantes de la industria como Salmón Chile, Acuinor y Colorado Chile, sumados a este grupo también hay representantes de ONG como WWF y Oceana, entre otros.

También dentro de este grupo de profesionales, se encuentran participando en paralelo jóvenes estudiantes y egresados de carreras científico-marinas, los cuales se encuentran apoyando la redacción del producto final de esta mesa, así como también tienen la oportunidad de participar de las sesiones de las comisiones.

**Producto final**

Todo el trabajo final será condensado en un libro blanco, que tendrá como fin recopilar información y reflexiones sobre el estado actual de la acuicultura Nativa nacional (información base, problemáticas, asuntos en los cuales hay que legislar), y hacia donde deberíamos apuntar. La gracia de este libro blanco es que su argumentación estará basada en evidencia, por lo que servirá como una base sólida para la proposición de políticas públicas y legislación nacional.

Esta propuesta de documento procede desde la asesoría de la Biblioteca del Congreso Nacional, ya que este tipo de documento es parte de una metodología que está en proceso de adopción dentro de las dinámicas de trabajo de la biblioteca. Y desde la Unión Europea, donde se origina esta estructura de documento, los resultados de su aplicación en el desarrollo de políticas públicas han sido destacables.

El libro blanco además contará con una reseña histórica de la legislación acuícola nacional, además de un glosario de términos presentados en este documento.

Minería Verde

# Iniciativa "Chile, Líder Mundial en Minería Verde"

*Coordinadores: Alejandra Wood, Osvaldo Urzúa, Miguel Ángel Vergara*

## I. Minería Verde en Chile

"En lugar de centrarnos en pisar el acelerador, tenemos que pensar en la dirección. La economía es una enorme máquina de descubrir innovaciones y el gobierno puede hacer que parte de ese esfuerzo se focalice en ciertos temas para que las cosas salgan mejor para todos. Hoy, el verdadero reto es definir los temas que determinan la dirección correcta."[1]

*Paul Romer, Premio Nobel de Economía 2018*

### I. 1. Contexto y Definiciones Básicas

La minería chilena está entre las mayores singularidades que tiene el país. La urgencia climática, la escala del sector minero chileno, la naturaleza de sus desafíos y el nivel de capacidades, conocimiento y experiencia presentes brindan la oportunidad de liderar este tránsito y dar un salto de prosperidad y desarrollo.

[1] Traducción de entrevista a Paul Romer realizada el 26 de octubre de 2018 y disponible en www.marketplace.org

A fines del siglo XIX, durante el gobierno del presidente José Manuel Balmaceda, Chile enfrentó una situación similar y tuvo la oportunidad de sentar las bases para un crecimiento sostenible de largo plazo. Entonces, estaba en pleno despliegue la revolución tecnológica asociada a la electricidad, el acero y la ingeniería pesada (y la primera globalización). Se quiso aprovechar el auge del salitre para financiar la creación de las capacidades industriales necesarias para ser una economía avanzada. Lamentablemente, llegar a un acuerdo fue complejo y el desenlace, una tragedia.

**¿Habremos aprendido la lección y sabremos aprovechar esta vez la oportunidad? Hoy, las condiciones para enfrentarla son auspiciosas**, pues un mundo sostenible necesita minerales, en particular cobre y litio para asegurar la transición energética. La oportunidad de posicionar el cobre chileno como uno de baja huella ambiental y social, e impulsor de un desarrollo productivo y tecnológico equitativo ha estado presente por más de una década en diferentes foros. Sin embargo, ha carecido de continuidad y liderazgo; la idea no ha trascendido más allá del sector minero, que en general se lamenta y se queja, inútilmente, porque "no lo escuchan ni lo quieren".

Adicionalmente, inversionistas y mercados están presionando por cambios en la forma en que se producen los metales, de modo de garantizar la protección de derechos humanos, el cuidado de los ecosistemas y una baja huella de carbono. La tendencia global de los mercados de metales es el establecimiento de esquemas de suministro responsable, en que las compañías mineras y sus proveedores proporcionen evidencia verificable e independientemente, de que los minerales comercializados se han producido en zonas geográficas libres de conflicto, utilizando las mejores prácticas y estándares asociados a una producción responsable y abordando los Objetivos de Desarrollo Sostenible (marco ODS de Naciones Unidas).

Conectar con la ciudadanía es otro desafío clave. Se habla de extractivismo y de falta de legitimidad social de la minería, en forma recurrente. A su vez, para los gobiernos el aserto es un problema en sí mismo: los países necesitan inversión, actividad económica, dólares de exportación e impuestos, pero en lo inmediato necesitan el apoyo político ciudadano para desenvolver su acción. Políticamente, entonces, la minería se ha transformado en una in-

dustria tolerable, con la que hay que convivir estableciendo una relación transaccional, vista como más o menos provechosa para ambas partes.

Hoy emerge la posibilidad de una nueva mirada mutua entre la industria minera y el país: podemos dejar atrás definitivamente la visión de enclave, propia del siglo XX -donde la minería era un actor lejano, auto sustentado y apenas relacionado con su entorno, y en que su vínculo principal con el país era su contribución a la balanza de pagos y de recursos al erario fiscal-, y dar un salto de prosperidad y sostenibilidad acorde con las demandas del siglo XXI. La importancia de "las rentas", no desaparece, pero es correcta y adecuadamente ponderada bajo una mirada holística que integra los impactos de la minería -virtuosos o no tanto- en su ecosistema económico, socio ambiental, cultural y tecnológico.

De esta manera, el juicio público respecto de la actividad minera, se puede equilibrar; los gobiernos no necesitan gastar su capital político discutiendo si su prioridad es, en un extremo "la renta" o, en el otro, la "atracción de inversiones", y se avanza hacia una relación madura entre la ciudadanía y su principal actividad económica, aquella por la cual 'Chile cobre y mineral' es reconocido internacionalmente.

Es posible imaginar, además, más allá de los impactos sociopolíticos, ambientales y económicos, el potencial caudal creativo y virtuoso que podría generar un replanteamiento de la relación minería-país desde una mirada menos suspicaz y dramática, de mayor confianza, e incluso de mayor identidad con su "emblema productivo" a nivel global.

Para abordar estos desafíos existe una nueva oportunidad, respecto de la cual es necesario actuar de manera colectiva en torno a un propósito común. La minería comprende un grupo diverso de actores e intereses (públicos, privados y de la sociedad civil) que deben acordar una visión común y un camino a seguir, superando formas de relacionamiento transaccionales a través de relaciones basadas en la reciprocidad, y el avance hacia el aprecio mutuo y la confianza. Para ello, se deben definir desafíos concretos en áreas estratégicas que sean movilizadores de recursos e inversiones, y que aprovechen y fortalezcan las capacidades que exige una acción colectiva eficaz.

Un futuro cada vez más interconectado, basado en flujos de información y bajo en carbono será intensivo en el uso de minerales,

ya que las tecnologías asociadas a la digitalización y la energía limpia los necesitan.

Entre los minerales claves se encuentra el litio y el cobre. El litio es un insumo crucial de las baterías de iones de litio, que se utilizan en teléfonos inteligentes hasta vehículos eléctricos (EV), ahora sus mayores consumidores. La batería de iones de litio es la preferida por la mayoría de los fabricantes de automóviles, incluidos Tesla, BMW, Ford y Nissan. De acuerdo con un análisis del Banco Mundial[2], la producción global de minerales críticos utilizados en las tecnologías bajas en carbono proyecta que la demanda de litio aumentará en un 965%.

El cobre, a su vez, es fundamental en los sistemas energéticos tradicionales, sobre todo, en la generación en base a energías renovables y en la electrificación de sistemas. Tiene una conductividad térmica y eléctrica más alta que cualquier metal, reduce las pérdidas por transferencia de calor, mejora la eficiencia energética y es eternamente reciclable, sin deterioro de sus propiedades esenciales. Como resultado, puede reducir los costos operativos de por vida. En el caso de un auto eléctrico, este consume 5 veces más cobre que uno a combustión fósil.

Los países mineros que no sean capaces de transitar hacia una minería verde podrían verse enfrentados a reducir su producción, ya que serán discriminados por los mercados y sociedades. Adicionalmente, la capacidad de retener parte del valor producido podría erosionarse, si los mercados establecen tasas diferenciadas a la importación de minerales según su huella socioambiental, y si no se participa activamente en la generación de las soluciones que demanda una minería verde.

Por otra parte, los países que lideren la transición podrían incrementar la producción de minerales, junto con impulsar una transformación productiva más profunda, que sea fuente de empleos de calidad, que desarrolle encadenamientos productivos cada vez más complejos, que aborde los desafíos de crecimiento con equidad, que abra espacios de diversificación y sofisticación productiva y que cuide el medioambiente y los ecosistemas.

El término "minería verde" fue acuñado en Finlandia, como una herramienta para posicionar a su industria minera como sus-

[2] www.worldbank.org

tentable. En términos generales, promueve el uso eficiente de recursos como el agua y la energía, de manera de reducir la huella ambiental a lo largo del ciclo de vida de los minerales, además de minimizar la generación de residuos a través de su recuperación y reutilización. También disminuye los impactos ambientales, recuperando el capital natural y va **más allá de solo evitar efectos sociales adversos a través de** la creación de capital social, capacidades productivas y tecnológicas que permitan maximizar los beneficios locales.

El término minería verde puede conducir a interpretaciones diversas, que van desde una generación de expectativas que podrían frustrarse, hasta una sensación, especialmente en los sectores más críticos de la actividad minera, de que el término esconde una intención de lavado de imagen. No obstante, su amplio uso invita a hacer un esfuerzo por caracterizarlo mejor, antes que proponer uno nuevo.

Para efectos de este documento, se entenderá por minería verde aquella que comprende los siguientes atributos, tomando en cuenta todas las etapas del proceso minero:

- Baja en emisiones locales y globales y que se adapta al cambio climático.
- Baja en residuos, minimizando su generación e inserta en sistemas de producción circulares.
- Que gestiona y cuida la biodiversidad de los ecosistemas donde opera.
- Eficiente en el uso agua, incluyendo el cuidado de ecosistemas que podrían verse afectados por los sistemas de extracción y uso de agua.
- Eficiente en el uso de la energía y uso intensivo de energías renovables de bajas emisiones.
- Impulsora del desarrollo de encadenamientos productivos o clústeres, con especialización en nichos de alto valor y contenido tecnológico, que promueve soluciones para la minería local y global.
- Inserta en los territorios, abriendo espacios para la participación de las capacidades locales en los procesos de creación de valor .

El presente trabajo se refiere principalmente a la minería del cobre y sería deseable que se desarrolle una propuesta similar para el caso del litio y otros minerales, particularmente aquellos relevantes para la transición energética. La minería del cobre y la

del litio son muy distintas y están regidas por marcos regulatorios diferentes, aunque suceden hasta cierto punto en los mismos territorios, por lo que comparten problemáticas y desafíos.

Por otra parte, es imprescindible profundizar la discusión en torno a las comunidades donde se desarrolla la actividad minera y los temas regulatorios que la atañen, los que son determinantes para fortalecer o debilitar las posibilidades de una minería que sea verdaderamente una columna vertebral de progreso y desarrollo para el país y sus regiones mineras.

### I. 2. Ejes Estratégicos

A continuación, se presentan 5 ejes de acción estratégicos asociados a desafíos fundamentales que debe abordar la minería verde en Chile:

- Eje 1: Descarbonización, acceso a mercados y desafíos tecnológicos.
- Eje 2: Recurso hídrico y adaptación al cambio climático.
- Eje 3: Biodiversidad para operaciones mineras sostenibles.
- Eje 4: Procesamiento de concentrados, minería secundaria y reciclaje y pasivos ambientales.
- Eje 5: Financiamiento de proyectos estratégicos y de impulso a la innovación.

### I. 3. Apunte Metodológico

Las propuestas desarrolladas en este documento apuntan a generar tanto las condiciones de base, como iniciativas que permitan desarrollar en Chile una minería verde.

Aquí se recogen las herramientas vigentes y se suman nuevas, abordando todo el ciclo de la innovación: desde el desarrollo de ciencia, pasando por el desarrollo tecnológico, hasta el escalamiento industrial e incorpora todos los mecanismos existentes, públicos y privados.

Para la formulación de las iniciativas se adoptó la metodología de evaluación de madurez tecnológica de los proyectos, conocida por la sigla TRL, Technological Readiness Level, que define 9 niveles, donde el más alto responde a la adopción total y exitosa de la tecnología en un entorno real y, el nivel inicial, a la investigación científica pura.

**Etapas Metodología TRL**

**Fuente: Elaboración propia**

Esta metodología fue creada por la NASA en la década del ´70 y luego adoptada por el Departamento de Defensa de Estados Unidos. En Europa, en 2010, la Comisión Europea (CE) aconsejó utilizarla en la evaluación de proyectos de investigación financiados por la Unión Europea (UE), y la adoptó en la formulación de Desarrollo Tecnológico Horizonte 2020.

La metodología TRL permite una mejor gobernanza y facilita la toma de decisiones; ayuda a mejorar la gestión de riesgos y expectativas; y facilita el diálogo y relacionamiento con las entidades de apoyo y financiamiento.

En este documento se presentan diversas iniciativas de I+D+i (Investigación, desarrollo e innovación) ancladas en esta metodología, que abordan áreas temáticas relevantes, las que se desarrollan en cada eje. Las iniciativas no son homogéneas y presentan distintos grados de profundidad, asociados a los distintos grados de avance de esta reflexión.

## II. Descarbonización, Acceso a Mercados a Desafíos Tecnológicos

### Resumen Ejecutivo

*La minería chilena es una de las actividades con aporte significativo a las emisiones de GEI del país, las que alcanzan un 7% de manera directa (emisiones directas o Alcance 1), pero que se incrementan al 21% del total de emisiones del país cuando se contabilizan las emisiones indirectas, aguas arriba y debajo de la operación (emisiones indirectas o Alcance 2). Gran parte de las emisiones de $CO_2$ corresponden precisamente al con-*

*sumo energético. Para desarrollar una industria minera carbono neutral, es clave impulsar un proceso de transición energética que, junto con disminuir emisiones, tenga un sistema de trazabilidad confiable, tarea no sólo de envergadura sino de gran complejidad.*

El sector minero ha iniciado esfuerzos de reducción de emisiones focalizándose en un uso más eficiente de la energía y en el reemplazo de fuentes de combustibles fósiles por energías limpias. Se espera que para el 2023, cerca de 2/3 del consumo del sector sea abastecido por renovables. El hidrógeno verde (HV) y la electromovilidad podrían jugar un rol clave. Chile se comprometió a alcanzar una descarbonización de la matriz energética al 2040, aunque se ha observado la factibilidad de adelantarlo al 2030.

Según datos de Cochilco, el consumo total de energía de la minería del cobre fue equivalente a cerca de 49.000 GWh, dividido en aproximadamente en 43% Combustibles y 57% electricidad.

## II. 1. Ambitos de Accion

Los mercados, los usuarios y la sociedad en general están exigiendo en forma creciente que los minerales provengan de un proceso que identifique, minimice, mitigue y compense sus impactos socioambientales, a lo largo de toda su cadena de abastecimiento, y que lo anterior esté debidamente respaldado por mecanismos de verificación confiables e independientes.

Para entender este desafío y sus oportunidades, hemos definido 3 **ámbitos:**

- Acceso a mercados, regulaciones y desafíos de trazabilidad.
- Soluciones tecnológicas para una minería carbono neutral.
- Oportunidades para liderar el desarrollo de soluciones tecnológicas en carbono neutralidad.

## II. 2. Metas

- Contar con una metodología para el cálculo, reporte y gestión de emisiones de Alcance 1, 2 y 3, bajo estándares internacionales, operativa al año 2023.
- Crear una red de centros o institutos de investigación con foco en producción limpia, operativa al año 2025.
- Tener el 70% de la producción de cobre trazable al año 2025; y el 100% al año 2030.

- Aumentar la participación de empresas locales en desarrollo de soluciones tecnológicas para la trazabilidad y reducción de emisiones. Aumento de al menos 10% de las compras asociadas a estas soluciones provistas localmente al año 2030, respecto a línea base; 20% de aumento al 2040 y 30% de aumento al 2050, sobre línea base.
- Reducir la intensidad de emisiones en un 50% al año 2030 para la gran minería del cobre. Alcanzar la carbono neutralidad de la minería antes del año 2050.

### II. 3. Inversiones, Innovacion y Financiamiento

La energía solar fotovoltaica lleva la delantera en la inserción de energías renovables, sin embargo, para lograr una integración masiva y confiable a la red es necesario trabajar en su almacenamiento. Las opciones son variadas, pero el principal esfuerzo está puesto en baterías y tecnologías de Concentración Solar de Potencia (CSP). Para que estas alternativas se complementen con la energía fotovoltaica y den mayor estabilidad es necesario invertir en investigación para mejorar su eficiencia, reducir los costos de producción, aprovechar el uso de suelos y estudiar la gestión de los materiales necesarios para su construcción.

En materia de transporte es importante generar conocimiento y capacidades técnicas; cercanía a las tecnologías y confianza en el manejo de nuevos combustibles. Asimismo, conocer y entender su potencial; preparar y anticipar los protocolos y aspectos logísticos y adaptar estos sistemas a las condiciones ambientales en que opera la minería, entre otros. Para ello es imprescindible impulsar e invertir en el desarrollo de pilotaje industrial, en una primera fase con vehículos de tipo prototipo a escala menor, pero que implicará contar con toda la cadena de valor instalada a escala en la faena minera, ya sea de tipo eléctrico a baterías o hidrógeno.

En términos de I+D+i, en Chile no existe un ecosistema de innovación maduro; a pesar de que se desarrollan soluciones que llegan a escala prototipo, no hay suficientes empresas proveedoras que puedan tomarlos y generar productos comercializables. Esto tiene un efecto en la confianza del sector industrial en las capacidades de innovación local, ya que a pesar de que los centros de investigación o empresas proveedoras locales con capacidades tecnológicas avanzadas puedan encontrar soluciones exitosas, no

se asegura que se desarrolle el producto, se actualice y le otorguen servicio de reparación y mantenimiento.

Un mayor presupuesto debe ir acompañado de la creación de una red de centros o institutos de investigación. La creación de esta red debe impulsarse junto al desarrollo de empresas de base tecnológica y modelos de financiamiento que lleven las soluciones que el ecosistema de I+D+i desarrolle a escala industrial

Respecto del capital humano, si queremos transformarnos en una potencia en la provisión de materiales de litio con valor agregado e hidrógeno verde se necesita hacer investigación. Sobre todo, si queremos impulsar una industria local que participe en la cadena de valor de las celdas de hidrógeno, ya que es un mercado bastante incipiente que requerirá una importante inversión en I+D y trabajar en alianza con actores internacionales. También, precisará la formación de especialistas que investiguen para adaptar esta tecnología al sector minero. En Chile existen pocos especialistas en hidrógeno verde, por lo que debemos empezar por formar doctores y profesionales que participen en el desarrollo de la tecnología. Lo mismo se debería hacer para generar un mercado local de reciclaje de baterías.

Por último, es clave formar técnicos capaces de emplear estas nuevas tecnologías dentro de la industria, como mecánicos, electricistas y mineros, entre otros. También se requerirá capacitar a trabajadores para que se adapten a los cambios tecnológicos. Por ejemplo, los conductores de buses deberán pasar de un motor convencional a uno eléctrico, y tendrán que darle un uso correcto y seguro.

A continuación, se resumen propuestas de financiamiento de proyectos estratégicos y de impulso a la innovación, que contribuyen a superar las barreras que enfrenta la minería para alcanzar, más rápido, la carbono neutralidad:

**Propuesta de generación de una plataforma para la trazabilidad:** Para avanzar en trazabilidad de insumos, emisiones y residuos de la minería nacional polimetálica, es necesario habilitar su monitoreo, a partir del desarrollo de una Plataforma para la Trazabilidad ágil, eficiente, automatizada (o semi automatizada), segura e integrada, que valide y certifique el suministro responsable de información ante la sociedad, los mercados internacionales y la toma de decisiones interna.

**Propuestas asociadas a la descarbonización, trazabilidad, mercado eléctrico y almacenamiento:** Reemplazar y/o renegociar

sus contratos de suministro de energía con los generadores, para que reemplacen el equivalente a la energía contratada por generación 100% renovable, ubicada en cualquier punto del SEN (Sistema Eléctrico Nacional); establecer políticas de abastecimiento bajas en emisiones para sus proveedores, hoy solo se incluyen para el suministro de electricidad; incorporar sistemas de almacenamiento distribuidos a lo largo del SEN que hagan técnicamente posible la conexión de más proyectos ERNC. Estos proyectos pueden ser baterías ubicadas centralizadamente en subestaciones principales del SEN o bien distribuidas en barras de ingreso a los sistemas de distribución o de clientes libres. Alternativamente, pueden ser grandes centrales de bombeo, ámbito en el que hay proyectos en etapa de desarrollo; producción de Hidrógeno Verde y celdas de combustibles individuales ubicadas en barras de proyectos ERNC o colectivos ubicados en puntos de saturación de inyecciones del SEN; profundizar el desarrollo de plataformas como Renova que permite un registro único y balance on line de la generación, consumo y transacciones relacionadas con energías renovables y no renovables.

