cnic
Consejo Nacional de Innovación
para la Competitividad

ORIENTACIONES ESTRATÉGICAS PARA LA INNOVACIÓN

SURFEANDO HACIA EL FUTURO

CHILE EN EL HORIZONTE 2025

CONSEJO NACIONAL DE INNOVACIÓN PARA LA COMPETITIVIDAD

2013

cnic
Consejo Nacional de Innovación
para la Competitividad

cnic
Consejo Nacional de Innovación
para la Competitividad

INDICE

Agradecimientos 9

Carta del Presidente 11

Presentación 15

Primara Parte
Un marco comprensivo para la innovación **19**

Capítulo 1
Una era de cambios acelerados **23**

Capítulo 2
La Naturaleza de la Innovación **27**
1. La emergencia de nuevos mundos 28
2. La innovación en seis horizontes 32
3. Emergencia tecnológica y economía 34
4. Riqueza de mundos para la innovación 39

Capítulo 3
Un Nuevo talante para enfrentar el futuro **41**
1. Dos estilos culturales heredados 42
2. Un nuevo talante: surfear la historia 44
3. La conversación que falta 45
4. Tres maneras de hacer historia 47

Capítulo 4
Un marco general de orientaciones estratégicas **49**
1. La mirada estratégica 49
2. Dos horizontes para nuestra mirada 50
3. Algunas señales sobre el futuro 51
4. Hacia las Orientaciones Estratégicas 55

Capítulo 5
Insinuaciones para un cambio cultural **59**
1. Aceptar el reto de la aventura 60
2. Pasar de la solución de problemas a hacerse cargo de preocupaciones 61
3. Unirse a las conversaciones que crean futuro 62
4. Cultivar la confianza y el compromiso 63
5. La esperanza radical como un nuevo estado de ánimo a cultivar 64

cnic
Consejo Nacional de Innovación
para la Competitividad

Segunda Parte
Orientaciones Estratégicas para Chile en tres espacios de preocupación **67**

I. Orientaciones Estratégicas en el ámbito de la energía **69**
1. Herencia de los sistemas tecnológicos 70
2. Calentamiento global 72
3. Horizontes de innovación para la energia 76
4. Orientaciones para Chile 79

II. Orientaciones Estratégicas desde la nueva biología **83**
1. La revolución de la nueva biología 84
2. Tres avalanchas a partir de la nueva biología 88
3. Algunas oportunidades para Chile 94

III. Orientaciones Estratégicas en educación **97**
1. 2050: Un horizonte de disrupciones fundamentales en educación 98
2. Una avalancha en la educación superior 103
3. Educar para el diseño y el emprendimiento 108
4. Educación para la nueva adolescencia 113

Anexo
Laboratorios Naturales para una ciencia de clase mundial 116

Ultimas Insinuaciones
El desafío de un ejercicio permanente 121

Referencias bibliográficas 125

cnic
Consejo Nacional de Innovación
para la Competitividad

UNA INVITACIÓN A CHILE

Este libro guarda entre sus páginas múltiples encuentros, diálogos y discusiones. Refleja el privilegio de haber tenido la misión de pensar nuestro país, su futuro, desde el espacio que abre la innovación, es decir, desde lo nuevo que requerimos para integrarnos mejor a un mundo de cambios acelerados, complejo, competitivo y global.

Hemos debido navegar en un mar plagado de recetas, metodologías y modelos. Y lo hemos hecho en un estilo que puede desconcertar en un principio, porque desafía la forma usual de pensar la innovación. Por lo mismo, nos tomó tiempo llegar a puerto, porque nuestro país merecía que el compromiso de hacerse cargo de lo esencial para su futuro tuviera un ritmo apropiado –no atrapado en la contingencia– y un horizonte amplio de mirada.