**Propuestas asociadas al desarrollo de nuevas tecnologías y la producción de hidrógeno:** Que el Estado defina como área prioritaria el desarrollo y adaptación de tecnologías limpias para la minería y otras industrias en Chile, y que promueva la colaboración entre empresas mineras y energéticas, entidades de investigación y desarrollo tecnológico nacionales e internacionales relevantes, para establecer en el norte de Chile espacios de pilotaje de soluciones de hidrógeno para la minería; articular activamente iniciativas de pilotaje con la pequeña y mediana minería, para darle acceso temprano a las nuevas tecnologías, a la vez que se avanza en el proceso de escalamiento y maduración, para ser aplicadas en operaciones de mayor envergadura; en la fase de escalamiento, el Estado puede incidir en la generación de soluciones integradas, que aprovechen economías de escala y que reduzcan los impactos ambientales. Los ministerios de Bienes Nacionales, Medio Ambiente, Energía y Minería, actuando conjuntamente, pueden incentivar soluciones sinérgicas; promover la coordinación, financiando estas iniciativas a través de CORFO, ya sea intermediando créditos verdes u otorgando garantías en conjunto con entidades internacionales, así como con la participación de la empresa pública Desarrollo País (Fondo de Infraestructura).

## III. Recurso Hídrico y Adaptación al Cambio Climático

### Resumen Ejecutivo

*Desde comienzos de 1990, grandes inversiones mineras públicas y privadas en nuestro país hicieron uso intensivo del agua continental lo que, sumado a los efectos del cambio climático, ha generado efectos en algunos casos irreversibles sobre las cuencas endorreicas y ecosistemas de montaña de la zona árida y mediterránea del país. Uno de ellos es la escasez de agua y otro, la degradación de los suelos productos de lluvias intensas en zonas tradicionalmente secas. Por otra parte, otra consecuencia ha sido una opinión pública contraria y suspicaz hacia la actividad minera.*

*La minería consume hoy un 3% del agua continental, recircula el 76% del agua en sus procesos y al 2031, aproximadamente, el 50% de ese consumo provendrá de agua desalada. La instalación y operación de estas plantas exige acelerar procesos de planificación e investigación para evitar o revertir posibles impactos negativos sobre la biodiversidad de la zona costera marina. Por las razones anteriormente expuestas, es necesario impulsar un trabajo colaborativo con las autoridades, la comunidad científica y las comunidades locales para generar información sobre las cuencas y planes de acción frente a potenciales riesgos climáticos.*

### III. 1. Ámbitos de Acción

Las operaciones mineras metálicas y no metálicas son intensivas en el uso del recurso hídrico. Hoy, la minería consume un 3% del agua continental que se usa en el país. Sin embargo, al concentrarse sus actividades en zonas áridas, este consumo debe ser analizado a nivel regional donde se observa que el mayor consumo se produce en la región de Antofagasta (donde se produce el 54% del cobre en Chile), lo siguen las regiones de O'Higgins y luego Atacama, Valparaíso y Tarapacá (Figura 1).

Por otra parte, la operación y abandono de los campos de pozos de agua continental utilizados durante años, así como en el pasado, la remoción y cobertura de glaciares en zonas de alta cordillera, produjo efectos a distintas escalas sobre los ecosistemas y su biodiversidad asociada, lo que impone la necesidad de investigar su posible recuperación en aquellas zonas donde aún existen dichos ecosistemas, de manera de asegurar sus servicios ecosisté-

micos como la provisión de agua para consumo humano y el sustento de la biodiversidad. Como se mencionó anteriormente, el cambio climático agudizó esta condición, lo que genera desafíos en términos de adaptación para las operaciones mineras incluyendo todo el proceso operativo, desde los yacimientos, siguiendo por el transporte de carga y puertos de embarques, así como la creciente construcción y operación de plantas desaladoras.

Proyección de consumo de agua esperada periodo 2020 – 2031 en la minería del cobre

| ($m^3$/seg) | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | 2024 | 2025 | 2026 | 2027 | 2028 | 2029 | 2030 | 2031 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| AGUA CONTINENTAL | 12,8 | 12,4 | 12,8 | 13,2 | 13,8 | 13,6 | 13,0 | 12,8 | 12,4 | 12,3 | 11,9 | 12,4 |
| AGUA DE MAR | 5,7 | 6,0 | 6,5 | 7,5 | 8,2 | 9,2 | 9,8 | 10,3 | 10,9 | 11,2 | 11,3 | 10,9 |
| Total general | 18,5 | 18,4 | 19,3 | 20,7 | 22,0 | 22,8 | 22,8 | 23,0 | 23,3 | 23,5 | 23,2 | 23,3 |

**Fuente: Cochilco 2020**

Hemos definido 3 ámbitos:

- Disponibilidad de agua
- Adaptación de operaciones mineras al cambio climático
- Eficiencia en el uso del agua en el contexto de cambio climático

## III. 2. Metas

Ecosistemas relacionados con el agua:

Asimismo, implementar

- Al 2030, realizar un catastro y evaluaciones de los ecosistemas impactados por el uso del agua para el desarrollo minero y el cambio climático, así como estudios en torno a la funcionalidad de los ecosistemas.
- Al 2030, sistemas de trazabilidad y verificación del 100% de la disponibilidad de agua, para cubrir la demanda hídrica del proceso minero, promoviendo la generación de indicadores de seguridad hídrica y evaluando la seguridad en las cuencas donde se encuentran las operaciones. Los indicadores deberán ser revisados permanentemente, generando planes de acción que apunten a disminuir las brechas detectadas.
- Al 2040, mitigar los impactos sobre aquellos ecosistemas impactados por el desarrollo de la industria minera y al 2050, recuperarlos

Gestión Integrada de Recursos Hídricos (GIRH):

- Al 2025, disponer de una plataforma completa, accesible, ciber-segura y actualizada digitalmente en forma permanente, con responsables identificables de la data alimentada y reportes de gestión transversales, para todo tipo de usuarios en el país. Deberá actualizarse anualmente.
- Al 2030, constituir a la industria minera en un actor relevante en la conformación de Comunidades de usuarios de Cuencas e implementar un plan de gestión integrada de recursos hídricos, alineado con el concepto de seguridad hídrica en todas sus dimensiones.
- Al 2030, constituir a la industria minera en un actor relevante en la conformación de Comunidades de Usuarios de Cuencas e implementar un plan de GIRH, alineado con el concepto de seguridad hídrica en todas sus dimensiones.
- Al 2040 se espera que las comunidades de usuarios de cuenca estén suficientemente fortalecidas. Se debe revisar y actualizar un sistema de gobernanza y desarrollar un plan de gestión sostenible de recursos hídricos. Es necesario incluir en los Planes de Ordenamiento Territorial (POT) y Planes Regionales de Ordenamiento Territorial (PROT) las áreas consideradas para el desarrollo de plantas desaladoras y operaciones mineras.
- Al 2050, se espera que la plataforma sea de última generación, alineada a nivel mundial, con las innovaciones de los sistemas de información digital.

Calidad, cantidad de agua e infraestructura compartida:

- Al 2030, generar una línea base de fuentes de consumo y trazabilidad validada e implementar la generación anual de reportes. Para asegurar la disponibilidad del recurso, revisar la factibilidad de hacer intercambios (swap) de agua desalada por aguas de contacto.
- Al 2030 tener una versión actualizada de la guía 2021 para evaluación de plantas desaladoras
- Al 2030, contar con un reglamento-guía para la evaluación ambiental de plantas desaladoras de agua de mar y aguas servidas o residuales descargadas al mar, considerando los impactos acumulativos. Una vez promulgado, considerar cada cierto tiempo (10 años a lo menos) la revisión y optimización de la infraestructura compartida.

- Al 2040, contar con una proyección del potencial de la desalación de agua de mar, en línea con las necesidades de consumo proyectadas para las operaciones mineras y otros usos.

Adaptación al cambio climático

En las cuencas donde se desarrolla la industria minera, es de gran importancia capturar información climática y meteorológica confiable y trazable.

Al 2030 es vital la creación de una red robusta de captura de información climática y meteorológica, fomentando el desarrollo y actualización de modelos predictivos precisos para anticiparse a eventos catastróficos, con planes de acción colaborativos para prevenir el impacto de dichos eventos en las comunidades, ecosistemas y mantener la continuidad operacional.

Al 2040 fortalecer esta red de captura y modelación con los países que limitan con Chile (Perú, Bolivia y Argentina), donde también hay minería. Los modelos deberán ser revisados y actualizados acorde a la obtención de datos y habilitación de nuevas estaciones de monitoreo.

Eficiencia en el uso del agua en el contexto de cambio climático:

- Al 2025, establecer una línea base, metas y planes de eficiencia hídrica en toda la gran minería y al 2030, implementar y actualizar en forma permanente un sistema de gestión de eficiencia hídrica, alineado con el Plan de Adaptación al Cambio Climático del sector minero y la estrategia del país. Al 2040, convertir este sistema en una plataforma de consulta, pilar fundamental en la toma de decisiones del desarrollo del proceso minero.
- Al 2025, implementar o adoptar una metodología para medir la eficiencia de reúso y reciclaje de agua en todas las operaciones y definir una línea base.
- Al 2030, mostrar una mejora continua en la eficiencia, disminuyendo extracciones y aumentando el reúso y reciclaje. A la misma fecha, aplicar las mejores prácticas, mediante metodologías de contabilidad hídrica, para analizar y optar por un abastecimiento de mínimo impacto ambiental. Implementar tecnologías para reducir la huella hídrica de relaves activos (porcentaje de humedad y alternativas de disposición).
- Al 2040, haber mejorado la contribución del sector minero a la seguridad hídrica en las cuencas mineras a través del aumento

de la eficiencia, a una mayor al 85%. Y reducir, significativamente, el coeficiente unitario de aguas continentales al 2050, no superando el 5% del agua total utilizada por el sector.

### III. 3. Inversiones, Innovacion y Financiamiento

En relación con la disponibilidad de agua, existen varios ejemplos de zonas geográficas donde se instalaron proyectos individuales de plantas desaladoras, sin aprovechar sinergias. En los proyectos de desalación e impulsión de agua cruda se generan importantes economías de escala y también impactos ambientales, en particular en la disposición de salmueras. Por ello se requiere promover proyectos que beneficien a múltiples usuarios y una planificación de la localización de las captaciones en el borde costero. Se propone evaluar la creación de una institución similar al Coordinador Eléctrico Nacional, el Coordinador Nacional de Cuencas, con las siguientes responsabilidades:

- Realizar un Plan Indicativo de Desarrollo de aprovechamiento de aguas, incluyendo cantidad, tipo y ubicación de proyectos de producción de agua cruda (desalada) y los sistemas de impulsión y distribución.
- Coordinar la operación de producción y transporte de agua en la cuenca.
- Garantizar el acceso a los sistemas de transporte.
- Garantizar la calidad de servicio y seguridad de abastecimiento.

La interacción sinérgica entre aguas desaladas, aguas servidas tratadas y aguas de fuentes naturales con posibilidades de generar "swap" para reducir costos de impulsión, compartir acueductos para impulsión de aguas servidas tratadas y desaladas, entre otras opciones, torna imprescindible fortalecer la coordinación entre los subsistemas. Por eso, esta estrategia debe acompañarse de un fortalecimiento de la institucionalidad de gestión de recursos hídricos. Actualmente, existe una multiplicidad de organizaciones escasamente coordinadas. Desde hace más de una década está pendiente la estructuración de una Subsecretaría de Recursos Hídricos, en el Ministerio de Obras Públicas, con responsabilidad política y de coordinación más amplia con los diferentes actores públicos involucrados. La experiencia del sector eléctrico es un modelo interesante a considerar, como meta de mediano plazo.

Se propone evaluar y diseñar soluciones a los pasivos ambientales que requieran intervención, ya sea por el nivel de daño actual o los posibles impactos futuros de la actividad minera o el provocado por el cambio climático. Identificar, cuantificar y recuperar ecosistemas que potencialmente podrían ser impactados. Es necesario identificar dueños de pasivos abandonados que permitan establecer las responsabilidades correspondientes. Esta iniciativa debe contar con financiamiento público - privado.

Asimismo, incorporar la dimensión ambiental en etapas tempranas de nuevos proyectos, impulsar los análisis de información ambiental del área o región donde serán implementados, previo a los estudios ambientales correspondientes (pertinencia, DIA, EIA, permisos). El financiamiento es de carácter privado a realizar por los titulares de los nuevos proyectos

Respecto del litio, se propone realizar un estudio **público - privado** para vincular la experiencia de la extracción de litio desde salmuera proveniente de salares, con la posibilidad de obtener compuestos de valor desde la salmuera proveniente de plantas desaladoras.

En torno a la gestión de cuencas, se propone realizar investigación específica por cuenca (metaanálisis). El estudio puede ser desarrollado por instituciones académicas a través de programas de doctorado. Se sugiere trabajar con cuencas pilotos y luego escalar.

Respecto de la infraestructura, se propone mejorar sistemas de monitoreo, sensorización y red de observación de calidad de agua en cuencas con actividad minera. Asimismo, desarrollar plataformas integradas de datos e información que permitan la colaboración entre los distintos miembros de las diversas cuencas. Esto requiere una discusión abierta sobre la propiedad de los datos y las nuevas regulaciones para su uso. Al mismo tiempo, es necesario considerar la colaboración internacional a través de esta plataforma.

Por otra parte, Incentivar el desarrollo de nuevas tecnologías que permitan hacer más eficiente el proceso para carreteras de agua desalada. Es posible que se produzca la mezcla de distintos tipos de agua para distintas fuentes y usuarios. Y, por último, implementar sistemas de trazabilidad en eficiencia hídrica en operaciones mineras. Inversión privada.

En relación con las comunidades y la regulación ambiental se propone el fortalecimiento de las capacidades de comunidades

locales para mejorar su entendimiento de la información relacionada a los recursos hídricos, su recolección y reporte, cerrando brechas de información.

Desarrollar regulaciones que permitan la compensación (o intercambio) de agua.

También se propone desarrollar un catastro nacional de infraestructura minera y de soporte a la minería existente (en operación y en abandono), sobre el cual se realice un análisis de riesgo para determinar las brechas de adaptación a escenarios climáticos. Para levantar el catastro se requiere inversión público-privada; para el análisis de riesgo y brechas se requiere inversión e iniciativa pública. No se estiman inversiones adicionales para el desarrollo de regulaciones, las cuales estarán a cargo del poder ejecutivo y legislativo. Para el desarrollo de estándares de control y mantención, la inversión debería provenir desde la industria, en conjunto con fuentes extranjeras asociadas y las compañías proveedoras.

En torno a redes de monitoreo, se propone integrar y fortalecer las existentes, públicas y privadas, para establecer una red nacional con información confiable, data robusta y en línea. El Estado debe invertir en las nuevas estaciones de monitoreo y modelos de escenarios climáticos que sirvan de línea base estándar para la adaptación y evaluación de futuros proyectos.

Fomentar el desarrollo de hidrógeno verde o instalaciones de autonomía energética. Se requieren inversiones privadas y apoyo público y, adicionalmente, aportes desde fondos internacionales de inversión como el BID, empresas relacionadas y fondos concursables asociados a adaptación al cambio climático.

Realizar estudios de riesgo para determinar los cambios requeridos para prevenir potenciales impactos ambientales asociados a eventos de cambio climático, en términos de entender el comportamiento de ecosistemas y otras variables ambientales, para proponer nuevas formas de monitoreo, remediación y definición de planes de cierre adecuados a los nuevos escenarios. Se requiere inversión pública para la revisión y actualización de estándares de los distintos organismos competentes (SEIA, Sernageomin, DGA, Conaf, otros) e inversión privada para la actualización e implementación de los planes correspondientes.

El Estado debe generar instrumentos de fomento a la minería verde, considerando las posibles restricciones asociadas al cambio

climático los que debieran ser considerados en las evaluaciones técnico-económicas de privados para nuevas inversiones.

Respecto de los encadenamientos y desarrollo productivo se sugiere que para el desarrollo de los estudios propuestos es necesaria la contratación de empresas consultoras de ingeniería y/o consultoras medio ambientales. Entidades académicas, centros de investigación y empresas de tecnología pueden realizar algunos de los estudios mencionados y, además, trabajar en el desarrollo de las plataformas digitales requeridas para la captura, almacenamiento y reportabilidad de la información levantada.

Respecto de la I+D+i, se propone desarrollar y pilotear tecnologías para el tratamiento de pasivos ambientales. La colaboración con centros tecnológicos, universidades y centros de pilotajes es fundamental. También, impulsar investigaciones asociadas al desarrollo de modelos predictivos de escenarios climáticos.

En torno al Capital Humano, se sugiere formar personal especializado a nivel regional, para el mantenimiento de los equipos de la red de monitoreo y sistemas asociados, como también desarrollar un nuevo ecosistema de emprendimiento vinculado a la infraestructura, manejo de datos, simulaciones e IOT. Promover un potencial nuevo mercado para el desarrollo de nuevas tecnologías y modelos de negocio asociados a la industria del H2 verde. Y, por último, potenciar nuevos clústeres con la participación de comunidades, para proporcionar productos y servicios que aseguren la continuidad de actividades productivas de las comunidades y la continuidad operacional de la minería.

Respecto de iniciativas de financiamiento de proyectos estratégicos y de impulso a la innovación proponemos:

- Considerar la tecnología asociada a ZLD (Zero Liquid Discharge) en el proceso de desalinización, o en su defecto la recuperación de compuestos de interés a partir del concentrado o rechazo.
- Aumentar los esfuerzos en optimizar el consumo de energía en el bombeo del agua desalada hacia la planta. Podría plantearse el uso de Hidrógeno verde.
- Proyectar que la desalación por osmosis inversa será con nano membranas, membranas con inclusiones de grafeno y membranas ABM.
- Responder a desafíos tecnológicos para la correcta medición de extracciones de agua y plataformas de gestión de la información recopilada.

- Promover cambios institucionales que faciliten la constitución de comunidades de usuarios de cuencas activas, con capacidad de gestión.
- Monitorear ecosistemas: identificar indicadores, desarrollo, despliegue de tecnologías y gestión de información.
- Crear, en las empresas mineras, una unidad de uso sustentable del recurso hídrico.

## IV. Biodiversidad para Operaciones Mineras Sostenibles

### Resumen Ejecutivo

*Las actividades mineras han afectado a una gran variedad de ecosistemas de cuencas endorreicas, como bofedales, vegas y salares, como también la pérdida de glaciares producto de la apertura de caminos y explotación del mineral. Consecuentemente, se han perdido o disminuido servicios ecosistémicos y se han desplazado, desaparecido o reducido formas de vida humana local.*

*Los beneficios de los servicios que proveen los ecosistemas disminuirán sustancialmente para las futuras generaciones, a menos que se tomen medidas para revertir las tendencias actuales. De no hacerlo, en los próximos 50 años podría haber una aceleración de su degradación.*

Este capítulo hace propuestas para restaurar ecosistemas dañados junto con medidas y acciones que prevengan nuevos impactos, poniendo particular énfasis en los impacto de la desalación, actividad se ve incrementada con el objetivo de proveer recursos hídricos para la minería.

### IV. 1. Ambitos de Acción

La biodiversidad ha sido definida como la variedad de genes, especies y ecosistemas que existen en la naturaleza. Específicamente, La Biodiversidad Se Describe y analiza dentro de un esquema jerárquico de organización biológica, que va desde genes hasta paisajes, distinguiendo 3 atributos: composición, estructura y función.

Los diferentes niveles de la biodiversidad y sus atributos han estado sujetos a cambios por los efectos crecientes de la actividad humana, al punto que se habla de la era del Antropoceno y se

asocia a una potencial extinción masiva de especies en las próximas décadas (IPBES, 2019), junto a importantes cambios climáticos, cuyos efectos se manifiestan a diferentes escalas[3].

Este capítulo aborda los siguientes ámbitos:

- Minería y Biodiversidad en Chile

La actividad minera en Chile se desarrolla a lo largo de una gran extensión geográfica latitudinal y altitudinal. A menudo, los yacimientos se encuentran en áreas con ecosistemas ambientalmente sensibles y singulares, los que pueden estar representados a lo largo y ancho de una misma cuenca, como lo es la zona alto andina y andina y los ecosistemas mediterráneos, cuyas condiciones de vulnerabilidad ante los actuales patrones de cambio climático ejercen una presión sinérgica frente al uso de agua continental durante décadas por la actividad minera.

La minería, en sus procesos de exploración y explotación, genera grandes movimientos de materiales que implican cambios relevantes en el paisaje y los hábitats de las especies. Por otra parte, el uso de agua continental puede llegar a producir cambios, en algunos casos irreversibles, como lo que ha acontecido en sistemas superficiales de vegas, lagunas, bofedales y salares, o sobre sistemas subterráneos particularmente en las regiones de Tarapacá, Antofagasta y Atacama. Además, el uso de agua continental sumado a los efectos derivados del cambio climático, han generado distintos grados de afectación, con efectos acumulativos y sinérgicos. Los instrumentos institucionales que operan para resguardar la biodiversidad (Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental y Superintendencia del medio Ambiente, principalmente) han demostrado tener alcances restringidos, pese a ser proactivo en la generación de guías con enfoque preventivo para el resguardo de la biodiversidad.

La gran sequía que afecta al país en los últimos años, producto del cambio climático, ha generado, la disminución de la disponibilidad de agua continental, lo que ha propiciado el avance progresivo del uso de plantas desaladoras como una alternativa para obtener agua para los procesos mineros. No obstante, la instalación y operación de dichas plantas nos exige acelerar procesos de planificación territorial e investigar para evitar o revertir posibles

[3] Intergovernmental Panel on Climate Change, 2018

impactos negativos sobre la biodiversidad y las actividades de las comunidades costeras.

En este contexto, la institucionalidad ambiental ha desarrollado varias guías para ser consideradas por parte de titulares de proyectos, en el marco del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA) como la reciente Guía sobre lineamientos técnicos mínimos para la Evaluación ambiental de proyectos industriales de desalación en jurisdicción de la Autoridad Marítima. A pesar de ello, las líneas de base, los modelos y las medidas, así como las evaluaciones por parte de la autoridad ambiental, han estado lejos del objetivo principal del SEIA: "un instrumento de gestión ambiental de carácter preventivo que permite a la autoridad determinar antes de la ejecución de un proyecto si: a) Cumple con la legislación ambiental vigente y si b) se hace cargo de los potenciales impactos ambientales significativos". Esto nos demuestra la complejidad de los sistemas ecológicos y las brechas que aún no cubrimos como país, tanto respecto de la sostenibilidad de las actividades productivas en sistemas ecológicos, como de la escasa investigación como bien público que ha generado el sector minero, para abordar con menor incertidumbre y objetividad los efectos de la industria minera en los territorios.

**Grandes desafíos**

**Fortalecer la institucionalidad ambiental en el más breve plazo:** El Estado debe comprometer la creación de un Servicio de Biodiversidad y Áreas Protegidas, reduciendo incertidumbres y dispersión, y definiendo con claridad acciones de conservación dentro y fuera de las áreas protegidas, con un amplio espacio para involucramiento de la sociedad civil y las empresas. Vincular el conocimiento científico creado al amparo de este Servicio.

**Áreas de conocimiento:** Es necesario ampliar el estado del conocimiento de la biodiversidad, en especial en macrozonas donde opera la minería, para cerrar brechas respecto a la respuesta hidrológica de diversos ecosistemas frente a usos, actualizar estudios sobre distribución de especies y comportamiento ante cambio climático, así como cerrar las brechas en variadas y relevantes temáticas; generar redes de conocimiento o centros de investigación interdisciplinarios con universidades regionales y organizaciones especializadas en la práctica de la conservación, para crear plataformas de conocimiento integrado permanente.

**Biodiversidad, cambio climático, territorio y comunidades:** Articular ejes como el de biodiversidad con comunidades y sus territorios, en especial pero no exclusivamente, con pueblos indígenas, estudiar efectos del cambio climático, la adaptación a nivel local, estudios socio-ecológicos que permitan comprender efectos de intervenciones y oportunidades para el cambio, la recuperación, la valoración del capital social y conocimiento ancestral. La industria minera puede promover activamente la implementación de Soluciones basadas en la Naturaleza[4] para abordar sus impactos actuales e históricos, así como para hacer aportes voluntarios que apunten hacia el bien común de los territorios en que se inserta.

## IV. 2. Metas

- Fortalecer la institucionalidad ambiental en el más breve plazo. Si bien esta no es una meta que le competa al sector minero, la minería constata que es menester contar con un marco consensuado en la materia que le permita avanzar y desenvolverse. Es por ello que se plantea la necesidad de que el Estado debe comprometer la creación de un Servicio de Biodiversidad y Áreas Protegidas, reduciendo incertidumbres y dispersión, y definiendo con claridad acciones de conservación dentro y fuera de las áreas protegidas, con un amplio espacio para involucramiento de la sociedad civil y las empresas. Mejorar el conocimiento, con mayor capacidad institucional. Mejorar los parámetros y criterios del SEA para hacer de la institucionalidad ambiental un espacio de credibilidad, protección ambiental y certezas. Aplicar efectivamente la jerarquía de mitigación a los proyectos mineros, poniendo un fuerte énfasis en las acciones preventivas como primera prioridad, y dejando aquellas de remediación solo como la excepción.
- Vincular el conocimiento científico creado al amparo del Servicio de Biodiversidad, como una fuente reconocida de alto estándar, para ponerla a disposición de la comunidad nacional e internacional, relacionándose en un círculo virtuoso de conocimiento

[4] Concepto que abarca a todas las acciones que se apoyan en los ecosistemas y los servicios que estos proveen, para responder a diversos desafíos de la sociedad como el cambio climático, la seguridad alimentaria o el riesgo de desastres.

con otras entidades latinoamericanas y del resto del mundo, exportando y creando conocimiento basado en la ciencia.

- Fortalecer áreas de conocimiento. Algunas áreas deficientes aún son: desalinización e impactos sobre los ecosistemas marinos y zona costera; relaciones hidrogeológicas en diversos tipos de humedales, en cuencas endorreicas y exorreicas; evolución de hábitat críticos para la biodiversidad y restauración de humedales; glaciares y su estado. La implementación de redes de conocimiento o centros de investigación interdisciplinarios con universidades regionales y organizaciones especializadas en la práctica de la conservación, para crear plataformas de conocimiento integrado permanente, puede ayudar a cubrir brechas y favorecer procesos complejos, basados en enfoques adaptativos.
- Es necesario ampliar el estado del conocimiento de la biodiversidad. Articular ejes como el de biodiversidad con comunidades y sus territorios, en especial pero no exclusivamente, con pueblos indígenas, estudiar efectos del cambio climático, la adaptación a nivel local, estudios socio-ecológicos que permitan comprender efectos de intervenciones y oportunidades para el cambio, la recuperación, la valoración del capital social y conocimiento ancestral como elemento relevante de la tarea de gestión de conservación, protección y restauración de la biodiversidad,
- La industria puede adoptar soluciones basadas en la naturaleza para abordar sus impactos actuales e históricos, así como para hacer aportes voluntarios que apunten hacia el bien común de los territorios en que se inserta. Esto no es más de lo mismo, requiere acciones concertadas. en especial en macro zonas donde opera la minería, para cerrar brechas respecto a la respuesta hidrológica de diversos ecosistemas frente a usos, actualizar estudios sobre distribución de especies y comportamiento ante cambio climático, respondiendo al qué, dónde y cómo están desplegadas en el espacio geográfico, distintas dimensiones de la biodiversidad (especies, ecosistemas) y algunos servicios (captura de carbono, regulación/provisión agua).
- Biodiversidad, cambio climático, territorio y comunidades: Sistemas socio-ecológicos. Articular ejes como el de biodiversidad con comunidades y sus territorios, en especial pero no exclusivamente, con pueblos indígenas, estudiar efectos del cambio climático, la adaptación a nivel local, estudios socio-ecológicos que permitan comprender efectos de interven-

ciones y oportunidades para el cambio, la recuperación, la valoración del capital social y conocimiento ancestral. Parte relevante de la tarea de gestión de conservación –incluyendo protección, restauración, y otras– debe ser a nivel de paisaje y sitio, es decir, multi escala, temporal y espacial. Por ello la cuenca hidrográfica es un espacio necesario para no omitir ámbitos ecológicos y sociales, donde la gobernanza es un medio posible para revertir o evitar conflictos.

Los desafíos mencionados requieren el compromiso ambiental del sector minero y el desarrollo de conocimiento e integración de datos de manera de lograr una ganancia neta positiva sobre la biodiversidad. Sin embargo, este no será solo un desafío de las compañías mineras; el sistema económico y de desarrollo del país debe transitar hacia un mayor cuidado de ecosistemas y biodiversidad, con un rol activo del Estado, el que además debe proveer bienes públicos que faciliten la acción colectiva y la confianza. Es ya un hecho que los mercados están demandando en forma creciente la trazabilidad de la forma como se produce cobre y otros metales, incorporando aspectos de biodiversidad que deberán ser abordados tempranamente.

### IV. 3. Inversiones, Innovación y Financiamiento

Se propone poner foco en invertir en la actualización del conocimiento de la biodiversidad en áreas donde opera la minería y desarrollar líneas de investigación para ampliarlo:

Evaluar la información disponible e identificar las brechas de información, aprovechando la puesta en marcha de la plataforma de monitoreo de la biodiversidad del Ministerio del Medio Ambiente (SIMBIO) programada para los próximos años. Posteriormente iniciar la apertura de la información a través de plataforma open-data.

Comprender mejor el posible efecto de campos de pozos sobre acuíferos abandonados y en operación, asociados a distintos tipos de ecosistemas. Esto incluye aumentar el conocimiento de la biodiversidad marina asociada a la operación de plantas desaladoras.

Estandarizar información sobre biodiversidad y su acceso a través de sistemas públicos disponibles a través de protocolos para la curatoría de datos, guías para el monitoreo y evaluación y plataformas digitales de información de biodiversidad marina y terrestre.

En torno a la desalación del agua de mar, se propone establecer un sistema de monitoreo público-privado que incremente el conocimiento sobre el comportamiento de las descargas de agua y toma de agua de mar desde las plantas desaladoras y su impacto sobre la biodiversidad y actividades humanas en las costas.

Establecer sistemas de monitoreo en tiempo real de humedales andinos y altoandinos, acuíferos y lagunas de salares.

Se propone la restauración de ecosistemas y la elaboración de guías que estandaricen el proceso.

Evaluar por parte del Ministerio de Medio Ambiente, la creación de un portafolio de Soluciones Basadas en la Naturaleza aplicables a zonas impactadas por las actividades mineras.

## V. Procesamiento de Concentrados, Minería Secundaria, Reciclaje y Pasivos Ambientales

### Resumen Ejecutivo

*Minimizar la generación de residuos y recuperar más elementos de interés económico es el primer paso hacia una mayor sustentabilidad de la actividad minera. Para ello es necesario estudiar y desarrollar soluciones innovadoras que permitan reducir, reciclar y reutilizar sus residuos y capturar valor en cada etapa. Asimismo, una industria metalúrgica eficiente y de última generación (nueva FURE) es clave para aprovechar una mayor fracción del valor generado en la minería, ya que un mayor procesamiento local impacta en el desarrollo industrial, tecnológico y social del país. Además, nuestro país contribuiría a bajar las emisiones GEI, ya que la matriz energética chilena es más "limpia" que la de China, principal destino de nuestras exportaciones de cobre.*

### V. 1. Ámbitos de Acción

El presente capítulo propone los siguientes ámbitos de acción:

- Relaves: reducir la huella ambiental de los principales efluentes mineros.

Minimizar la generación de residuos y recuperar más elementos de interés económico es el primer paso hacia una mayor sustentabilidad de la actividad minera. Considerando el carácter masivo de los relaves es impensable una valorización y eliminación com-

pleta del residuo. Por lo tanto, es necesario estudiar y desarrollar soluciones innovadoras que permitan el retorno de los relaves a la zona de extracción minera o a su entorno directo, asegurando su estabilidad física y química y una minimización de los impactos. Y en el largo plazo, habilitar una minería sin relaves.

- Minería secundaria y economía circular: mayor recuperación de valor contenido y nuevas soluciones que utilicen residuos para fines productivos.

Un cambio profundo de paradigma tiene que ver con el fin de un enfoque productivo lineal resumido en extraer, producir y botar, y su reemplazo por la circularidad, basada en minimizar la extracción de nuevos recursos. Existe un impulso a nivel mundial para recuperar metales con valor desde residuos, lo que implica múltiples desafíos normativos, de escala, logístico, tecnológicos y de diseño de modelo de negocios.

- Fundiciones (FURE): generar nuevas fundiciones sustentables y competitivas, con mayor capacidad de procesamiento en la cadena minero-metalúrgica.

Una industria metalúrgica eficiente y de última generación es clave para aprovechar una mayor fracción del valor generado en la minería, ya que un mayor procesamiento local impacta en el desarrollo industrial, tecnológico y social. Se propone asegurar una capacidad de fundición y refinación local, capaz de competir en términos ambientales y de mercado con las fundiciones más avanzadas del mundo y que considera el uso de combustibles sustentables como hidrógeno verde para producir con una mínima huella de carbono es el ambicioso desafío.

## V. 2. Metas

**Relaves:**

- Al 2030, incentivar el desarrollo de tecnologías que permitan depositar relaves con mayor concentración de sólidos, maximizando la recuperación y recirculación de agua y alargando la vida útil de los depósitos. Y establecer un marco legal y ambiental para poner en marcha un programa para reprocesar los que representan mayor riesgo y/o mayores contenidos de elementos o compuestos de valor, con una re depositación de los

nuevos residuos más segura para las comunidades y el medio ambiente.
- Al 2040, remediar los depósitos cerrados y abandonados con riesgo para la salud de las personas y para los ecosistemas. Además, implementar alternativas para el cierre seguro y responsable de los depósitos de relaves, distintos de aquellos contenidos en la Ley 20.551, que regula el cierre de faenas e instalaciones mineras, minimizando los riesgos y los requerimientos de mantención y tratamiento y dándole un uso alternativo al área de los depósitos.

**Minería secundaria y economía circular**

- En el corto plazo, priorizar los residuos de mayor impacto que sean de interés para otras industrias, con tecnologías probadas, de manera de movilizar el ecosistema. Y generar una normativa adecuada que permita incorporar residuos mineros (no peligrosos) como materia prima, dentro de otros procesos y/o industrias.
- Al 2030, habilitar un centro de minería secundaria en región minera evaluada, que considere un análisis en los ámbitos económico, social y ambiental.
- Al 2040, reducir, reutilizar y reciclar un 100% de los residuos susceptibles de reciclar generados en operaciones mineras; reducir el stock de residuos mineros masivos susceptibles de reutilizar (relaves, ripios, lastre, etc.) y los escoriales susceptibles de reutilizar, en a lo menos un 90%, por reúso en reemplazo de áridos.

**Fundiciones**

- Reducir, reutilizar y reciclar el 100% de los residuos generados por las fundiciones, como escoriales y otros, incluyendo su estabilización física y química.
- Lograr la carbono neutralidad de todas las fundiciones y refinadoras de cobre que operan en el país.
- Desarrollar negocios en la cadena de valor de la metalurgia, nuevos materiales, pilotajes, subproductos, reciclaje y patentamiento, entre otros.
- Posicionar a Chile como líder en conocimiento y tecnología de procesamiento de minerales y concentrados, integrando las

cadenas desde la generación de conocimiento en investigación básica, hasta la exportación de tecnologías que incluyan ese conocimiento.

## V. 3. Inversiones, Innovación Y Financiamiento

### Relaves

Las principales soluciones y tecnologías para desarrollar en el ámbito de los relaves se enmarcan en 2 ejes estratégicos:

- Vigilancia Tecnológica / BAT (Best Available Technologies) / Adaptación de tecnologías existentes: Tecnologías de separación sólido/líquido y desagüe de los relaves que reduzcan el consumo de agua, aseguren una mayor estabilidad de los depósitos y alarguen su vida útil; tecnologías del tipo ore sorting o clasificación selectiva de minerales, orientadas a reducir la producción de relaves; procesos de recuperación de elementos/minerales de valor; proceso de despiritización e inertización de los relaves; tecnologías de reutilización masiva de residuos finales en obras civiles, rellenos; procesos de control y remediación de infiltraciones y eliminación de riesgos de nuevas infiltraciones; cierre, relocalización o re depositación de relaves críticos y/o conflictivos en forma más segura para las comunidades y el medio ambiente; tecnologías para el control del arrastre eólico de material particulado en depósitos de relaves; desarrollo de alternativas de cierre de depósitos de relaves y habilitación para darle otros usos; tecnologías para implementar un sistema de monitoreo en línea y transparente, tipo plataforma web, para depósitos activos, inactivos y abandonados, que permitan responder preventivamente a potenciales anomalías y, tecnologías para simular escenarios en torno a los efectos del cambio climático sobre los depósitos de relaves.
- I+D+i: Tecnologías de disposición de relaves en minas (rajos y minas subterráneas); minería sin depósitos de relaves; transformación de los relaves en productos masivos comercializables y/o en un material inerte de fácil manejo y disposición.

Respecto de las inversiones, se identifican diferentes líneas:

Diagnósticos: se requieren diagnósticos para una mejor definición de los problemas y desafíos y una priorización o un levanta-

miento de oportunidades. En particular, se propone desarrollar las siguientes líneas de trabajo:

- Consolidar la información existente (catastro de Sernageomin, información del SEIA, reportes de sustentabilidad etc.) sobre depósitos de relaves en operación, fuera de operación, en etapa de cierre o abandonados.
- Elaborar un programa priorizado de pasivos mineros (depósitos de relaves fuera de operación o abandonados).
- Estos programas se basan esencialmente en información existente y no requieren mayor inversión (<US$ 50.000).

En relación con la Vigilancia Tecnológica, hay que buscar, captar, recolectar, analizar y seleccionar tecnologías disponibles para enfrentar los diferentes problemas y desafíos. Esta línea se relaciona directamente con los conceptos de *Best Available Technologies* (BAT) y de *Benchmarking*. Se propone desarrollar los siguientes estudios de vigilancia tecnológica y selección de tecnologías ambientalmente amigables, que puedan aplicarse a gran escala:

- Tecnologías de separación sólido/líquido, aplicable a gran escala para el espesamiento y la deshidratación de relaves.
- Tecnologías de caracterización de relaves para determinar oportunidades de recuperación de elementos valiosos y de compuestos potencialmente contaminantes.
- Tecnologías de recuperación de elementos, compuestos o materiales de interés económico y/o de elementos contaminantes a partir de los relaves.
- Tecnologías para la removilización de relaves antiguos.
- Tecnologías para el saneamiento ambiental y la reconversión de depósitos de relaves antiguos (pasivos mineros).

Este programa de vigilancia tecnológica es clave para definir las etapas posteriores, pero no requiere inversiones muy importantes. Se estima que una célula de vigilancia tecnológica con un presupuesto anual de US$ 100.000 podría hacerse cargo de este programa.

En materia de pilotaje, hay que desarrollar programas de validación a escala piloto de tecnologías existentes o en desarrollo. En particular, se propone desarrollar pilotaje de las siguientes tecnologías:

- Tecnologías de separación sólido/líquido.
- Tecnologías de separación y recuperación de elementos, com-

puestos o materiales de valor económico.
- Tecnología de separación y eliminación de elementos o compuestos contaminantes.
- Tecnologías de saneamiento ambiental y reconversión de pasivos mineros.
- Tecnologías de depositación de relaves en faenas mineras (retorno de relaves a la mina).

Estos programas deben financiarse a través de alianzas público/privados que fomenten la validación y adopción de tecnologías más amigables con el medio ambiente. Los niveles de inversión requeridos para cada una de estas líneas de pilotaje tecnológico pueden variar entre US$ 500.000 y US$ 2.000.000 (o más).

Se propone crear un Fondo de saneamiento de pasivos mineros que contribuya a reducir los riesgos para las personas y el medio ambiente, junto con recuperar superficies para nuevos usos. Este fondo requiere una inversión significativa y probablemente extendida en el tiempo. Por lo tanto, es imperativo buscar un mecanismo de financiamiento permanente. Sin embargo, es necesario demostrar primero su viabilidad técnica y ambiental, a través de un programa piloto que debería enfocarse en 3 ó 4 casos representativos y prioritarios.

Los programas de I+D de nuevas tecnologías no pueden depender solo de iniciativas y financiamiento público. Requieren también, de una participación significativa del sector privado. Los mecanismos de financiamiento pueden ser variados, pero deberían incluir, entre otros, fondos concursables, núcleos temáticos de investigación, desarrollo y apoyo a la formación de consorcios colaborativos. Las líneas propuestas son:

- Desarrollar nuevos métodos de extracción y procesamiento que no generen relaves (minería sin relaves) o que reduzcan significativamente su volumen.
- Desarrollar procesos de transformación de los relaves en materiales que puedan ser utilizados sustentablemente en otras aplicaciones y/o en materiales inertes de fácil manejo y disposición.
- Desarrollar nuevas alternativas para el cierre sustentable de depósitos de relaves.

Respecto de los encadenamientos y desarrollo productivo la gestión de los relaves se integra y seguirá dentro de los proyectos

mineros que los generan. Una gestión innovadora permitiría reducir la huella ambiental y los costos de cierre, sin generar un encadenamiento externo.

Sin embargo, el uso de relaves en obras civiles o como materiales de relleno, su eventual transformación y reutilización como materiales de construcción o como materia prima para otros procesos son alternativas que abren la posibilidad de encadenamientos productivos y de desarrollo de nuevos negocios. Pueden apoyar también al desarrollo de infraestructuras locales, como, por ejemplo, la mejora vial.

Una mayor recuperación de agua y una disminución de consumo neto de agua contribuyen a liberar recursos hídricos.

Finalmente, la rehabilitación de áreas ocupadas por relaves abandonados y nuevas alternativas para el cierre de los depósitos en operación permitiría nuevos usos del área para el desarrollo de actividades económicas compatibles (generación eléctrica solar, áreas de recreación, entre otras).

El desarrollo de tecnologías debe ser adecuado y en escala a la magnitud de la actividad minera en Chile, proporcionando ensayos y pilotos representativos de los distintos tipos de minerales.

**Fundiciones**

La metalurgia es un conocimiento que Chile debiera resguardar y potenciar como desarrollo profundamente ligado a las nuevas exigencias de una mineralización cada vez más compleja. Se trata entonces de asegurar una capacidad de fundición y refinación local, capaz de competir en términos ambientales y de mercado con las fundiciones más avanzadas del mundo y que considera el uso de combustibles sustentables como hidrógeno verde para producir con una mínima huella de carbono. Tener fundiciones en Chile constituye una clara ventaja económica, por la penalización que se debe pagar por los altos niveles de arsénico que se producen en el país, más de 20.000 toneladas al año. La recuperación de subproductos y el reciclaje de residuos también son muy importantes para mejorar los resultados. En definitiva, las FURE constituyen una base material para el emprendimiento, nuevos negocios, la investigación y desarrollo tecnológico.

La estimación para el CAPEX para una FURE de 3 MTon/año es cercana a los MUS$ 2. 250 (no se consideran costos financieros) y

un VAN asociado cercano a los MUS$ 1.500.