Podemos decir, sin temor a la exageración, que estamos viviendo un momento histórico singular, un cambio de era. Y en este contexto ningún país tiene su futuro asegurado. Los más exitosos serán aquellos que sepan "leer" mejor la realidad y diseñen mecanismos más eficientes para enfrentar las transformaciones. Pero este escenario competitivo está marcado también por la obligación de hacernos responsables, como humanidad, de la sobrevivencia del planeta, que hace rato se resiente por el ritmo y la intensidad de nuestra intervención.

Frente a estos desafíos, nuestra acción y nuestras políticas, pero sobre todo nuestras maneras de relacionarnos y nuestra imaginación y capacidad para inventar el futuro, jugarán un rol cada vez más relevante. En esta era, 'innovar o morir' parece ser mucho más que un lema.

Para nosotros, chilenos, el cambio fundamental y más urgente es de orden cultural. Estamos convocados a generar nuevas actitudes, nuevas prácticas y nuevos estilos que nos ayuden a superar las cegueras, los temores, las comodidades, las ilusiones tranquilizadoras y otros estados de ánimo que no nos permiten tomar riesgos y compromisos para ser más protagonistas de una sola certeza: que nuestro desarrollo pleno como país tiene en la innovación su piedra angular.

Queremos contagiar a nuestros compatriotas con este sentido de urgencia de un cambio cultural. A esto apunta esta publicación. Todo en ella es, en último término, una invitación a conversar e imaginar nuestro futuro necesario, nuestro futuro posible. Se trata de instalar una conversación que busca movilizarnos hacia nuevos rumbos, nuevas prácticas y nuevas políticas. Y no sólo ahora, sino como un ejercicio permanente.

Consejo Nacional de Innovación
para la Competitividad

cnic
Consejo Nacional de Innovación para la Competitividad

CONSEJO NACIONAL DE INNOVACIÓN PARA LA COMPETITIVIDAD

Consejeros

- Fernando Flores Labra, Presidente
- Jorge Allende Rivera
- Juan Asenjo de Leuze
- José Miguel Benavente Hormazábal
- Claudia Bobadilla Ferrer
- Juan Claro González
- Juan Carlos de la Llera Martín
- Álvaro Fischer Abeliuk
- Alfonso Gómez Morales
- Manuel Krauskopf Roger
- Fernando Lefort Gorchs
- Francisco Mac-Kay Imboden
- Cristóbal Philippi Irarrázabal
- Pilar Romaguera Gracia
- Pablo Valenzuela Valdés
- Marcelo Von Chrismar Werth
- Andrés Weintraub Pohorille

Representantes del Sector Público

- Félix de Vicente Mingo, Ministro de Economía
- Carolina Schmidt Zaldívar, Ministra de Educación
- Felipe Larraín Bascuñán, Ministro de Hacienda
- Luis Mayol Bouchon, Ministro de Agricultura

Invitados Permanentes

- José Miguel Aguilera Radic, presidente de Conicyt
- Hernán Cheyre Valenzuela, vicepresidente de Corfo
- Juan Manuel Santa Cruz Campaña, jefe División de Innovación
- Fernando Bas Mir, director FIA
- Conrad Von Igel Grisar, director Innova-Chile

Secretaria Ejecutiva
Katherine Villarroel Gatica

El CNIC agradece a los ex ministros de Economía Juan Andrés Fontaine y Pablo Longueira; y de Educación Joaquín Lavín, Felipe Bulnes y Harald Beyer por el compromiso demostrado con las tareas de este Consejo.
También quiere reconocer la permanente colaboración del subsecretario de Economía, Tomás Flores; del coordinador general del Año de la Innovación, Cristóbal Undurraga; y de los representantes del Consejo Nacional de la Cultura y las Artes, la Subsecretaría de Desarrollo Regional, la Secretaría de Desarrollo Digital y la División de Educación Superior del Ministerio de Educación.

cnic
Consejo Nacional de Innovación
para la Competitividad

PROYECTO EDITORIAL

Esta publicación fue elaborada por el Consejo Nacional de Innovación para la Competitividad y su Secretaría Ejecutiva.