Respecto de los encadenamientos y desarrollo productivo, los principales aportes serían: valor agregado, sobre los US$2 mil millones/año. Se favorece la complejidad de la economía por adquisición de insumos y servicios. Empleos directos entre 2.500 y 2.700 personas, e indirectos más de 5.400 personas.

En torno a la I+D+i, una propuesta como la planteada requiere una estrategia que incorpore: nuevas tecnologías en el procesamiento de minerales complejos (industria 4.0); recuperación de elementos de valor; uso intensivo de automatización; control de procesos; uso de sensores de nueva generación; adquisición de datos; digitalización e hidrógeno verde. Además de recursos humanos capaces de operar nuevas tecnologías y/o diseñar innovaciones, en estrecha relación con otros equipos técnicos internacionales.

En el ámbito del capital humano, la iniciativa favorece el fortalecimiento de planes de formación técnica vinculados directamente con la industria, asegurando que los planes formativos estén en sintonía con sus desafíos. La formación técnica en procesos mineros debe poner foco en la eficiencia, productividad, seguridad y sustentabilidad de los procesos (economía circular).

**Minería secundaria y economía circular**

No se observan brechas tecnológicas. Se requieren nuevos modelos de negocios y coordinaciones que faciliten la relación entre minería y otros actores productivos.

No se realizó una estimación de inversiones. El reciclaje y reúso de estos residuos y su transformación en subproductos son desarrollos a la medida (*taylor-made*). El financiamiento puede provenir de fondos públicos, privados y extranjeros.

## VI. Propuestas para Fortalecer el Financiamiento en el Ciclo de Innovación y el Capital Humano en el Ecosistema Minero

### Resumen Ejecutivo

*El propósito de este capítulo es contar con una arquitectura de financiamiento conectada a la política sectorial y al ecosistema de ciencia y tecnología, que favorezca la innovación y las alianzas público-privadas, para que nuestro país logre desarrollar una minería de clase mundial, exportadora de minerales sustentables y de productos y servicios intensivos en conocimiento.*

*La propuesta reivindica el royalty minero, recuperando su vocación original. Los instrumentos abarcan el proceso de innovación, desde el desarrollo de la ciencia hasta el escalamiento industrial, con orientaciones de mediano y largo plazo; diversidad de herramientas para desafíos de mediana y gran envergadura; y mecanismos variados de financiamiento: fondos, incentivos tributarios, subsidios reembolsables y no reembolsables, entre otros.*

### VI. 1. Ambitos de Acción

- Promover el uso del impuesto específico a la minería de forma íntegra a I+D+i

Se propone volver al espíritu original del *royalty* minero, orientando la totalidad de los recursos a políticas de investigación e innovación con foco en grandes desafíos u orientadas por misión.

Considerando la recaudación promedio de la última década y las proyecciones de precio del cobre, se plantea dedicar un promedio de US$600 millones al año como recursos frescos, de los cuales una proporción mayoritaria se oriente a sectores no mineros, y una proporción menor a la I+D+i asociada a temas prioritarios del ecosistema minero, como se explica a continuación:

Se recomienda inyectar nuevos recursos a aquellas áreas estratégicas para el país, donde se requiere sostener un esfuerzo permanente de I+D+i y de formación de capital humano de largo plazo, de modo de lograr una masa crítica y acumulación de conocimiento y capacidades para tener un verdadero impacto y transformaciones profundas.

Esta propuesta se alinea con las recomendaciones de la Estrategia Nacional de Innovación 2018, que coordinó el Consejo Nacional de

Innovación para el Desarrollo, CNID, que incluyeron incrementar y diversificar las fuentes de financiamiento, movilizando e incentivando una mayor inversión del sector privado, junto a un mayor aprovechamiento de los recursos públicos, a la vez que concentrar los esfuerzos en grandes retos nacionales que permitieran dar masa crítica y proyección a los esfuerzos de innovación.

Y es consistente, con la recientemente publicada Política Nacional de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación, la primera elaborada en el marco de la nueva institucionalidad del sector, que plantea el camino para el fortalecimiento del ecosistema nacional.

- Creación de un Fondo de Innovación del Ecosistema Minero.

Se propone crear un mecanismo de asignación de recursos para realizar I+D+i en torno a desafíos colectivos del sector minero, de validación industrial de tecnologías para la minería y de formación e inserción de capital humano El Fondo sería administrado por una gobernanza sectorial establecida para dicho fin, y operaría con estándares de transparencia y cumplimiento (*compliance*) internacionales. El Fondo de Innovación del Ecosistema Minero estaría conformado por una proporción de la recaudación del impuesto específico, que signifique un aporte gradual que totalice al menos US$1.000 millones en 10 años[5].

El nuevo mecanismo deberá poner especial atención en fomentar la colaboración. Las dificultades para avanzar en esfuerzos cooperativos son las asimetrías de información y la desconfianza, de ahí los altos costos de transacción que tienen estas iniciativas. Es labor de esta gobernanza facilitar la colaboración para constituir centros colaborativos o modelos consorciados. Al mismo tiempo, estos centros colaborativos o consorcios que ejecutarán los programas de innovación deberán propender a que sus gobernanzas sean público-privadas y contar con hojas de ruta claras para la mantención y creación de capacidades en la frontera tecnológica, alineados con las demandas del sector.

Este fondo a su vez debe considerar su composición en tres sub fondos:

---

[5] Esta propuesta tiene como referencia el SIF - Net Zero Accelerator Canadá, un fondo de $ 3 mil millones durante 5 años para acelerar rápidamente los proyectos de descarbonización con grandes emisores, ampliar la tecnología limpia y acelerar la transformación industrial de Canadá en todos los sectores.

1) Fondo para bienes públicos y bienes club, centros e investigación tecnológica precompetitiva asociativa para desafíos colectivos del sector.
2) Fondo de subsidio contingente a la innovación para validación industrial de tecnologías para la minería.
3) Fondo de formación e inserción de capital humano avanzado en el ecosistema minero.

- Apalancamiento de capital privado para la inversión en I+D+i en minería verde.

Chile es el país productor de cobre más importante del mundo, además de contar con un número significativo de otros minerales para su extracción como molibdeno, litio, cobalto, zinc, oro, plata, paladio, platino y renio, entre otros, que dan cuenta de su riqueza geológica. Sin embargo, el mercado de capitales en nuestro país no cuenta con una gama amplia de instrumentos para que inversionistas, fundamentalmente institucionales por su envergadura, puedan invertir local y profundamente en minería, ni tampoco en tecnologías asociadas a la cadena de valor y suministro de una minería verde.

Entre los argumentos esgrimidos, se reconoce que el mercado local es acotado, en relación con los importantes volúmenes de inversión que requieren los grandes proyectos mineros. Otro argumento es que el ecosistema minero de innovación asociado a proveedores tecnológicos locales es limitado y poco sofisticado. Sin embargo, esta tradicional mirada a las necesidades de inversión de la minería chilena no considera las importantes oportunidades que existen en el escalamiento industrial de tecnologías para recuperar y potenciar el dinamismo que requiere la industria nacional, en términos de modernización y tecnologización, que le permitan operar sosteniblemente en todas las escalas (pequeña, mediana y grande).

Alianzas público-privadas, reformas al mercado de capitales, destrabar limitaciones institucionales, eliminar desincentivos administrativos, generar incentivos tributarios y articular al ecosistema de innovación minero tras el propósito de convertir a Chile en una plaza importante para invertir en minería verde resultan claves. Una alianza al interior de la industria, complementada por acciones público-privadas, involucrando a actores nacionales e internacionales, es fundamental para alinear y concretar estos propósitos.

Las oportunidades de inversión asociadas a estos desafíos son innumerables: Impulsos en información geológica; apertura de propiedad minera; vínculos entre la prospección minera y explotación a pequeña escala altamente tecnologizada; desarrollo de la minería polimetálica en todo su potencial; aprovechamiento y valorización de pasivos y residuos mineros; desarrollo de una industria local de productos y servicios tecnológicos de alcance mundial; potenciamiento de la digitalización y uso de sensores (sensorización) en los procesos mineros; desarrollo del hidrógeno y amoniaco verde; disponibilidad de recursos hídricos; almacenamiento energético; electrificación de la movilidad minera; desarrollo de una industria para la generación de materiales avanzados a partir de litio, que respondan a las necesidades futuras del mercado, entre muchos otros focos, figuran como oportunidades para levantar una importante cartera de inversión de este sistema traccionado por una minería virtuosa.

El vínculo presentado debe, además, apalancarse con acciones en los ámbitos de las políticas públicas y corporativas, que permitan disponer de importantes recursos financieros para cumplir con los propósitos presentados.

Propuestas:

- Aumentar la intensidad de I+D en las empresas mineras.

La minería nacional tiene una intensidad sectorial en I+D de un 0,07%, la más baja de los países mineros y una de las más bajas entre todos los sectores productivos a nivel nacional.

Se propone un aumento sostenido de la inversión para llegar al año 2030, al menos, al 0,5% de modo de estar entre los 5 primeros sectores a nivel nacional y moviéndose hacia el promedio de la intensidad sectorial de los países mineros, al 2050.

Una proporción importante de esta inversión debería ir a minería verde, aunque otros ámbitos como digitalización e industria 4.0 o nuevos procesos minero-metalúrgicos también deberían ser focos de atención de este esfuerzo, especialmente de tipo colaborativo con proveedores y centros del conocimiento.

- Incentivos tributarios

Mejorar, ampliar y potenciar el uso de incentivos tributarios a la I+D (Ley N° 20.241 y Ley N°20,570), instrumentos o programas públicos nacionales o internacionales, cuidando la complementariedad y evitando la duplicidad de aportes, objetivos o líneas de

investigación con otros fondos públicos en curso o ya realizados. En particular, se proponen algunas modificaciones que incluirían un cambio legal, tales como:

Ampliar el tope anual de crédito tributario de 15.000 UTM ya que, para los desafíos de la gran minería, los montos topes actuales son muy bajos. Etapas de desarrollo o pilotajes a partir de TRL 5[6] hacia arriba requieren, por lo general, niveles de inversión en actividades de desarrollo para un solo proyecto.

En un contexto de caída del esfuerzo de I+D en Chile, proponemos aumentar el límite actual al crédito tributario a la inversión en I+D. Y, en el caso de contratos de I+D con entidades externas a las empresas, no establecer un límite (la ley vigente considera la certificación de centros de investigación de universidades, institutos de investigación o empresas de base tecnológica establecidas y con capacidades en Chile). Este cambio debe ser transversal; sin embargo, en el caso de la minería, es aún más pertinente en el contexto de la discusión de nuevas regalías, para generar incentivos a la realización de I+D.

Se propone tomar o seguir ejemplos de otros países cuyas legislaciones son más flexibles y no incorporan topes de beneficio.

Permitir certificar portafolios de proyectos. Por lo general, las compañías mineras gestionan carteras de iniciativas para mejorar sus procesos y desempeños. Se propone que estas empresas puedan certificar portafolios de proyectos de I+D, cumpliendo ciertos estándares y sistemas de gestión, que serán debidamente acreditados o certificados por entidades o agencias independientes. ¿redundante, no?

Permitir certificar gastos de gestión de portafolios de I+D, para propiciar y facilitar procesos de gestión de la I+D de las compañías mineras, a partir de desarrollos internos o generados de manera abierta con el ecosistema de innovación local y global. Se propone incorporar los gastos necesarios para gestionar los sistemas de Innovación como gastos aceptados y sujetos de crédito tributario.

Incluir entidades o agencias externas acreditadas que certifiquen el uso de la Ley, con el propósito de generar mayor flexibilidad y capacidad de gestionar oportunamente las solicitudes de

[6] Technological Readiness Level

crédito. Se propone establecer la existencia de entidades certificadoras privadas de la Ley de I+D.

- Corporate Venture Capital o inversión en Fondos de Inversión por parte de empresas mineras

Promover la inversión de las compañías mineras en Fondos de Capital de Riesgo, creando sus propios fondos (*Corporate Venture Capital*) o siendo aportantes a Fondos administrados por entidades especializados en Fondos de Inversión. Estos podrían ser coinvertidos por CORFO y otros inversionistas nacionales e internacionales, con una proporción relevante enfocada en el ecosistema minero local, especialmente en proveedores tecnológicos y *start ups* que desarrollan tecnologías verdes, digitales o nuevos procesos.

- Generar desafíos competitivos de gran escala para innovación en minería verde.

Articular desafíos de gran escala y complejidad, como los organizados por la Fundación X Prize, con objetivos claros y medibles, convocando a innovadores y emprendedores del sector minero nacional, en temáticas disruptivas y fundamentales para la minería verde. El concepto sería estructurar estos desafíos de manera colaborativa al interior del sector minero, con fuentes de financiamiento importantes de la industria y cofinanciadas por el sector público y privado. Se propone un aumento sostenido de la inversión para llegar al año 2030, al menos al 0,5%, de modo de estar entre los 5 primeros sectores a nivel nacional y moviéndose hacia el promedio de la intensidad sectorial de los países mineros, al 2050.

### VI. 2. Propuestas para Fortalecer el Financiamiento de Proyectos Estratégicos de Inversión en Minería Verde

- Mecanismos de financiamiento para inversiones productivas en minería verde con apoyo público.

Los compromisos de acción climática de Chile y la oportunidad de impulsar un desarrollo sostenible requieren que el Estado incentive la aceleración de las inversiones, con tecnologías para descarbonizar y descontaminar, y que impulse un posicionamiento internacional verde de nuestras exportaciones y actividades productivas en general.

Se propone activar un conjunto de mecanismos de apoyo para el financiamiento de proyectos verdes, que contribuyan a la descarbonización y descontaminación de las actividades productivas en general y a la minería en particular, como el caso del CEFC de Australia, que creó un fondo de AUS$ 10.000 millones para promover las inversiones verdes.

- Fondo de Inversión de Economía sostenible e Inversiones verdes por US$ 1.000 millones en 10 años.

Se plantea crear un Fondo de Inversión en Economía Sostenible e Inversiones Verdes, por US$ 1.000 millones para un período de 10 años, administrado por CORFO. Se constituiría con una proporción de los recursos adicionales que se recaudarán por las regalías del litio entre 2022 y 2030. A partir de las proyecciones de precio y niveles de producción, se estima que se recaudarán US$359 millones para destinarse a subsidios para programas de investigación y centros tecnológicos, como los asignados al Centro de Economía Circular, Centro de Electromovilidad o Instituto de Tecnologías Limpias. En el mismo período, se recaudarán regalías adicionales por unos US$2.000 millones; se recomienda que la mitad sea destinada al fondo propuesto.

Este fondo reembolsable se invertiría casi en su totalidad en activos que no implican ex ante gasto público, ya que financiarán inversión socialmente rentable, en condiciones más blandas que las de mercado. Como se trata de mecanismos reembolsables, permitiría proyectar su operación más allá de los 10 años previstos. .

Este fondo debe a su vez diseñar diferentes instrumentos tales como un fondo de subsidio a estudio de pre-inversión en proyectos de inversión verde; fondo de garantías de crédito; financiamiento a través de intermediarios financieros; fondo de financiamiento a través de Fondos de Capital de Riesgo. Asimismo, deben considerarse mecanismos complementarios entre los cuales se menciona la emisión de un bono verde soberano para inversiones.

La propuesta incluye la descripción de incentivos para integrar la innovación en los proyectos de inversión, como una sección completa de marco institucional para la implementación y financiamiento de la estrategia de minería verde, que va en la línea de abordar las principales debilidades de nuestro país, destacadas en el informe del *World Economic Forum* de 2020, sobre la capacidad de crear los mercados del mañana en modelos de articulación público-privada.

Los actores claves en este diseño son: Gobierno, incluyendo a los ministerios de Minería, de Energía, de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación; y a las agencias CORFO y ANID; empresas mineras, grandes, medianas y pequeñas; emprendedores/innovadores, representados por los proveedores de la minería y *start ups*; academia y centros del conocimiento y los fondos de inversión.

Por último, para la consolidación de los modelos de desarrollo y colaboración público-privados es fundamental el rol de "Otros Actores Clave" caracterizados por Budden y Murray. En este sentido, el sector minero de Chile cuenta con la Corporación Alta Ley, una "organización de 2º piso" llamada a orientar y coordinar a los actores del ecosistema de innovación y tecnologías de la minería, por medio de la generación de visiones de largo plazo y de consenso "*multi-stakeholder*".

En línea con la propuesta de consolidación del modelo colaboración público-privado presentada por la mesa de "Innovación y Cadena de Valor" de la Política Nacional de Minería (PNM) 2050, se reafirma el rol crítico que debe seguir cumpliendo la Corporación Alta Ley en dos niveles: con su gobernanza multi actor, en la generación de consensos, visiones de largo plazo del ecosistema de innovación en minería y seguimiento del avance de la estrategia; y con su equipo ejecutivo, en el soporte técnico al Ministerio de Minería, con herramientas de prospectiva tecnológica, elaboración y actualización de hojas de ruta, perfilamiento de iniciativas prioritarias y monitoreo/seguimiento del portafolio de proyectos, así como en la ejecución directa de bienes públicos sectoriales.

Para materializar lo anterior, junto con las propuestas, se sugieren las siguientes medidas específicas de financiamiento:

- Que el Ministerio de Minería cree la Unidad de Ecosistema de Innovación en Minería, en la División de Fomento y Desarrollo Minero, especializada en innovación, prospectiva tecnológica y desarrollo estratégico permanente del ecosistema minero del futuro, que trabajaría en coordinación con las agencias encargadas de los temas CTiE, ANID y CORFO, y se apoyaría en las capacidades de la Corporación Alta Ley como entidad de soporte técnico y de ejecución de bienes públicos sectoriales. Para ello, es necesario:
- La presentación, por parte del Ministerio de Minería, de una Iniciativa Programática ante DIPRES, para crear la Unidad, su

aprobación ex ante y consecuente inclusión en la Ley de Presupuesto, con una proyección plurianual a 4-5 años.

- La firma de un convenio de colaboración con traspaso de recursos, entre el Ministerio de Minería y la Corporación Alta Ley, para diseñar una hoja de ruta detallada y plan de iniciativas priorizadas a 4-5 años.
- Que el Ministerio de Minería, en coordinación con el Ministerio de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación y el Ministerio de Hacienda, cree un Fondo de Innovación del Ecosistema Minero, el que contará con 3 sub fondos específicos como mecanismos para asignar recursos, con un compromiso de US$1.000 millones en 10 años, con presupuestos indicativos plurianuales a 4-5 años. Los fondos serían:
  - Fondo de Bienes Públicos y Bienes Club, centros e investigación tecnológica precompetitiva asociativa para desafíos colectivos del sector, para encomendar a ANID y CORFO la implementación de planes anuales de concursos y llamados.
  - Fondo de subsidio contingente a la innovación para escalamiento de tecnologías para la minería, para encomendar a CORFO su puesta en marcha y gestión.
  - Fondo de formación e inserción de capital humano avanzado en el ecosistema minero, para encomendar a ANID su puesta en marcha y gestión.
- Que CORFO, en coordinación con el Ministerio de Economía y el Ministerio de Hacienda cree el Fondo de Economía Sostenible e Inversión Verde por US$1.000 millones, que articule los mecanismos de subsidios de pre-inversión, créditos verdes para intermediarios financieros, garantías y financiamiento de fondos de inversión, activando colaboración con entidades de financiamiento internacionales y multilaterales.
- Que el Ministerio del Interior, a través de la Subsecretaría de Desarrollo Regional, en coordinación con el Ministerio de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación, rediseñen el mecanismo de asignación regional de recursos del impuesto específico a la minería, permitiendo apalancar otros fondos regionales específicos propios, como el Fondo Nacional de Desarrollo Regional (FNDR), especialmente orientado a zonas de desarrollo minero. Dichos fondos regionales deberán contar con una gobernanza que asegure la no duplicidad de esfuerzos, busque el apalancamiento con recursos nacionales, sea consis-

tente con la estrategia minera, la cual tendrá direccionamientos regionales y será pertinente a los problemas y desafíos que tiene la industria minera en esas regiones.

## VII. Anexos

### VII. 1. Integrantes de las Comisiones de Trabajo

**Coordinación general:**

Alejandra Wood, Osvaldo Urzúa, Miguel Ángel Vergara

**Coordinación capítulo 2:**

Willy Kracht, Osvaldo Urzúa, Marco Vaccarezza, Ricardo Lizana, María Luisa Lozano, Víctor Pérez, Marcela Angulo, Annie Duffey, Edgar Estupiñan, Jorge Cantallopts, Carla Lorenzo, Ignacio Pérez, Jorge Valverde, Cristián Mosella, Constanza Araya, Bernardita Fernández, Javier Ruiz del Solar, Carmen Luz Contreras, Rodolfo Camacho, Bárbara Salinas, Marcela Paiva, Vanessa Maynou, Sebastián Avilés, Marcelo Valdebenito.

**Coordinación capítulo 3:**

Heidy Jofré y Juan Carlos Román, Alejandra Sther, Alex Godoy, Carlos Silva, Cristián Cintoselli, Cristóbal Girardi, Dennis Vega, Hugo Valdés, James Mcphee, José Tomás Morel, Juan Ignacio Guzmán, Karla Lorenzo, Leandro Voisin, Lorena Cornejo, Marcela Bocchetto, María Cristina Betancour, Mariana Concha, Osvaldo Urzúa, Priscilla Ulloa, Ulrike Broschek, Víctor Pérez.

**Coordinación capítulo 4:**

Andrés Camaño, Alejandra Figueroa, Lohengrin Cavieres, Pablo Marquet, Osvaldo Urzúa.

**Coordinación capítulo 5:**

Iván Valenzuela, Osvaldo Urzúa, Heidy Jofre, Carlos Rebolledo, Jacques Wiertz, Víctor Pérez, Juan Carlos Salas, Oscar Benavente, Roberto Parra, María Cecilia Hernández, Grecia Pérez de Arce, Katherine Ferrada, Karla Lorenzo, José Tomás Morel, Juan David Rayo, Eva Tobar, Rodrigo Moya, Brian Townley, Eduardo Campos, Humberto Estay, Andrés Ramírez, Guillermo Olivares, Cristóbal Guirardi

**Coordinación Capítulo 6 :**

Marcela Angulo.

**Secretaria de Actas:**

Alejandra Molina.

**Integrantes de subcomités que elaboraron la propuesta:**

Subcomité Financiamiento I+D+i: José Miguel Benavente, Eduardo Bitrán, Pamela Chávez, Carlos Ladrix, Fernando Lucchini, Andrés Mitnik, Víctor Pérez, Javier Ruíz del Solar.

Subcomité Financiamiento de Inversiones Estratégicas: Eduardo Bitrán, Gonzalo Cid, Héctor Lagunas, Fernando Lucchini, Luis Felipe Oliva, Juan Somavia, Nicolás Winter.

Tercera parte

# *Mesas de expertos que culminaron en Proyectos de Ley en temas de frontera*

Neuroderechos

# Proyecto de ley, iniciado en moción de los Honorables Senadores señor Girardi, señora Goic, y señores Chahuán, Coloma y De Urresti, sobre protección de los neuroderechos y la integridad mental, y el desarrollo de la investigación y las neurotecnologías. (Boletín N° 13.828-19)

**Antecedentes:**

Con el fin de regular satisfactoriamente el contenido de la reforma constitucional que consagra la protección de la integridad y la indemnidad mental en relación al avance de las neurotecnologías o "neuroderechos", concepto que se puede entender en dos aspectos: la privacidad mental, es decir, que por ejemplo los datos del cerebro de las personas se traten con una confidencialidad equiparable a la de los de los trasplantes de órganos. Y el segundo, el derecho a la identidad, manteniendo la individualidad de las personas.[1]

En efecto, los referidos derechos encuentran sus fundamentos en las investigaciones que ha llevado adelante el Doctor Rafael Yuste, quien junto a Sara Goering han liderado, a través del Morningside Group, las propuestas más consensuadas y avanzar sobre cómo debemos enfrentarnos a los riesgos aparejados al magnífico descubrimiento del cerebro humano, y han puesto el acento en la necesidad de desarrollar la ciencia en un marco regulatorio que reconozca cinco nuevos derechos humanos:

[1] Yuste, R. (2019). Disponible en: http://derecho.uc.cl/es/noticias/23763-neurocientifico-rafael-yuste-plantea-proteger-los-derechos-de-la-mente

- Derecho a la privacidad mental (los datos cerebrales de las personas)
- Derecho a la identidad y autonomía personal
- Derecho al libre albedrío y a la autodeterminación
- Derecho al acceso equitativo a la aumentación cognitiva (para evitar producir inequidades)
- Derecho a la protección de sesgos de algoritmos o procesos automatizados de toma de decisiones

Centrado en la defensa de la identidad y la autonomía personal (agency and identity) el texto "Four ethical priorities for neurotechnologies and AI", publicado en la revista Nature en 2017, [2]recomienda firmemente incorporar cláusulas que protejan estos denominados "neuroderechos" en instrumentos internacionales del más alto nivel. Inclusive más, sostienen la necesidad de abogar por una convención internacional que defina que acciones se considerarán prohibidas en relación a las neurotecnologías e inteligencia artificial, similar a las prohibiciones enumeradas en la Convención Internacional para la Protección de Todas las Personas contra las Desapariciones Forzadas.

Es por esta razón, que la propuesta y modificaciones presentadas a continuación deben ser asumidas desde el derecho en su integralidad, considerando las normas, principios y valores que buscan, de manera transversal, dar respuesta efectiva a la protección de estos nuevos derechos fundamentales que nacen a la luz del avance de las ciencias y tecnologías y cuyos resultados y consecuencias ya pueden ser vistos en el campo de la medicina, como por ejemplo, los implantes cocleares (para la audición) o, también, lo desarrollado por el científico Jack Gallant,[3] en Berkeley, y por Uri Hasson,[4] en Princeton, creando una especie de "diccionario cerebral" para traducir pensamientos a imágenes y palabras, y por

[2] Yuste, R., Et Al (2017). Disponible en: https://www.nature.com/news/four-ethical-priorities-for-neurotechnologies-and-ai-1.22960

[3] Wu, M.C.K., David, S. V., & Gallant, J.L. (2006). Complete functional characterization of sensory neurons by system identification. Annual Review of Neuroscience. 29, 477-505.

[4] Hasson, Uri (2004) Intersubject synchronization of cortical activity during natural vision, Disponible en http://www.math.tau.ac.il/~hezy/Vision%20Seminar/gbu.pdf

la compañía Neuralink de Elon Musk,[5] que busca conectar a los humanos a la red por interfaces cerebro-computador.

Es importante, por tanto, adelantarse a los desafíos que la interfaz cerebro-computador u otras neurotecnologías y su desarrollo están planteando a la comunidad científica y civil, trasladando el debate al contexto legislativo, antes que estas comiencen a ser parte de nuestras vidas cotidianas y las consecuencias, del déficit regulatorio, se traduzca en riesgos para las personas.

Conforme a lo anterior, ha sido fundamental la participación transversal del mundo científico y académico, a través de la creación de una Comisión Nacional de Neurotecnología e Inteligencia Artificial, formada por neurocientíficos, desarrolladores de tecnología, investigadores de universidades y centros de extensión, etc. quienes están directamente conectados con la contingencia y avances de la neurociencia y neurotecnología.

## Avances científicos en lectura y escritura de cerebros

La neurociencia desde hace una década ha logrado que la lectura del cerebro y su posterior escritura dejen de ser ciencia ficción. En 2004, Neil Harbison se sometió a una cirugía para instalarse una antena que decifrara colores infrarrojos y ultravioletas; haciendo mejoras posteriores que permitieran percibir imágenes, videos, música y llamadas de aparatos externos.[6]

Asimismo, en 2011 por medio del uso de Inteligencia Artificial (IA), el neurocientífico de la Universidad de California, Jack Gallant, logró realizar un mapeo de la información que los ojos humanos enviaban al cerebro, para así poder descifrar imágenes en las que el humano está pensando. Este hecho supuso el comienzo

---

[5] Cellan-Jones, Rory (2020) Elon Musk: ¿exagera el potencial de su tecnología Neuralink para conectar el cerebro humano con una computadora?. Disponible en: https://www.bbc.com/mundo/noticias-53993450#:~:text=Neuralink%20es%20un%20plan%20inmensamente,m%C3%A1quinas%20a%20trav%C3%A9s%20del%20pensamiento.

[6] Alcalde, Sergi. 2020. Los retos de la neurotecnología en tiempos de inteligencia artificial. National Geographic. Disponible en: https://www.nationalgeographic.com.es/ciencia/retos-neurotecnologia-tiempos-inteligencia-artificial_15289

de una era en que la barrera de la integración cerebro-máquina es cada vez menos difusa.[7]

Actualmente la tecnología de lectura de cerebros, tanto invasiva como no invasiva, es una realidad. El director de ingeniería biomédica de la Universidad Case Western Reserve en Ohio, Robert Kirsch, realizó un estudio en Bill Kochevar, experimentando con un paciente que presentaba parálisis del cuello hacia abajo. El doctor implantó electrodos en los músculos de los brazos del paciente, estos electrodos se encontraban conectados a una computadora que cumplía la función de médula espinal artificial, con lo que logró fortalecer la musculatura de los brazos con cargas eléctricas, permitiendo a Bill Kochevar alimentarse y beber agua por sí mismo hasta su fallecimiento en 2017.[8]

Del mismo modo, se encuentra en desarrollo tecnología que permite a las personas recuperar las sensaciones de estímulos físicos. Científicos de la Universidad de Pittsburgh, lograron transmitir información sensorial captada por un brazo robótico, hacia el cerebro del voluntario Nathan Copeland, quien se encontraba con parálisis del pecho hacia abajo. La máquina debe recalibrarse constantemente para ajustarse a las señales del cerebro, ya que estas cambian a diario, tal fenómeno genera la sensación de un cosquilleo eléctrico, según lo descrito por Copeland, lo que demuestra la capaz de reconocer la sensación del robot como propia, desdibujando los límites maquina y humano.[9]

Enfermedades como el Párkinson han tenido una renovación en sus tratamientos, puesto que el tratamiento farmacológico tradicional deja de surtir efecto con el tiempo. La neurotecnología permite aliviar el padecimiento a través de la estimulación cerebral con electrodos, mejorando la calidad de vida del paciente, permitiéndoles ganar movilidad y control del habla.[10]

---

[7] Velasquez-Manoff, Moises. (2020). Los lectores de la mente. The New York Times. Disponible en: https://www.nytimes.com/es/2020/08/29/espanol/opinion/inteligencia-artificial-mente.html

[8] Ibíd.

[9] Ibíd.

[10] García, Antonio. Sin fecha. Neurotecnología para el ciudadano. Uciencia. Disponible en: https://riuma.uma.es/xmlui/bitstream/handle/10630/4993/14_n9_Uciencia9.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Por otro lado, recientemente Edward Chang, neurocirujano de la Universidad de California, a través de implantes sensoriales para monitorear las partes del cerebro involucradas en el habla, consiguió identificar hasta con un 97% de precisión, las palabras que pronunciaron los voluntarios de la investigación. Un interesante y riesgoso avance hacia la lectura cerebral, que puede usarse para el bien de la sociedad, por ejemplo, en pacientes con disfunciones motoras. Un uso menos noble sería la obtención de datos de manera involuntaria de los pacientes.[11]

Otro avance en neurociencia es el control de los deseos. Casey Halpen de la Universidad de Stanford, desarrolló un algoritmo capaz de reconocer señales producidas por el cerebro de personas obesas, ante la pérdida de control cuando se les quita un alimento. Este estudio tenía por finalidad generar conocimiento para suprimir ese deseo, y esperando a futuro utilizarlo para controlar adicciones al alcohol, cocaína, etc. Sin embargo, no es difícil imaginarse que se use en el sentido opuesto, para generar adicciones, con consecuencias nefastas. De hecho, entre los resultados registrados, los pacientes con Párkinson señalaron sentirse más agresivos ante la intervención de la máquina; pacientes con depresión señalaron cuestionarse su propia existencia.[12]

En 2014, Giulio Ruffini director de Starlab transmitió un pensamiento de "hola" a más de 7.000 km de distancia. Si bien los individuos que recibían el mensaje no recibían la palabra como un audio, si recibieron un código morse interpretado por una IA, que los receptores debían descifrar.[13]

Si bien, los avances en tecnología de escritura cerebral suponen un gran logro en medicina, levanta preocupación cuando esta tec-

---

[11] Chang Et. Al (2020) "Pure Apraxia of Speech After Resection Based in the Posterior Middle Frontal Gyrus" Disponible en: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32097489/

[12] Halpern, et Al. Brain-Responsive Neurostimulation for Loss of Control Eating: Early Feasibility Study. Disponible en: https://academic.oup.com/neurosurgery/advance-article-abstract/doi/10.1093/neuros/nyaa300/5876913?redirectedFrom=fulltext

[13] Ruffini, et Al. (2014) Conscious brain-to-brain communication in humans using non-invasive technologies. Disponible en: https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0105225&xid=25657,15700023,15700186,15700191,15700256,15700259,15700262,15700265

nología llegue al mercado, puesto que se trataría de tecnología al alcance de unos pocos, que podría aumentar las brechas sociales entre quienes pueden costear tratamientos de escritura cerebral, permitiendo mejorarse a sí mismos con mayor rapidez, o facilitando su aprendizaje, contra quienes deban seguir atendiendo a los métodos convencionales. La denominada división entre humanos y metahumanos.

Otro tema a considerar, es que los avances en neurociencia significan un gran paso para la medicina y las capacidades humanas, sin embargo, supone un punto de inflexión en materia de privacidad. Un posible hardware que sea capaz de leer todo el cerebro humano, es denominado por el doctor Gallant como gorra Google, puesto que sería una máquina con la capacidad de realizar búsquedas según nuestros pensamientos, mostrándonos imágenes según la lectura cerebral, y en base a esos pensamientos ofrecer la publicidad que mejor se ajuste a nuestros deseos, violando por completo la privacidad de nuestra mente.

Para adelantarse a avances como una gorra Google, o una posible división entre humanos y metahumanos, fue que, en 2017, un grupo de 24 personas ligadas a la neurociencia, inteligencia artificial, bioética, y representantes de los proyectos BRAIN de EEUU, Europa, China, Japon, Australia, Canada e Israel, realizaron un llamado a través de la revista Nature, para formular una declaración de derechos humanos que visibilice los derechos neuronales, antes que la tecnología de escritura de cerebros se masifique. En su llamado, plantean que la información de los cerebros debe ser protegida como datos médicos, encontrándose libre de explotación con fines de lucro.

Pese a este llamado, hoy en día la neurotecnología ya se está haciendo un espacio en el mercado tecnológico. En España la empresa Bitbrain, en cooperación con el sector público, privado y académico, se encuentra desarrollando sistemas de hardware que faciliten la recolección de datos del cuerpo humano, con el fin de impulsar la investigación del comportamiento humano, mejorar la salud de los individuos, y desarrollar softwares para interfaces cerebro-computadora.[14]

---

[14] Bitbrain. 2020. Neurotecnología avanzada. Disponible en: https://www.bitbrain.com/es

Otro caso está constituido por la empresa Visión Integral, que, junto con ofrecer un diagnóstico preciso sobre patologías, ofrece intervenciones que permitan mejoras fisiológicas en sus clientes, cómo superar la ansiedad, eliminar malos hábitos como morderse las uñas, mejorar la concentración, acelerar las capacidades de aprendizaje y procesamiento cognitivo.[15] Elena Muñoz, directora del Máster Universitario en Neuropsicología de la Universidad Oberta de Catalunya, y encargada del Cognitivo NeuroLab, señala que aún no se conoce el verdadero alcance de la neurotecnología, puesto que no es una ciencia que avance con rapidez, por lo que se desconoce que avances ocurrirán a futuro, y por lo tanto los avances tecnológicos no pueden atrapar por sorpresa a la humanidad.[16]

Actualmente, cuando estas empresas de big data utilizan el aprendizaje automático de su software, recopilan información del usuario en sus servidores para analizar como se utiliza un bien o servicio especifico y así poder entrenar algoritmos en datos agregados. Esta recopilación de información se utiliza para perfeccionar mecanismos de captura del tiempo de los usuarios cada vez más eficiente. Hoy en día millones de personas se someten inconscientemente a la entrega de contenido a los algoritmos que decodifican la mente humana, en un intercambio de datos en dos direcciones, la persona recibe el contenido de su preferencia y la maquina las preferencias del usuario. A gran escala y en conjunto con las tecnologías que se han tratado, este intercambio acelerará la próxima revolución industrial, en la que se pondrá en riesgo la noción de persona y las bases mismas del libre albedrío.

## Avances en la regulación de la neurotecnología

La neurotecnología es el conjunto de métodos e instrumentos que permiten una conexión directa de dispositivos técnicos con

[15] Visión Integral. 2020. QUÉ SON LAS NEUROTECNOLOGÍAS. Disponible en: https://www.visionintegral.org/content/44-que-son-las-neurotecnologias#

[16] Alcalde, Sergi. 2020. Los retos de la neurotecnología en tiempos de inteligencia artificial. National Geographic. Disponible en: https://www.nationalgeographic.com.es/ciencia/retos-neurotecnologia-tiempos-inteligencia-artificial_15289

el sistema nervioso[17]. Estos dispositivos van desde los implantes cocleares para la sordera, estimuladores de la médula espinal para tratar el Parkinson, hasta lectores de ondas cerebrales para el uso educativo.[18]

Las posibilidades de mejorar las condiciones de vida gracias a la tecnología son cada vez más reales, especialmente considerando las más de mil millones de personas con discapacidad en el mundo, y cerca de tres millones sólo en Chile. Además, en muchos países sólo entre el 5 y el 15% de las personas que requieren dispositivos y tecnologías de asistencia tienen acceso a ellos.[19]

Sin embargo, también existe un amplio campo de aplicación de las neurotecnologías en personas sanas, en áreas que van desde la defensa, el entrenamiento y la potenciación de sus capacidades cognitivas e intelectuales, a los que apuntan empresas y gobiernos. En este sentido, los avances han mostrado desafíos éticos y regulatorios, donde se cuestiona la frontera que representa el cerebro en cuanto a la intimidad e integridad humana, cómo se debería regular el uso de la información cerebral para fines comerciales y la manera en que se debería regular el acceso a tecnologías que permitan la aumentación intelectual de las personas.

El conocimiento del cerebro y sus implicaciones tiene alcances éticos sobre las posibilidades de inequidad de acceso, vulneración de la libertad y la autonomía de pacientes y consumidores. Junto con esto, es necesario considerar su uso comercial, su uso con fines militares o policiales, como también es necesario tener en cuenta las posibilidades de manipulación para fines políticos o comerciales. En efecto, la subdirectora del Observatorio de Bioética y Derecho de la Universidad de Barcelona, señala que el humano ha dejado de ser anónimo, y se ha vuelto reinidentificable, por lo que los tratamientos con neurotecnología deben procurar la mayor seguridad, con el fin de evitar un mal uso de los datos personales.

Es por estas razones que la neurotecnología se erige como la ciencia desde donde se crearan nuevos derechos humanos, ante el

---

[17] Biblioteca del Congreso Nacional. "Neurotecnologías: los desafíos de conectar el cerebro humano y los computadores" Documento de frontera N.º 01 Asesoría Técnica Parlamentaria 2019.

[18] Ibíd.

[19] Ibíd.

debate ético y de seguridad que ha abierto. Algunos se preguntan si a través de la neurotecnología sería ético controlar el racismo o la xenofobia, dar soluciones a conflictos territoriales a través de la neurotecnología. Planteándose de este modo, si la neurotecnología debería ser garantizada para disponibilidad universal, a la vez que regulada con el fin de proteger la libertad de los individuos.

Respecto a la regulación, gran parte del equipamiento neurotecnológico está comercializado bajo parámetros médicos, abarcando tecnologías de asistencia o tratamientos para curar enfermedades. Los resguardos éticos se encuentran amparados en la Declaración de los Derechos Humanos, el Código de Nuremberg (1947), la Informe Belmont (1978), la Declaración de Helsinki de la Asociación Médica Mundial, AMM, las Pautas éticas Internacionales para la Investigación Biomédica en Seres Humanos (2002) del Consejo de Organizaciones Internacionales de las Ciencias Médicas (CIOMS) en colaboración con la OMS, entre otros.[20]

Entre los países que cuentan con normas regulatorias, Francia fue uno de los que incorporó en su Código Civil una modificación en su legislación en bioética para regular el uso de información cerebral como pruebas periciales. En Latinoamérica el neuroderecho está aún en el ámbito académico, aunque existen ejemplos del uso de neurotecnologías como pruebas judiciales en países como México. Además, el Parlamento Europeo, en 2017, aprobó las "Normas de Derecho Civil sobre robótica›› una de las primeras acciones concretas en regulación, es este caso con recomendaciones a la Comisión Europea sobre normas de Derecho Civil sobre robótica.

No obstante, en el caso de productos pensados para otros fines, no se ha desarrollado todavía una regulación específica en el área, ni tampoco parámetros éticos para sus aplicaciones en otros contextos. Entre las propuestas más avanzadas y consensuadas en la materia, es la del Morningside Group,[21] la que en 2017 propuso que las interfaces cerebro-computador y la inteligencia artificial deben respetar y preservar cuatro principios, que tienen como fin el desarrollo responsable de estas tecnologías:

---

[20] Rivera, Nelson. 2018. La neurotecnología es la ciencia que creará nuevos Derechos Humanos. Alnavío. https://alnavio.es/noticia/12531/ingenio/la-neurotecnologia-es-la-ciencia-que-creara-nuevos-derechos-humanos.html

[21] Yuste Et Al (2017), Op Cit.

1. Resguardar la privacidad y autonomía personal;
2. Proteger la identidad y agencia (entendida esta última desde su acepción sociológica: habilidad de elegir nuestras acciones con libre albedrío);
3. Regular la "aumentación artificial" de capacidades cerebrales (que podría producir inequidades);
4. Controlar los posibles sesgos de algoritmos o procesos automatizados de toma de decisiones.

Así las cosas, el derecho a la neuroprotección, como manifestación de la dignidad humana concede a su titular un haz de prerrogativas que se traducen en el derecho a la privacidad mental, identidad personal y autodeterminación, derecho a la igualdad frente al aumento de capacidad cerebral y el derecho al control de sesgos frente a algoritmos, elementos que deben ser consagrados en modificaciones sectoriales que permitan concretar el contenido de este derecho fundamental, con el objeto de otorgar protección efectiva, y de forma sistémica en nuestro ordenamiento jurídico.

Las referidas prerrogativas, constituyen el contenido del derecho a la neuroprotección de manera que ninguno ellos puede faltar, pero si es posible que se vayan sumando otras facultades conforme de vaya desarrollando la tecnología. Es por esta razón que solo toca al legislador regular los neuroderechos o derecho a la "neuroprotección", y ni aún éste, podrá limitarlos o restringirlos afectando el contenido iusfundamental protegido o contenido esencial.