• **Dirección**: Fernando Flores L.
• **Coordinación General**: Katherine Villarroel G.
• **Edición General**: Hugo Arias V.
• **Redacción**: Juan Pablo Contreras G. y Mario Valdivia V.
• **Investigación**: Jaime Álvarez G., Michel Parra C. y Pedro Rosas H.
• **Apoyo de Investigación**: M. Soledad Rojas C. y Sergio Valdés A.
• **Producción**: Bernardita Valenzuela S., Jorge Fuentes M. y Diego Sepúlveda P.
• **Apoyo Administrativo:** Alejandro Chandía, Miguel Edwards, Érica González M., Claudia Hinojosa, Nora Pérez, Macarena Sánchez, Ana Luisa Véliz y Alejandra Zúñiga.

cnic
Consejo Nacional de Innovación
para la Competitividad

AGRADECIMIENTOS

Este libro se hilvanó en red. Se fue produciendo a través de conversaciones abiertas e iniciativas tomadas en conjunto. Por eso el Consejo Nacional de Innovación para la Competitividad quiere agradecer a quienes –con su conocimiento, experiencia o comentarios– conformaron y enriquecieron ese diálogo.

Abordar la innovación como un fenómeno en movimiento no fue fácil, las fórmulas simples siempre están a la mano; tampoco lo fue lidiar contra la inercia de la planificación estratégica. En ese sentido agradecemos la disposición a dialogar y a cuestionar de Chauncy Bell, Carlos Cantero Ojeda, Hubert Dreyfus, Arnoldo Hax, Hernán Larraín Fernández, Humberto Maturana, Scot Vincent Rousse y Mario Valdivia.

Respecto de energía, una preocupación global y difícil de abordar, agradecemos los generosos aportes de Sebastián Bernstein, Bruno Philippi, Oddo Cid, Hunter Lovins, Ernest Moniz, Roberto Román, Hugh Rudnick, Raúl Sohr, Andrea Tokman y Jorge Quiroz. En relación con la Educación y la importancia de la comunicación y las redes, donde el debate de los últimos años ha tendido a la polarización, queremos manifestar nuestro reconocimiento a los valiosos aportes de José Joaquín Brunner, Dante Contreras, Cristóbal Florenzano, Miguel Nussbaum, Eugenio Severín y Juan José Ugarte. Asimismo, agradecemos las conversaciones que nos ayudaron a mirar el mundo científico desde varias perspectivas, particularmente las sostenidas con Jenny Blamey, Mario Hamuy, Mónica Rubio, Bárbara Saavedra y Gary Sanders.

Aunque resultaba extraño, a primera vista, que este Consejo se preocupase de la arquitectura normativa que sostiene nuestra sociedad, queremos reconocer la disposición y el tiempo que nos dedicaron Ramiro Mendoza, Sergio Muñoz Gajardo y María Eugenia Sandoval. Por último, la población mundial y la chilena están en medio de un fenómeno de envejecimiento y parecemos no darnos cuenta. Por ello, agradecemos a quienes llamaron la atención del Consejo sobre este importante tópico: Alexandre Kalache, Julieta Oddone y, especialmente, a Jorge Allende por haberlo liderado al interior del Consejo.

Finalmente, queremos agradecer a quienes colaboraron en distintas instancias e iniciativas que nos ayudaron, desde la experiencia, en este proceso. Nuestro reconocimiento para Patricia Araya, Roberto Araya, Marcelo Arenas, Rafael Ariztía, Dinah L. Arnett, Patricio Aroca, Paula Bedregal, Mateo Budinich, Óscar Castro, Luis Abdón Cifuentes, Andrés Couve, Rafael Epstein, Soledad Ferreiro, José Luis Flores, Miguel Herrera, Francisco Gallego, Rodrigo García, Raúl González, Paula Guerrero, Camilo Herrera, Sebastián Izquierdo, José Martínez, Carla Muchnick, Claudio Muñoz, René Prieto, Rafael Prohens, Claudio Ragni, Marynella Salvador, Miguel Sepúlveda, Marco Silva, Felipe Ortega, Andrés Valdivia y Francisco Valdivia.

cnic
Consejo Nacional de Innovación
para la Competitividad

cnic
Consejo Nacional de Innovación
para la Competitividad

CARTA DEL PRESIDENTE

Lo que el lector encontrará en estas páginas podríamos llamarlo *"la bitácora de un viaje"*, las notas rescatadas en la aventura de descubrir cómo se construyen orientaciones estratégicas para una política de innovación.