Ahora bien, el objetivo de la inédita propuesta legal, es regular el contenido del derecho a la neuroportección o nueroderechos establecido en la reforma constitucional correspondiente. Para ello, el presente proyecto de ley posee un marcado anclaje en la dignidad humana como meta principio subyacente al que debe siempre mirar la neurotecnología, incorporando además, un elemento de igualdad de acceso frente al desarrollo de la técnica, que se materializa a través del igual acceso al aumento de la capacidad mental, para evitar cualquier atisbo de diferenciaciones arbitrarias, e ilícitas.

Asimismo, se establecen catálogo de definiciones, avanzando hacia un marco conceptual sobre la materia, es por ello que se definen conceptos como "neurotecnología", "interfaz cerebro computadora" y "datos neuronales". Además, se establecen disposiciones para proteger los neuroderechos y la integridad mental, estableciendo como norma eje, la prohibición de cualquier forma

de intervención de conexiones neuronales o cualquier forma de intrusión a nivel cerebral mediante el uso de neurotecnología, interfaz cerebro computadora o cualquier otro sistema o dispositivo, sin contar con el consentimiento libre, expreso e informado, de la persona o usuario del dispositivo, inclusive en circunstancias médicas. Aun cuando la neurotecnología posea la capacidad de intervenir en ausencia de la conciencia misma de la persona.

Finalmente, el proyecto establece reglas mínimas a la que deben sujetarse las investigaciones en el campo de la neurotecnología, estableciendo siempre como norte el respeto por la dignidad humana, estableciéndose, además, el deber en el Estado de fomentar las investigaciones y garantizar el acceso igualitario a los avances de la ciencia.

## Proyecto de Ley

### Proyecto de ley que establece la neuroprotección

artículo Primero. - Establécese la ley sobre la neuroprotección y que regula el desarrollo de la investigación y el avance de las neurotecnologías:

**Título I.- Disposiciones generales:**

**Artículo 1: Esta ley tiene como objetivo;**

a). proteger la integridad física y psíquica de las personas, a través de la protección de la privacidad de los datos neuronales, del derecho a la autonomía o libertad de decisión individual, y del acceso sin discriminaciones arbitrarias a aquellas neurotecnologías que conlleven aumento de las capacidades psíquicas.

b). fomentar la concordancia entre el desarrollo de neurotecnologías e investigación médico-clínica con los principios éticos de la investigación científica y médica y así sean favorables al bien y beneficio común.

c). garantizar la información a los usuarios de neurotecnologías sobre sus potenciales consecuencias negativas y efectos secundarios, y el derecho al control voluntario sobre el funcionamiento de cualquier dispositivo conectado a su cerebro.

**Artículo 2: Se considerará para efectos de esta ley:**

a). Neurotecnologías: Se define como el conjunto de dispositivos, métodos o instrumentos no farmacológicos que permiten una conexión directa o indirecta con el sistema nervioso.

b). Interfaz cerebro computadora (ICC): Sistema electrónico, óptico o magnético que bien (1) mide la actividad del sistema nervioso central y la convierte en una salida conectada a una maquina o computadora o que (2) genera una respuesta artificial que reemplaza, restaura, complementa o mejora la respuesta del sistema nervioso natural y, por tanto, modifica las interacciones en curso entre el sistema nervioso y su entorno externo o interno.

c). Datos neuronales: Aquella información obtenida, directa o indirectamente, a través de los patrones de actividades de las neuronas, cuyo acceso está dado por neurotecnología avanzada, incluyendo sistemas de registro cerebrales tanto invasivos como

no invasivos. Estos datos contienen una representacion de la actividad psíquica, tanto consciente como subconsciente, y que corresponden al más íntimo aspecto de la privacidad humana.

d). Neuroderechos: Nuevos derechos humanos que protegen la privacidad e integridad mental y psíquica, tanto consciente como inconsciente, de las personas del uso abusivo de neurotecnologías.

**Título II.- De las medidas para proteger la integridad y privacidad mental**

**Artículo 3**: Queda prohibida cualquier intromisión o forma de intervención de conexiones neuronales o intrusión o a nivel cerebral mediante el uso de neurotecnología, interfaz cerebro computadora o cualquier otro sistema o dispositivo, que no tenga el consentimiento libre, expreso e informado, de la persona o usuario del dispositivo, inclusive en circunstancias médicas. Aun cuando la neurotecnología posea la capacidad de intervenir en ausencia de la conciencia misma de la persona.

En el caso de aquellas áreas de investigación clínico médico, será necesario aquel consentimiento determinado por el código sanitario en su Título V sobre ensayos clínicos y del reglamento respectivo.

**Artículo 4:** Queda prohibido cualquier sistema o dispositivo, ya sea de neurotecnología, interfaz cerebro computadora u otro, cuya finalidad sea acceder o manipular la actividad neuronal, de forma invasiva o no invasiva, si puede dañar la continuidad psicológica y psíquica de la persona, es decir su identidad individual, o si disminuya o daña la autonomía de su voluntad o capacidad de toma de decisión en libertad.

El límite de cualquier intervención de conexiones neuronales será siempre la protección de los sustratos mentales de la identidad personal.

Las únicas excepciones admitidas a la alteración de la continuidad psíquica o autónoma serán en casos de investigación o terapia clínico-médicas, en cuyo caso se aplicará el código sanitario vigente.

**Artículo 5:** Todo formulario donde se solicite consentimiento para la intervención, invasiva o no, de neurotecnologías, interfaz cerebro computadora u otro dispositivo, debe indicar los posibles efectos físicos de su aplicación, los eventuales efectos cognitivos y emocionales de los mismos, los derechos y deberes, normas sobre

privacidad y protección de la información, medidas de seguridad adoptadas, y contraindicaciones.

**Artículo 6:** Los datos neuronales constituyen una categoría especial de dato sensible de salud conforme a la ley nº 19.628 sobre la vida privada de las personas.

**Artículo 7:** La recopilación, almacenamiento, tratamiento y difusión de los datos neuronales y la actividad neuronal de las personas se ajustará a las disposiciones contenidas en la ley n°19.451 sobre trasplante y donación de órganos, en cuanto le sea aplicable, y las disposiciones del código sanitario respectivas.

**Título III: del desarrollo de la investigación y el avance de las neurotecnologías**

**Artículo 8:** Las actividades de investigación neurocientífica, la neuroingeniería, neurotecnología, neurociencia, y todas aquellas actividades científicas cuyo enfoque y fin sea el estudio y/o desarrollo de métodos o instrumentos que permitan una conexión directa de dispositivos técnicos con el sistema nervioso tendrán siempre como límite las garantías fundamentales, en especial, la integridad física y psíquica de las personas conforme a los señalado en el artículo 1.

**Artículo 9:** El Estado propenderá por el desarrollo de investigación beneficiosa, promoviendo oportunidades para la ciencia y tecnología, en especial en el marco de la neurotecnologías y neurociencias socialmente deseables, emprendidos en el interés y bien público.

**Artículo 10:** El Estado velará por la promoción, acceso equitativo a los avances en neurotecnología y neurociencia.

**Artículo segundo:** Modifícase el Código Sanitario, cuyo texto fue establecido por el decreto con fuerza de ley N° 725, del Ministerio de Salud Pública, en el siguiente sentido:

A) Agréguese el siguiente párrafo al artículo 145, a continuación del punto aparte, que pasará a ser punto seguido:

"Lo mismo aplicará también para el caso del aprovechamiento de la actividad neuronal y los datos neuronales obtenidos a partir de ella."

## Anexo 1: Versión en inglés del articulado.

### Bill of law establishing neuroprotection

First Article: A law is introduced for protection of neurorights and for regulation of the research and advancement of neurotechnologies.

### Title I.- General statements

**Article 1: This law aims to:**

a). Protect the physical and mental integrity of individuals, through the protection of the privacy of neuronal data, the right to autonomy or liberty of individual decision-making, and the right to fair access. without arbitrary discriminations, to those neurotechnologies that enhance mental capabilites.

b). Promote the alignment between the development of neurotechnologies and medical/clinical research, based on the ethical principles of scientific and medical research, so they will be favorable to the common good.

c). Guarantee information to users of neurotechnologies regarding potential negative consequences and side effects, and the right to voluntarily control the functions of any devices connected to one's brain.

**Article 2: Definitions for the purpose of this law**

a). Neurotechnologies: Defined as the collection of non-pharmacological methods and instruments that enable direct or indirect connection between technical devices and the nervous system.

b). Brain-computer interface (BCI): An electronic, optical, or magnetic system that (1) monitors the activity of the central nervous system and translates it to an response connected to a machine or a computer, or that (2) generates an artificial response that can replace, restore, complement, or improve the response of the natural nervous system and therefore modify the subsequent interactions of the nervous system and its internal and external environment.

c). Neuronal data: That information obtained, directly or indirectly, from the activity patterns of the neurons, access to which is given by advanced neurotechnology, including systems of brain monitoring, both invasive and non-invasive. These data

contain a representation of mental activity, conscious and subconscious, and correspond to the most intimate aspect of human privacy.

d). Neurorights: New human rights that protect mental privacy and integrity, both conscious and unconscious, of people from neurotechnology abuses.

**Title II.- Regarding measures to protect mental integrity and privacy.**

**Article 3**: The interference or intervention of neuronal communication, or the intrusion at the cerebral level through the use of neurotechnology, BCI, or any other system or device, that does not have freely-given, expressed, and informed consent of the subject or user of the device, including medical circumstances, is prohibited. This is so, even when individuals are unconscious.

For clinical or medical research cases, consent will be required in accordance with the provisions of the Sanitary Code in Title V regarding clinical trials and their respective regulations.

**Article 4:** The use of any system or device, be it neurotechnology, BCI, or other, the purpose of which is to access neuronal activity, invasively or non-invasively, with the potential to damage the psychological and psychic continuity of the person, that is, their individual identity, or with the potential to diminish or damage the autonomy of their free will or decision-making capacity, is prohibited.

The boundary of any intervention in neuronal communication will always be the protection of mental substrates and personal identity.

The only permissible exceptions to the alteration of psychic continuity or autonomy will be in cases of investigation or clinical/medical therapy, in which the relevant regulations will be applied.

**Article 5:** Any instance in which consent is requested for the intervention, invasive or not, of neurotechnologies, BCI, or other device must indicate the possible physical effects of its application, the possible cognitive and emotional effects, the relevant rights and duties, the norms about privacy and protection of information, security measures adopted, and contraindications.

**Article 6:** Neuronal data constitutes a special category of sensitive health data in conformity with Law No. 19.628 regarding the private life of individuals.

**Article 7:** The collection, storage, treatment, and dissemination

of neuronal data and the neuronal activity of individuals will comply with the provisions contained in Law No. 19.451 regarding transplantation and organ donation, as applicable, and the provisions of the respective health code.

**Title III.- Regarding the development, research and advancement of neurotechnologies**

**Article 8:** Neuroscientific research, neuro-engineering, neurotechnology, neuroscience, and all scientific activities whose focus and purpose is the study and/or development of methods or instruments that allow a direct connection of technical devices with the nervous system will always be constrained by fundamental guarantees, especially regarding the physical and mental integrity of individuals, in accordance with those indicated in Article 1.

**Article 9:** The State will promote the development of beneficial research, promoting opportunities for science and technology, especially within the framework of socially desirable neurotechnologies and neurosciences, undertaken in the public interest and good.

**Article 10:** The State will ensure the promotion and equitable access to advances in neurotechnology and neuroscience.

**Second Article:** Modify the Sanitary Code, the text of which was established through decree with force of law, No. 725, in the following sense:

a) Add the following paragraph to article 145:

"The same will apply to the case of taking advantage of neuronal activity and neuronal data obtained from it."

Plataformas Digitales

# Proyecto de ley, iniciado en moción de los Honorables Senadores señor Girardi, señora Goic y señores Coloma, Chahuán y De Urresti, que regula las plataformas digitales. (Boletín N° 14.561-19)

## I.- Antecedentes

La creación, desarrollo y popularización del internet ha dado paso a la creación de sitios web y servicios que logran alcanzar y conectar a personas de una manera que las tecnologías previas no lograban hacerlo. La radio, televisión y prensa escrita se encontraban limitadas por razones geográficas y el formar parte de ella requiere cierto nivel de experticia y recursos que las limitaba a un pequeño grupo de personas.

Por otra parte, el internet se encuentra disponible para un gran número de personas a un costo relativamente bajo, lo que ha llevado a que un 60% de la población mundial sean usuarios activos de la red[1]. De hecho, en nuestro país, prácticamente cualquier persona puede acceder a este nuevo espacio digital de interacción, donde pueden crear, controlar, consumir y compartir información a un gran número de personas de una manera impensada para

[1] https://www.statista.com/statistics/617136/digital-population-worldwide/

generaciones anteriores. [2] Esto último saca a la luz la importancia del internet en los procesos de socialización y de adquisición de información de las personas del siglo XXI.

En este contexto se ha llamado plataformas digitales a aquellas *"infraestructuras virtuales cuyo propósito es facilitar un espacio de interacción común para que las personas ejecuten diversas tareas en internet."*[3]

En nuestro país, las Plataformas de Servicios Digitales, han sido capaces de crear contenidos culturales, aportar servicios de utilidad pública, ser fuente activa de información, de conexión y un potente motor del mercado. Pero también, una fuente de flagrantes vulneraciones a los derechos de las personas.[4]

Hoy en día, no es posible dejar que las plataformas se autorregulen, pues este control ha demostrado ser ineficiente.[5] Es necesario que el Estado juegue un rol activo en estos medios tan incidentes en la ciudadanía y que cumpla su rol de garante del Estado de Derecho y de la protección de los derechos fundamentales.

Es así como debido a su exponencial crecimiento, en la actualidad, ha nacido la necesidad de una regulación por parte de los Estados Nacionales que se enfrentan a una red que excede por mucho su dimensión geoespacial. Tal disyuntiva ha sido abordada por diversos países y organizaciones transnacionales.[6]

Los proyectos de Ley que regulan el enorme poder que tienen algunas redes sociales, como Twitter, Facebook, Amazon, entre otros ha marcado la agenda de muchos países, la fragilidad del consumidor se ha visto expuesta en numerosas ocasiones, transgrediendo su propia privacidad. Por ejemplo, en Estados Unidos desde el 25 de junio del 2021 se encuentran seis proyectos de ley en

---

[2] https://www.ine.cl/prensa/2020/05/16/conexiones-a-internet-en-hogares-del-pa%C3%ADs-aumentaron-en-m%C3%A1s-de-670.000-en-los-%C3%BAltimos-cinco-a%C3%B1os

[3] https://www.bmc.com/blogs/digital-platforms/

[4] https://www.elcomercio.es/sociedad/riesgos-redes-sociales-adolescentes-jovenes-20210820182414-nt.html

[5] https://www.razon.com.mx/opinion/antonio-fernandez-los-riesgos-por-la-falta-de-regulacion-de-las-redes-sociales/

[6] Por ejemplo: https://ec.europa.eu/info/sites/default/files/proposal_for_a_regulation_on_a_single_market_for_digital_services.pdf

la Cámara de Representantes, donde los legisladores de la Comisión Judicial enviaron sus propuestas radicalizando un cambio ampliamente significativo, para lo que se conoce hoy como los "monopolios de comunicación"[7], en esta era digital. Donde no solo se señala la importancia de regularizarlos, sino que también la urgencia de hacerlo lo antes posible.

Las nuevas formas de vulnerar los derechos de las personas, que surgen de las plataformas digitales han sido bien identificadas.[8] Suelen referirse a condiciones de asimetría de información o de capacidad de negociación, que permiten un abuso de la parte más débil, que usualmente es el usuario.

En este sentido el proveedor y el consumidor en las plataformas digitales, en la mayoría de los casos se vinculan a través de "Contratos de Adhesión", que *"son aquellos contratos que están predefinidos por el proveedor y donde el consumidor debe adherir o aceptar con su firma lo propuesto, sin posibilidad de modificar este contrato"*.[9]

Tales convenciones, presentan ventajas y riesgos, que solo se pueden equilibrar con una adecuada normativa que otorgue certeza jurídica a ambas partes. Siendo conocida la necesidad de *"establecer limitaciones que aligeren las posibilidades de que los proveedores abusen de los consumidores"*[10].

Gracias a estos contratos, comúnmente estos servicios digitales cuentan con total control sobre los contenidos que permiten en su plataforma. Estos pueden censurar, eliminar y modificar el contenido creado por los usuarios debido a las razones que consideren adecuadas, y si fuera poco, cuentan con acceso a la mayoría de los datos personales que ya fluctúan en la red, pudiendo hacer uso indiscriminado de ellos, donde el usuario vulnerable pasa a ser un producto más.[11]

Debido a la lógica de mercado bajo la que funcionan estas plata-

---

[7] https://cnnespanol.cnn.com/2021/06/25/camara-representantes-legislacion-tecnologias-monopolio-trax/

[8] Amunategui, Carlos (2021) "Arcana Technicae. El Derecho y la Inteligencia Artificial." Editorial Tirant Lo Blanch. p. 97 y ss.

[9] https://www.sernac.cl/portal/607/w3-article-1580.html

[10] Iñigo de la Maza Gazmuri, Volumen 2, Issue 3. (2005). "Los contratos por adhesión en plataformas electrónicas: una mirada al caso chileno".

[11] https://www.nytimes.com/es/2018/12/19/espanol/facebook-privacidad.html

formas digitales, es de esperar que estas trabajen de una manera que proteja sus intereses económicos y no los intereses o derechos de los usuarios. En consecuencia, si la censura de ciertas ideas, puntos de vista y sectores de la población es identificada como la estrategia que trae el mayor beneficio económico, las plataformas digitales sin control usarán estas técnicas para alcanzar los fines para los que fueron programadas. Esto es particularmente complejo en ciertos tipos de plataforma, que deben propender al bien social por sobre el beneficio de sus propietarios.

En efecto, debido al rol de medios de comunicación e información que cumplen algunos puertos digitales, su capacidad de censurar y crear falsas narrativas de la realidad son un problema que debe ser abordado para asegurar la protección de los usuarios y de la información que estos mismos reciben.

Asimismo, las plataformas digitales han sido un lugar en el que se han popularizado la difusión de acusaciones o "*funas*" hacia distintas personas en busca de un juicio social de la plataforma. Una nueva forma de autotutela que apunta al descrédito del imputado, sin pasar ningún estándar de debido proceso.

En algunos casos, tales acusaciones resultan ser falsas, pero al no ser clarificadas posteriormente, mancillan permanentemente la imagen de la persona "cancelada".[12] Esto no solo evidencia la vulnerabilidad y manipulación a la cual puede ser sometido el navegante, sino también el poder asimétrico que da al administrador de la plataforma. El único que puede vencer el anonimato propio del internet.

Esta característica no es menor, sobre todo si se observa bajo el lente de las nuevas tecnologías, donde la inteligencia artificial a alcanzado un grado de desarrollo que no permite a un usuario común advertir cuando tiene por interlocutor a una persona versus a cuando está interactuando con una inteligencia artificial. Ello entrega aún más poder a un acusador anónimo que se puede servir de maquinas para soportar su postura.

Por otra parte, debido a que las plataformas digitales pueden ser accedidas por prácticamente cualquier persona que cuente con una conexión a internet, existen pocos o ningún tipo de filtros que

[12] https://www.lanacion.com.ar/lifestyle/cancelar-ser-cancelado-cultura-dar-baja-quien-nid2200363/

permita asegurar que los contenidos están siendo consumidos por aquellos usuarios a los que están dirigidos y no por usuarios que pueden verse perjudicados por su consumo. La dificultad de identificar si la persona que accede es un menor de edad, o alguien que no cuenta con el discernimiento suficiente para sortear los engaños existentes en ciertas plataformas, requiere poner la carga de evitar tales fraudes en quienes pueden disponer los medios para lograrlo.

Y es que estas herramientas no solo han transformado la dimensión espacial en que funcionaban las regulaciones nacionales, sino que también trascienden los limites temporales que eran conocidos por las formas tradicionales de difusión. El nuevo *homodigital* tiene un perfil virtual que se refleja en cada una de las plataformas que usa, que le da una posibilidad de desarrollo único pero que también amenaza a que se le enajene de su control. Un ejemplo de ello es el uso de cuentas de personas que han fallecido, la clonación de perfiles, y el uso de la imagen por la plataforma sin el consentimiento de su usuario.

Finalmente, y considerando todos estos antecedentes, cabe concluir que la moderación, regularización y legislación sobre las plataformas digitales es compleja y necesaria. No es posible que los usuarios no tengan el poder de sus contenidos, los cuales pueden ser modificados o eliminados sin ser advertidos, y que las plataformas digitales no se vean obligadas a revelar sus acciones a los usuarios, pasando a llevar la libertad de los ciudadanos de tantas maneras posibles, en un mundo dominado por las grandes tecnologías.

## II.- El proyecto

El proyecto en comento presenta cuatro títulos, que darán el primer marco regulatorio a las plataformas digitales en Chile.

El primer título establece las disposiciones generales del proyecto, en que se asienta el objetivo de esta regulación, los márgenes de aplicación, los principios rectores para la interpretación de su contenido normativo y las definiciones pertinentes al espacio digital.

Destacamos la necesidad de amparar el uso licito de las plataformas en la normativa nacional, el deber de considerar como mínimo la existencia de los mismos derechos en el espacio digital que

en el natural, y el deber de facilitar el acceso a esta herramienta de manera no discriminatoria. Ya que, si bien las plataformas tienen riesgos, su potencialidad para generar bienestar, de transmitir información a una velocidad y alcance nunca experimentado por el ser humano, amerita promoverlas.

El segundo título contiene una serie de derechos y obligaciones, dirigidas a los agentes de las plataformas digitales, el proveedor de la misma, los usuarios y particularmente el consumidor, una categoría especial de usuario que por su poca capacidad negociadora requiere una protección adicional.

En este título se contemplan el principio, derecho y deber de las plataformas de ser neutras, base sobre la que se puede construir la responsabilidad de los demás agentes para con el público.

Se establece el derecho a acceso a la plataforma y luego ciertos derechos y obligaciones de acceso a la información y de corrección de aquella que ha sido entregada de manera distorsionada o bien es errada o falsa.

De esta manera, se ha orientado la normativa desde la libertad de los usuarios de participar del espacio digital, estableciendo obligaciones a los proveedores para garantizar que cuenten con los medios necesarios para que la convivencia sea armónica.

Este segundo titulo se orienta a equilibrar la libertad del uso de este espacio, con la responsabilidad que cada agente debe procurar en la convivencia digital para mantener la paz social.

El tercer título, establece normas particulares de contratación en espacio digital derivadas de las tantas veces mencionadas asimetrías entre los participantes que controlan la plataforma y los simples usuarios.

Es por ello, que nos permitimos presentar a este honorable senado, el siguiente

## Proyecto de ley

**"Título I. Disposiciones Generales.**

**Art. 1º.- Objeto de la ley**. La presente ley tiene por objeto regular la situación de las plataformas de servicios digitales en Chile, así como de los usuarios de ellas.

**Art.2º.- Ámbito de aplicación.** Las disposiciones de esta ley se

aplicarán a todas aquellas plataformas digitales que direccionan específicamente su contenido al país, que por este solo hecho quedarán regidas por ella.

**Art.3º.- Definiciones.** Para los efectos de esta ley se entenderá por:

a). **Plataforma digital de servicios:** Toda infraestructura digital cuyo propósito es crear, organizar y controlar, por medio de algoritmos y personas, un espacio de interacción donde personas naturales o jurídicas puedan intercambiar información, bienes o servicios.

b). **Proveedor de plataformas digitales:** Persona natural o jurídica que ofrece y administra una plataforma digital.

c). Usuario de plataformas digitales: Persona natural o jurídica que se sirve de una plataforma digital para sus fines particulares, los que pueden o no tener el carácter de consumidores o intermediario.

d). **Consumidor digital:** Persona naturales que, en virtud de cualquier acto jurídico, adquieren, utilizan, o disfrutan, como destinatarios finales, de bienes o servicios mediante una plataforma digital.

**Art.4º.- Principios.** El uso de plataformas digitales estará sometidos a los siguientes principios:

**a) Principio de equivalencia entre el espacio digital y físico:** Todo usuario de una plataforma digital goza en el entorno digital de, al menos, los mismos derechos y libertades que en el entorno físico, siendo la persona objeto de los mismos deberes y prohibiciones.

**b) Principio de cumplimiento normativo:** Las plataformas digitales deberán, desde su diseño a su aplicación encontrarse diseñadas para cumplir los requerimientos constitucionales, legales y regulatorios vigentes en el país.

**c) Principio de universalidad de acceso:** Las plataformas digitales deberán garantizar la provisión de un servicio universalmente accesible, de calidad y no discriminatorio.

**Título II Derechos y obligaciones en el espacio digital**

**Art. 5°.- Neutralidad de la plataforma.** Las plataformas digitales deberán ser diseñadas para ser neutrales a los contenidos que gestionan, sujetándose al ordenamiento jurídico nacional al que se direccionan.

Todo usuario de plataformas digitales tiene el derecho a la neutralidad de las plataformas de que se sirve con plena sujeción al ordenamiento jurídico.

Será objetivo prioritario de los poderes públicos garantizar que las plataformas digitales traten el tráfico de datos de manera equitativa sin discriminación, restricción o interferencia, e independientemente del emisor y el receptor, el contenido al que se accede o que se distribuye.

**Art. 6º.- Libertad de expresión digital.** Los consumidores digitales gozan de libertad para emitir opiniones o expresarse de cualquier forma en una plataforma digital. Los contenidos emitidos por tales personas no podrán ser eliminados, salvo que puedan considerarse civilmente injuriosos, calumniosos, constitutivos de amenazas, que constituyan delitos tipificados por otros cuerpos jurídicos o que inciten a cometer un crimen.

Todos el que ejerza su libertad de expresión mediante plataformas digitales será responsable por los contenidos emitidos. Especialmente si son ilícitos o lesionan bienes o derechos de un tercero, susceptibles de ser indemnizados.

Los proveedores de las plataformas digitales no serán responsables si no han originado la transmisión, ni modificado los datos o contenidos de ella. Sólo serán responsables si han actuado en alguna de las formas que la ley tipifica como ilícita, bien por exceder del alcance típico de la prestación de su servicio, bien por no haber actuado con diligencia para bloquear o retirar contenido cuando tengan conocimiento efectivo de que es ilícito.

Las informaciones manifiestamente falsas podrán ser aclaradas o rectificadas, por el proveedor de la plataforma digital, mediante avisos adjuntos a ellas.

**Art. 7º.- Derecho a rectificación y olvido.** Todo consumidor digital tiene derecho a que se rectifiquen los contenidos emitidos a través de plataformas digitales que atenten contra su imagen, la intimidad personal y familiar en Internet.

Asimismo, tiene derecho a solicitar motivadamente la inclusión de un aviso de actualización suficientemente visible junto a las

noticias que le conciernan cuando la información contenida en la noticia original no refleje su situación actual como consecuencia de circunstancias que hubieran tenido lugar después de la publicación, causándole un perjuicio.

Tiene también derecho a la no divulgación de sus datos personales y a solicitar al proveedor de la plataforma digital la supresión de aquellos que circulen sin su consentimiento, bastando para ello que así lo indique.

Todo consumidor digital tiene derecho a que se elimine su perfil de las plataformas digitales que haya hecho uso en vida, tras su deceso. El proveedor de la plataforma podrá hacerlo de oficio si así lo hubiese estipulado el consumidor en el contrato de acceso a la plataforma. Así mismo deberá hacerlo si los herederos del fallecido lo solicitaren acreditando su calidad de tales mediante la posesión efectiva, y el certificado de defunción.

**Art. 8º.- Protección a personas vulnerables.** Los proveedores de plataformas digitales tienen la obligación de proteger la imagen e integridad de las personas que la ley considera vulnerables, sea por su edad, condición u otra circunstancia análoga. Para ello, deberán tomar medidas que adviertan del contenido sensible a que tales plataformas los expongan cuando conste su naturaleza adictiva o, por algún otro motivo, su contenido esté dirigido esencialmente a personas adultas. En este último caso, deberán contar con mecanismos de verificación de edad apropiados.

**Art.9º.- No discriminación.** Los consumidores de plataformas digitales tienen derecho a participar de ellas sin ser objeto de discriminación directa o indirecta. El proveedor de plataformas digitales el deber de implementar mecanismos de control de sesgos a fin de garantizar este derecho.

**Art.10.- Sensibilización y transparencia de contenido.** Los usuarios de plataformas digitales tienen derecho a ser informados de manera inteligible acerca de las razones y fundamentos de las decisiones que dichas plataformas tomen respecto a ellos o a los contenidos por ellos proporcionados.

Así mismo, tienen el derecho a desactivar los programas que tomen dichas decisiones cuando ello fuera posible sin perder la operatividad de la plataforma.

Las plataformas digitales que entreguen contenido de carácter noticioso a los usuarios deberán contar con sistemas que permitan la visión cronológica de dichos contenidos. Permitiendo al usuario

escoger este sistema o el uso de un algoritmo que entregue la información en un orden distinto.

**Artículo 11°.- Sensibilización y transparencia de las inteligencias artificiales.** Los consumidores digitales tienen derecho a ser informados cada vez que interactúan con algoritmos o inteligencias artificiales.

Las plataformas digitales deberán contar con mecanismos que permitan identificar si la publicación de contenidos es hecha por una persona o una inteligencia artificial.

**Art. 12.- Debido proceso.** Los usuarios de plataformas digitales tienen derecho a que las decisiones que las plataformas digitales tomen respecto a ellos y la información recopilada a su respecto se encuentren fundamentadas y se las escuche antes de su resolución final. Los reclamos que los usuarios puedan formular deberán ser procesados por mecanismos de resolución de disputas digitales transparentes y rápidos, los cuales serán siempre recurribles ante los tribunales ordinarios de justicia.

**Título III. Responsabilidad Contractual.**

**Art. 13º Consentimiento del Consumidor.** Los consumidores digitales no se entenderán obligados por los términos contractuales ofrecidos por la plataforma sino en cuanto involucran las condiciones esenciales y más evidentes del contrato suscrito, que consisten en la esencia del acto o contrato celebrado y que el consumidor digital no habría podido ignorar sin negligencia grave. En los demás términos contractuales, estos serán obligatorios sólo para la plataforma y el consumidor digital se obligará a ellos sólo en cuanto los invoque como fundamento de su derecho.

**Art. 14º. Almacenamiento y cesión de datos.** Para realizar cualquier acto de geolocalización, almacenamiento, tratamiento o cesión de datos recabados sobre el consumidor digital, se requerirá su aceptación expresa, específica e informada.

**Art.15º. Responsabilidad del Proveedor.** El proveedor de plataformas digitales será responsable objetivamente de todos los daños, patrimoniales o morales, que ocasionen a los usuarios. El juez podrá condenar al proveedor en hasta el doble de dichos perjuicios cuando ellos se deriven del quebrantamiento de los derechos establecidos en esta ley, además de ordenar el bloqueo temporal de la plataforma, cuando tales quebrantamientos tengan el carácter de sistemáticos.

Campos clínicos

# Proyecto de ley, iniciado en moción de los Honorables Senadores señor Girardi, señora Goic y Von Baer, y señores Chahuán y Quinteros, que define a los establecimientos de salud como asistenciales-docentes y señala las 17 características de la relación entre la red de salud y las instituciones de educación superior. (Boletín N° 14.088-11)

## Antecedentes

En agosto de 2017, la comisión de Salud de la Cámara de Diputados y Diputadas, dentro de su tabla de contenidos, dio a conocer los antecedentes y alcances de una resolución del Ministerio de Salud que reevalúa y rediseña un nuevo régimen de uso de los campos clínicos, para lo cual fueron citados la, en ese entonces, Ministra de Salud, señora Carmen Castillo; la Subsecretaria de Redes Asistenciales, doña Ana Gisela Alarcón; el Decano de la Facultad de Medicina de la Universidad de Chile, don Manuel Kukuljan, y el Director de la Escuela de Medicina de la Pontificia Universidad Católica de Chile, don Klaus Puschel.

Don Manuel Kukuljan, en su exposición, menciona que la norma de uso de campos clínicos, utilizada por el Ministerio de Salud, ha producido distintas reacciones dentro de la comunidad universitaria, en cuanto a críticas al fondo y forma de esta norma, recalcando que hoy en día, e incluso internacionalmente, los mejores hospitales son los docentes. Por otra parte, indica que Chile desarrolló, hace algunas décadas, formación de especialistas a la par de los mejores centros del mundo en hospitales docentes. Así,

para definir un hospital docente, se comprenderá a aquellos donde existe integración y articulación en múltiples ejes, donde los profesionales asistenciales al mismo tiempo participan en docencia, y los estudiantes participan del cuidado de los pacientes de acuerdo con su nivel de competencia y bajo supervisión adecuada, lo que va desde los estudiantes de pregrado a los especialistas en formación. Además, existe integración de las actividades en distintos niveles de entrenamiento, por ejemplo, en los Hospitales Johns Hopkins hay una estructura piramidal, que va desde el muy experto hasta el estudiante de pregrado. Además, existe una integración entre la actividad y la educación de distintas profesiones de la salud en un mismo sistema. Se menciona además que el cuidado de los pacientes se beneficia del tratamiento multidisciplinario de los equipos que actúan en red. Por otra parte, señala también que las demandas que impone un contexto educacional mantienen un nivel superior de desempeño de los profesionales en todos los niveles. Asimismo, se afirma que en un hospital docente, la investigación aplicada mejora la calidad de los procesos de cuidado. Por tanto, hay múltiples evidencias que los hospitales docentes son mejores hospitales.

El Decano ya mencionado explica también que una de las razones para desarrollar más y mejores hospitales docentes es la necesidad de formar más especialistas, lo cual se ha mantenido marginalmente en las últimas décadas, siendo los mismos hospitales formadores y ninguno de los nuevos hospitales , ni públicos ni privados, se han convertido en centros relevantes de formación. La dificultad para ello se debe a la organización y comprensión de la naturaleza de la formación avanzada en salud.

Recalca a su vez que la crítica a la norma es que está completamente desalineada a las características de un buen hospital académico, pues acepta la fragmentación en contraposición a la articulación e integración, consagrando un modelo en que un profesional contratado a honorarios pasa a hacer docencia con un paciente que no es su paciente, y en un hospital donde habitualmente no trabaja. La actual propuesta ejemplifica que en vez de mantener un sistema integrado, la unidad mínima de adjudicación de campos clínicos sea la cama o la cuna, de tal manera que: en la cama 1 podría estar la Universidad A; en la cama 2, la Universidad B y en la cama 3,la Universidad C, lo que a todas luces es una aberración. Por otra parte, se acepta la disociación entre la formación de post-

grado y la de pregrado, rompiendo una estructura virtuosa y permitiendo que postgrados de la Universidad A y pregrado de la Universidad C, o de distintas Universidades, estén con diferentes carreras. Por ello, bajo las actuales condiciones, es impensable un sistema de calidad.

Kukuljan es enfático en afirmar que esto es una pérdida de oportunidad para hacer mejor nuestro sistema, evidenciando una nula voluntad de adoptar un mejor modelo. Subraya, no obstante, que es posible una visión diferente con un par de consideraciones, tomando en cuenta que un buen hospital deba integrar a la asistencia y a la docencia, ya que eso implica medidas administrativas menores. Por otro lado, indica que la adjudicación debería privilegiar el uso completo de un determinado hospital, con una determinada Universidad, en un largo plazo y que, sabiendo que en nuestro país existen distintas Universidades, con distintos niveles de desarrollo, se debería permitir una implementación gradual pero con un umbral ambicioso.

Por su parte, el Decano de la Escuela de Medicina de la Pontificia Universidad Católica de Chile, Doctor Ibáñez, menciona que hay Universidades de distinta calidad y trayectoria, lo cual ha generado una pugna entre los campos clínicos que ha desvirtuado la naturaleza de una facultad de medicina con un campo clínico. Por ello, se requiere un compromiso de largo plazo, un compromiso de desarrollo conjunto, donde la Universidad aporte al campo clínico formación, capacitación, desarrollo de nuevas oportunidades terapéuticas e investigación, de manera que efectivamente la Universidad y el servicio de salud trabajen integralmente.

El profesional coincidió en el hecho que una Universidad ocupe ampliamente un campo clínico en distintas áreas, hace que sea un escenario más virtuoso para las distintas carreras de la salud. Asimismo, también coincide en la gravedad de que la norma actual sólo considere al pregrado, ya que los profesionales de la salud requieren de una formación continua, una mirada integral entre el pregrado y postgrado como elemento fundamental.

En el mismo sentido, el Director de la Escuela de Medicina de la PUC, don Klaus Puschel, refuerza que la nueva norma propuesta debe focalizarse en la contribución al desarrollo versus la retribución monetaria a profesionales en forma aislada. Asimismo, cree que se debe recoger la integralidad entre pregrado y postgrado,

además de la territorialidad de los Servicios y la calidad institucional como de carreras y programas.

Finalmente, menciona que los aspectos que se deben reformular son la cohabitación de los estudiantes de pre y postgrado provenientes de diferentes instituciones, inmersos en un mismo espacio asistencial, ya que ello termina afectando el cuidado y seguridad de los pacientes, además de dificultar la gestión y calidad formativa. Propone por tanto, que la norma debiera permitir la coparticipación de centros formadores en la misma área geográfica pero no en el mismo centro asistencial. Adicionalmente, sugiere que la norma debiera explicitar los aportes desde los centros formadores a campos clínicos sean valorizables, pero sin pago directo en dinero y sin pago directo a profesionales de salud. Por último, y relacionado a la formación de post grado, afirma que la norma debiera ponderar fuertemente el aporte del centro formador en programas de especialidad en el campo clínico, regulándose con estándares similares a los de pregrado.

En lo que concierne a la opinión de la Subsecretaria de Redes Asistenciales, ésta entrega antecedentes y alcances de una nueva normativa del Ministerio de Salud, que rediseña un nuevo régimen de uso de los campos clínicos para las carreras impartidas por las instituciones de educación superior.

Algunas de las precisiones que dan cuenta de cómo se comienza a trabajar en esta norma señalan que "lo primero es señalar que cuando llegamos a este gobierno nos encontramos con que el 83% de los convenios que en ese minuto estaban funcionando entre las diferentes universidades con los hospitales públicos, no cumplían los acuerdos que se habían fijado previamente".

La Subsecretaria agregó que esta norma en particular, que comienza a trabajarse en 2015, le otorga un sentido distinto a la asignación de campos clínicos, *"ya que la única forma de lograr avanzar en un país en términos de salud significa tener dentro de un hospital o centro de salud un desarrollo por la docencia, por la investigación y por la invocación, por lo tanto, cuando hablamos de actividad asistencial y de actividad académica, estamos hablando de actividad sinérgica"*.

Además, en esa ocasión, la Subsecretaria afirma que la nueva norma considerará a la gratuidad como un valor público. Sin embargo, una vez más se decide implementar una solución administrativa aun problema que es mucho más de fondo, por tanto no hay estrategia para la formación en salud.

## Normativa Vigente

Actualmente los campos clínicos se encuentren regulados bajo la norma técnica administrativa N°19, que Regula la Relación Asistencial Docente y establece un proceso de asignación del campo clínico docente de formación profesional y técnica de pregrado, con fecha 05 de septiembre de 2017, que no ha sido modificada hasta la fecha, y que sólo le precede un Decreto dictado en el año 2012.

Este decreto está divido en un Título I, que contiene disposiciones generales que, a su vez, están divididas en:

1. Ámbito de aplicación y conceptos
2. Principios de la Relación Asistencial Docente

Por su parte, el Título II se refiere a los Intervinientes en la Relación Asistencial Docente y sus funciones, entre ellas las que corresponden al Ministerio de Salud, a la Subsecretaria de Redes Asistenciales, al Director/a del Servicio de Salud, al encargado de la relación asistencial docente del Servicio de Salud, al Director/a del establecimiento autogestionado en red, al encargado de la relación asistencial docente de un establecimiento autogestionado en red, al centro formador, al Director/a del establecimiento que opera como campo clínico docente, y a los funcionarios del establecimiento o del Servicio de Salud que se desempeñen como encargados de la actividad asistencial docente o en el rol de contraparte técnica de los convenios.

El Título III ahonda sobre el procedimiento para la asignación del campo clínico docente, que contiene los pasos para la elaboración de las Bases Administrativas y Técnicas del Proceso de Asignación, las etapas y plazos del procedimiento de asignación de campo clínico docente así como la comisión de evaluación.

El Título IV, por su parte, explica sobre responsabilidad y vuelve a mencionar como pilar fundamental la seguridad y calidad de la atención del paciente, la política de buen trato institucional, el principio de buena fe y la colaboración entre las partes. Además, aboga para que el cumplimiento del convenio se pueda regir por las normas del Código Civil, sin perjuicio de las responsabilidades penales que puedan generarse.

En cuanto a la responsabilidad del personal académico y estudiantes del centro formador, ésta se regirá por sus propios estatutos y normas legales atingentes. En el caso de que causen daños

a particulares, imputables a falta de servicio, se remitirá a la ley sobre el Régimen de Garantías en Salud. Por último, en lo que respecta a la responsabilidad administrativa de un funcionario público, se remite a las normas del Estatuto Administrativo.

El Título V, sobre orientaciones técnicas, aborda las directrices que llevarán a cabo la metodología de cálculo de la capacidad formadora de todos los establecimientos de la red de un Servicio de Salud, como son los gastos operacionales, el formato de bases de asignación del campo clínico, los convenios tipo y todas aquellas materias relacionadas con la gestión, administración y desarrollo de la relación asistencial docente.

El Título VI se refiere a la vigencia de la norma y el Título VII a las disposiciones transitorias.

Por último, la norma incorpora anexos sobre la evaluación del criterio, puntaje y ponderación para la asignación de los campos clínicos.

Es ésta norma es la que en su oportunidad criticaron los Decanos de las Facultades Medicina de las dos Universidades más grandes del país, haciendo mención a su falta de integración, integralidad y voluntad de gestionar una reforma real en el ámbito de la formación en salud.

Si bien se considera que ésta avanza en la consideración de calidad de las instituciones de educación, a partir de su acreditación y la eliminación de pagos que determinan el acceso a un campo clínico, no comprende a cabalidad la formación profesional en salud, perdiendo la oportunidad de aplicar la experiencia internacional exitosa que han tenido en educación otros hospitales docentes a lo largo del mundo.

En este aspecto, el Decano de la Facultad de Medicina de la Universidad de Chile, Manuel Kukuljan, en la Revista Médica de Chile, volumen 145, año 2017, refiere que: *"(…) el ordenamiento propuesto debe considerar los sistemas de salud y particularmente los hospitales como entidades integrales y complejas, y no divisibles en servicios asignados a instituciones diversas, a menos que existan programas formales y explícitos de colaboración entre universidades que abarquen en su conjunto todos los niveles y ámbitos de la educación profesional en salud.*

*La participación de los profesionales asistenciales en la docencia en todos los niveles posibles constituye un elemento central para la calidad de un hospital, por múltiples factores.*

*(…) Chile consiguió excelencia en educación en salud cuando era un país de mucho menor desarrollo, gracias a la visión de las universidades y gobiernos de sus épocas; no hay razón para que eludamos la responsabilidad de proyectarlo al futuro, sobre la base de la evidencia, el resguardo del interés público y la mirada de largo plazo que el bienestar de nuestra población requiere."*[1]

La ausencia de una visión estrategia para enfrentar la salud en Chile también pasa en cómo el Estado se hace cargo de asegurar que la oferta de prestaciones de salud esté acorde a las necesidades de formación de profesionales calificados, que considere la atención de calidad, educación, investigación, desarrollo e innovación dentro de su proceso formativo, considerando las prioridades del país y el modelo que queremos para el siglo XXI.

## Normativa Internacional Comparada

### ESPAÑA

La Constitución española establece, en su artículo 27, como competencia del Estado la regulación de las condiciones de obtención, expedición y homologación de títulos académicos y profesionales, por ello es que el sistema de prácticas clínicas se encuentra normado a nivel nacional.

Ahora bien, el marco normativo se regula fundamentalmente en el Real Decreto 1558/1986, que establece las bases generales del régimen de conciertos entre las Universidades y las Instituciones Sanitarias. Estos convenios disponen que las Universidades deben hacer un estudio de las necesidades docentes e investigadoras, que debieran ser atendidas por las Instituciones que realizarán el convenio. Este estudio debe ser entregado a los órganos responsables de la enseñanza universitaria y de sanidad de la Comunidad Autónoma correspondiente, quienes, con acuerdo de la universidad y del Sistema Nacional de Salud de la

[1] Kukuljan, Manuel. (2017). La oportunidad de desarrollar hospitales de alta calidad asistencial y docente para Chile. *Revista médica de Chile*, *145*(1), 72-74. https://dx.doi.org/10.4067/S0034-98872017000100010

comunidad, fijarán la Institución sanitaria con la que deben realizar el convenio. [2] A raíz de ello, se constituye una comisión que debe elaborar el proyecto de convenio una vez acordado entre el Sistema Nacional de Salud o Entidad de la que dependa la Institución Sanitaria y la Universidad correspondiente, para su aprobación y publicación.

En este caso, sólo participan del convenio las instituciones sanitarias que reúnan los requisitos que se establezcan por los Ministerios competentes para desarrollar la docencia. En el caso de que se realicen convenios con instituciones privadas, éstas deben estar previamente acreditadas.

Para utilizar la denominación de hospital universitario, el convenio debe referirse al hospital en su conjunto o que abarque la mayoría de sus servicios o unidades asistenciales, esté vinculado con una universidad y posea una misma titulación. Para la realización de prácticas específicas, puede haber estudiantes de otras universidades, previa consulta por escrito a la universidad vinculada. En el caso de que sólo se trate de algunos servicios, se tratarán como hospitales asociados a la universidad.

#### INGLATERRA

Las prácticas clínicas o "Clinical Placements" se definen como un convenio en el que un estudiante de medicina ejerce la práctica médica en un entorno que brinda atención médica, o servicios relacionados, a pacientes de éste o al público general. Estas prácticas pueden ser en todos los niveles de los servicios, participando activamente en la atención al paciente o simplemente como observadores.

Por lo general, las prácticas se llevan a cabo dentro de los establecimientos dependientes del Servicio de Salud Nacional.

Existen juntas locales de educación y formación (Local education and training boards, LETB) como estructuras regionales en el sistema de educación y formación sanitaria del Health Education England (HEE). Actualmente son 13 y poseen una unidad

[2] Convenios para las prácticas clínicas de los estudiantes del área de la salud. España e Inglaterra. Asesoría Técnica Parlamentaria. Diciembre de 2020, Biblioteca del Congreso Nacional.

organizativa que se encuentra dentro del Servicio Nacional de Salud, que generalmente presta servicios de salud en un área geográfica o realiza una función especializada. Las LETBs actúan como intermediario entre los servicios del Servicio Nacional y las universidades, con respecto a los acuerdos sobre las prácticas clínicas de pregrado. Además, una de sus principales funciones es que administran los fondos de financiamiento para encargar prácticas clínicas médicas en el Servicio Nacional de Salud para estudiantes de pregrado.[3]

Desde el año 2013 el Service Increment for Teaching ha estado haciendo la transición al Sistema de Pagos de Tarifas Nacional (Tariff payment) sistema que se encuentra establecido en The Care Act , de 2014. La tarifa no es un pago por servicios de enseñanzas, sino que está diseñada para cubrir el financiamiento de todos los costos directos, involucrados en la entrega de educación y capacitación en que debe incurrir el proveedor de salud. Actualmente, aunque las universidades actúan como intermediarias para la financiación de las tarifas, ellas mismas no reciben ningún financiamiento. [4]

## Idea Matriz

El departamento de planificación y Control de Gestión de RHS, dependiente de la Subsecretaria de Redes Asistenciales, en documento denominado "Oferta de profesionales de salud en Chile: evolución 2007-2015 de la matrícula y los titulados en las Universidades nacionales", menciona que, de un total de 58 Universidades y 6 Institutos Profesionales, la matrícula de primer año creció en un 49,5% entre el 2007 y el 2015, siendo las carreras con más altas tasas de crecimiento: Terapia ocupacional (+323%), Obstetricia (+149,6%), Fonoaudiología (+104%), Enfermería (77,8%),

---

[3] Convenios para las prácticas clínicas de los estudiantes del área de la salud. España e Inglaterra. Asesoría Técnica Parlamentaria. Diciembre de 2020, Biblioteca del Congreso Nacional.

[4] Convenios para las prácticas clínicas de los estudiantes del área de la salud. España e Inglaterra. Asesoría Técnica Parlamentaria. Diciembre de 2020, Biblioteca del Congreso Nacional.

Tecnología Médica (68,1%) y Nutrición y Dietética (+65,8%).

En el mismo análisis, se proyecta el número de nuevos titulados en las carreras profesionales de salud para el período 2015-2020, mencionando que tendrían el mayor número de titulados adicionales las siguientes carreras: Fonoaudiología y Medicina, con aproximadamente 10.000 en el período; Kinesiología, con más de 13.000, y Enfermería y Psicología, con más de 25.000 nuevos titulados. Así, el país llegaría a contar con más de 127.559 nuevos titulados en este tipo de carreras. [5]

Frente a este escenario, se requiere avanzar en regular, vía ley de la República, la relación asistencial docente, para que queden establecidos los principios por los cuales se regirán así como las definiciones, método de asignación y requisitos, prohibiendo expresamente el pago en dinero de cualquier contraprestación otorgada, todo ello con la finalidad de que los estudiantes realicen sus programas de formación.

Esta propuesta pretende legislar en la materia, estableciendo un marco de entendimiento que vaya más allá de la asignación de los campos clínicos, profundizando en cómo funcionan los hospitales públicos que forman profesionales en salud, cambiando la estructura actual y definiendo los hospitales docentes como una política pública de país, fortaleciendo el proceso y siendo capaces de enfrentar la diversidad y la realidad que vive nuestro país, colocando la atención en los recintos de Salud Primaria como principales centros de vigilancia en materia de salud, la investigación y el desarrollo tecnológico del centro formador, para ir en directa relación con las necesidades de la población, rompiendo el paradigma actual de simples centros de prácticas.

Este proyecto de ley contó con la participación, asistencia y comentarios de los decanos y decanas de las facultades de medicina de la Pontificia Universidad Católica de Chile y su Director de Campos Clínicos, Universidad de Chile, Universidad Austral de Chile, Universidad Santiago de Chile, Universidad de Concepción, Universidad de Valparaíso, Universidad de Magallanes, Universidad Central, además de la Dra. Jeannette Vega, el Dr. Bernardo Martorell y el Dr. Vladimir Pizarro, igualmente del Director del

[5] https://www.minsal.cl/wp-content/uploads/2015/08/Informe-Evoluci%-C3%B3n-Oferta-Prof.-de-Salud022016.pdf

Instituto de Neurocirugía, la Presidenta de la Asociación de Facultades de Medicina de Chile, el Colegio Médico de Chile S.A y la Comisión Nacional Autónoma de Certificación Médica.

Producto de que la gran mayoría de los artículos de estas propuestas son de iniciativa exclusiva del Presidente de la República, de acuerdo a lo establecido en el artículo 65 de la Constitución Política de la República, se deja constancia de aquello que se requiere legislar al respecto:

a). Definir a la red de salud como un conjunto de Instituciones de Salud que reúnen, a lo menos, los niveles de atención primaria y secundaria, y donde se desarrolla la relación asistencial docente.
b). Establecer los requisitos que debe cumplir la red de salud:

**De la Red de salud:**

1. Explicitar dentro de su misión el compromiso de asumir un rol asistencial docente.
2. Contar con una cartera de servicios y demanda asistencial que contribuya a la realización de aspectos específicos de un programa de formación o investigación.
3. Tener capacidad para acoger la actividad docente y de investigación, sin afectar la prestación de servicios asistenciales.
4. Incentivar dentro de su personal una actitud positiva y de valoración de la actividad docente y de investigación.
5. Disponer de programas de inducción para académicos y estudiantes, que permitan su adecuada inserción y la correcta aplicación de las normas técnicas y administrativas vigentes.

a). Se debe establecer un artículo sobre LA ASOCIACIÓN DE LA RED DE SALUD. La Red de Salud podrá vincularse con una Institución de educación superior o un conjunto de ellos, asociados de manera explícita y formal, quienes deberán presentarle a la red de salud un proyecto previo de desarrollo para llevar a cabo el convenio asistencial docente.
b). El **Convenio asistencial docente** debe ser un vínculo jurídico entre la Red de Salud y la Institución de educación superior.
c). Es necesario dejar establecido que la gran mayoría de los convenios y relaciones deben hacerse con la Red de Salud.
d). Se deberán definir las unidades de asignación sobre la base de

la evidencia disponible y sus proyecciones, tales como si es hospital base con determinados centros de atención primaria; todo un servicio de salud o sólo un establecimiento; si se desarrollan todos los ámbitos en todas las partes o si hay centros de referencia especializados a nivel nacional, macrozonas u otros. Se velará por el cumplimiento de los criterios y los lineamientos anteriormente señalados.

e). Disponer de infraestructura para generar un espacio físico para la docencia.

f). Por su parte, los profesionales que ejercerán labores asistenciales y docentes a la vez, se les deberán adecuar sus contratos o actos administrativos, de acuerdo a las nuevas funciones que adquieran.

En consideración a los argumentos anteriormente expuestos, es que vengo a proponer el siguiente:

## Proyecto de ley

### Artículo Unico

**ARTÍCULO 1.-**

**OBJETIVOS:** Esta ley tiene por objeto asegurar la calidad, pertinencia y articulación de la oferta de prestaciones de salud con las necesidades de formación de profesionales calificados, generando una capacidad nacional que considere, además de la atención sanitaria de calidad, el desarrollo de la educación en salud, una investigación en salud pertinente a las necesidades del país así como el desarrollo y la innovación.

Para estos efectos, deberá considerarse preponderantemente el factor territorial, de tal forma que la capacidad formativa generada se potencie dentro de la misma región y se priorice su asignación.

Las instituciones involucradas cooperarán activamente para el logro de este objetivo.

**ARTÍCULO 2.-**

**DEFINICIONES:** Para los efectos de esta ley se entenderá por:

a). **Relación asistencial docente:** Vínculo estratégico de largo plazo, que une tanto al sector público y privado de salud con Instituciones de educación superior, con el objetivo de formar y disponer de profesionales y técnicos competentes para satis-

facer las necesidades de salud de la población.

b). **Institución de educación superior:** Institución que imparte educación en programas de formación profesional y técnica en el área de la salud.

c). **Institución de salud:** Se entenderán incluidos los Hospitales, Centro de Salud Familiar, Centros de Diagnóstico y Tratamiento u otros.

d). **Sistema Nacional de Servicios de Salud (SNSS):** Conjunto de personas naturales o jurídicas, públicas y privadas, que colaboran en salud coordinadamente, dentro de los marcos fijados por el Ministerio de Salud para el cumplimiento de las normas y planes que éste apruebe, de acuerdo a lo establecido en el artículo 2 del D.F.L n°1 que fija el texto refundido, coordinado y sistematizado del decreto ley n° 2763 de 1979 y de las leyes n° 18933 y n° 18469.

e). **Convenio asistencial docente:** Vinculo jurídico con la Institución de educación superior para la formación de estudiantes de programas de formación profesional, académica y técnicas en el área de la salud, según las disposiciones contenidas en la presente ley y con especial sujeción a los elementos que constituyen la relación asistencial docente, estableciendo derechos y deberes recíprocos, con la finalidad de mejorar continuamente le educación profesional en salud, la generación de conocimiento y la innovación.

f). **Profesional asistencial docente:** Profesional contratado por una Red de Salud, cuyo objetivo es apoyar y supervisar el proceso formativo del estudiante, a través del cumplimiento de las funciones asistenciales y docentes.

g). **Académico:** Profesional que mantiene una relación contractual con la Institución de educación.

h). **Estudiante:** Persona adscrita a una Institución de educación superior, que es parte del convenio asistencial docente.

**ARTÍCULO 3.-**

**PRINCIPIOS:** Las políticas, planes, programas, normas y acciones que se realicen en el marco de la presente ley, se regirán por los siguientes principios:

a). El respeto por los derechos y el cumplimiento de los deberes de los usuarios del Sistema Nacional de Servicios de Salud, así como de sus trabajadores, de los académicos y estudiantes.

b). El resguardo de la calidad, seguridad y continuidad de la

atención en salud, cuyo centro es el usuario y el resguardo de la calidad de la formación en salud.

c). Contribuir a maximizar el aporte de cada institución a la mejoría del nivel de salud de la población y al fomento de una cultura de servicio público.

d). La coherencia de los perfiles de egreso con los perfiles de competencias sociales y técnicas de desempeño, requeridos por el sector para satisfacer las necesidades de salud de la población.

e). Colaboración, confianza y reconocimiento de los roles y atribuciones de cada institución.

f). Calidad en el ejercicio de todas las funciones, expresada a partir de indicadores y procesos explícitos y formales.

g). Transparencia, objetividad y ecuanimidad en la información y en los procesos derivados de la relación asistencial – docente.

h). Integralidad entre la Institución de educación superior o una asociación de ellos y la institución de salud.

i). Integridad en la relación entre la Institución de educación superior, o una asociación de ellas, y la institución de salud, y ordenamiento de la Relación Asistencial Docente.

j). La utilización de los diferentes niveles en el proceso de formación, contribuyendo al logro de los objetivos educativos y al desarrollo de los equipos multidisciplinarios de salud.

k). La pertinencia de los proyectos educativos de las Instituciones de educación superior, o una asociación de ellos, respecto del modelo de salud vigente.

l). Desarrollo de capacidad nacional, de largo plazo, para la mejora continua en educación profesional en salud, la generación de conocimiento pertinente y la innovación en el ámbito sanitario, de manera adecuada a las necesidades del país.

m). Formación continua de los profesionales de la red de salud a través del convenio generado con la Institución de educación.

n). Respeto y cumplimiento de las normas contra toda discriminación y de prevención de violencia y acoso laboral, sexual y de género.

**ARTÍCULO 4.-**

**DE LAS FUNCIONES DEL PROFESIONAL ASISTENCIAL DOCENTE:** Todo profesional de la salud, dentro del ámbito de sus actividades, podrá ejercer la labor de docencia o formación,

entendida como la enseñanza de su disciplina profesional a través de la acción y supervisión.

**ARTÍCULO 5.-**

**DE LAS INSTITUCIONES DE EDUCACIÓN SUPERIOR:** Deberán proveer los cargos o recursos necesarios para el desarrollo disciplinar, investigación, capacitación docente y gestión académica, estableciéndose servicios, departamentos u otra entidad organizacional definida y estable, con planes de desarrollo compartidos de largo plazo.

Los profesionales podrán tener adscripciones compartidas, con tal de asegurar el acceso a responsabilidades clínicas y a la injerencia en aspectos académicos de manera integral y articulada.

**ARTÍCULO 6.-**

**REQUISITOS PARA ACCEDER A UN CONVENIO ASISTENCIAL DOCENTE:**

De las Instituciones de educación superior:

1. Ser instituciones legalmente constituidas y que estén acreditadas por el organismo pertinente, cuando corresponda, o se encuentren en período de Licenciamiento, en el caso de las Instituciones de educación superior de reciente creación, en los términos establecidos por la normativa vigente
2. Estar acreditado conforme a la normativa establecida en la ley n° 20.129, que establece un sistema de aseguramiento de la calidad de la educación superior o, alternativamente, encontrarse en proceso de renovación de la acreditación.
3. Tener un cuerpo académico integrado por profesionales registrados en la Superintendencia de Salud, de acuerdo con lo establecido en la ley n° 19.937 que modifica el D.L n° 2.763, de 1979.
4. Demostrar que el proyecto educacional que desarrolla contribuye a satisfacer las necesidades de salud de la población, en el marco del modelo de salud vigente.

**ARTICULO 7.-**

**PRESTADORES DE SALUD PRIVADOS:** Los prestadores de salud privados, que voluntariamente suscriban un convenio asistencial docente, se someterán a las normas establecidas en la presente ley.

**ARTÍCULO 8.-**

**DE LA ASIGNACIÓN:** Se establecerán prioridades para la asignación de los cupos y recursos, con especial designación de las

redes de salud e institución de educación regionales, según el siguiente orden de prelación:

a). Cumplir con lo establecido en el Título V, de la ley 21.091 sobre Educación Superior.

b). Haber obtenido, a lo menos, 5 años de acreditación institucional, de acuerdo con lo establecido en la Ley n° 20.129 que Establece un Sistema Nacional de Aseguramiento de la calidad de la Educación Superior.

c). Haber presentado un plan de desarrollo ante la red de salud.

Se deberán formular lineamientos generales en términos de las áreas disciplinarias, profesionales o técnicas de mayor necesidad para el país, las proyecciones de mediano y largo plazo y la distribución territorial en el país, entre otras, que requieren una visión sistémica y de conjunto.

Un órgano colegiado de alto nivel técnico estará a cargo del proceso de asignación, a través de un procedimiento definido y transparente.

La asignación otorgada se evaluará cada 7 años.

El Ministerio de Salud reglamentará lo mencionado en el inciso anterior.

**ARTICULO 9.-**

**PROHIBICION:** Las Instituciones de educación superior no podrán entregar, a título gratuito u oneroso, cualquier incentivo con la finalidad de que sus estudiantes realicen sus programas de formación en las dependencias de la Institución de salud.

**ARTICULO TRANSITORIO:** Los convenios asistenciales docentes suscritos y aprobados en conformidad a la Norma Técnica Administrativa N° 19 de 2017 o por resolución exenta n° 254 de 2012, ambas del Ministerio de Salud, o anteriores, seguirán ejecutándose hasta su término, de acuerdo con lo convenido.

CONGRESO FUTURO

REPÚBLICA DE CHILE SENADO

*"Estoy convencida que en Chile sobra talento e inteligencia para pensar en las oportunidades que tenemos para avanzar en este "nuevo mundo" si apostamos por conjugar las condiciones naturales de nuestro territorio con el uso de nuevas tecnologías en generación de energía verde y el desarrollo de valor agregado a nuestras materias primas."*
**Senadora Carolina Goic**

*"Acá ha existido un trabajo sistemático y consistente que nos ha permitido vincular a los especialistas de cada una de las áreas para los efectos de generar nuevas herramientas que mejoren la calidad de vida de los chilenos. Siempre con la proyección de establecer normativas legales y una legislación acorde a nuestros tiempos."*
**Senador Francisco Chahuán**

*"Siempre queremos ir más allá, buscar y difundir el conocimiento, la innovación, la ciencia y la tecnología; traer al Congreso buenas ideas para mejores políticas públicas, potenciar el desarrollo, mejorar la calidad de vida de las personas."*
**Senador Juan Antonio Coloma**

*"La Comisión ha realizado un profundo trabajo destinado a apoyar el desarrollo de la ciencia y la investigación. Parte de ese trabajo ha consistido en impulsar junto a la Biblioteca del Congreso y la comunidad científica, las universidades, la Academia de Ciencias, las empresas y las organizaciones de la sociedad civil la creación de diversas mesas de trabajo en torno a temas de desarrollo estratégico para el futuro de Chile y sus regiones."*
**Senador Alfonso de Urresti**

*"Chile tiene Futuro es una carta de navegación, es una visión común-compartida. Las sociedades que no tienen visiones que son comunes y compartidas, las sociedades que no tienen un proyecto de futuro, las que no tienen visión estratégica están condenadas a desaparecer. Y, por lo tanto, la única manera de sobrevivir y de contribuir al desarrollo del planeta es construir una visión común-compartida [...].*
*Este espacio y esta intersección es fundamental para generar una estrategia de desarrollo en un mundo que está totalmente ciego y aislado por el sentido de la inmediatez. Es fundamental tener la capacidad de generar pensamiento estratégico y pensamiento nuevo y modelos de desarrollo que se hagan cargo de esta sociedad cambiante."*
**Senador Guido Girardi**

Biblioteca del Congreso Nacional de Chile / BCN

ISBN: 978-956-7629-55-8

9 789567 629558