Si bien el mandato formal de este Consejo es proponer una estrategia, lo primero que hicimos al comenzar esta tarea fue disentir de ello. No por capricho o simple arbitrariedad, sino porque pensamos que las estrategias no son posibles en una era de cambio acelerado.

El camino que emprendimos era de aquellos donde los acontecimientos van provocando cambios de dirección, donde aparecen distintos caminantes, sorpresas, oportunidades y peligros. Un camino sin posibilidad de predicción, en el que había que inventar algo distinto a la planificación habitual. Al principio, como en toda aventura, no sabíamos bien con qué nos íbamos a encontrar, teníamos claro, eso sí, dónde no queríamos llegar y qué nos movía.

Sin duda en el trayecto fueron apareciendo algunos obstáculos. En primer lugar chocamos con una mirada acerca de la innovación basada en la tradicional fórmula "Ciencia + Tecnología + Creatividad = Innovación", que, en general, es un resumen de lo que se suele leer sobre innovación en el mundo, particularmente en el Silicon Valley.

Nosotros nos aventuramos por una senda distinta. En ella se nos reveló que no se hace innovación sin "surfear" el cambio histórico; que no se descubre lo nuevo sin que un sentido social comande, de algún modo, la búsqueda; y, sobre todo, que cualquier esfuerzo innovador es siempre un intento por hacer historia, por cambiar el curso de nuestras circunstancias. Porque cuando hablamos de hacer historia no nos referimos a grandes gestas heroicas, sino a participar en la co-creación del futuro, en un diálogo permanente con otros y

en conexión con sus intereses y preocupaciones. Significa también intentar cuidar nuestra identidad, cultivar nuestra especificidad y tradiciones, porque no se puede hacer innovación desde cero. Lo nuevo requiere también de una preocupación por la recepción y preservación de nuestra herencia histórica.

Imbuidos en ese sentido por la historicidad comenzamos a elaborar una incipiente fenomenología de la innovación, entendiendo que ello nos abría la posibilidad de comprender cómo surgen, cómo aparecen las realidades humanas en vez de tratarlas como objetos que ya están ahí con sus propiedades o atributos. Así, el fenómeno innovador se nos apareció como el juego de la emergencia –en su doble sentido de aparición y de urgencia– revelándonos una serie de conceptos hasta ahora ajenos a la innovación, entre otros, el fulgor, las conversaciones, las disrupciones y las anomalías.

De esta manera se nos fue haciendo cada vez más relevante el fenómeno de los estilos y de los tonos emocionales. Nos fuimos dando cuenta que el emprendimiento, la innovación, el diseño, requieren de predisposiciones emocionales fundamentales para la apertura de mundos: sensibilidad respecto de la época en que se vive, confianza en los otros, preocupación por los contextos, por los espacios y, sobre todo, fortaleza para enfrentar la aventura y capacidad anímica para establecer relaciones, porque el tejido de relaciones aquí se hace enormemente importante.

En esa dimensión, hemos visto que las conversaciones pragmáticas sin duda son importantes, pero que más relevantes aún son aquellas que nos permiten crear mundos. En Chile, nuestras empresas y nuestros líderes generan buenas conversaciones pragmáticas, pero no somos buenos para generar las condiciones para la apertura de nuevos horizontes. Y si queremos tener una mejor calidad de vida y un crecimiento basado en la creación de nuevas riquezas, si queremos ir más allá de la explotación de los recursos naturales, conjugando el trabajo intelectual con el trabajo científico y tecnológico, es necesario –no suficiente, pero sí fundamental– construir una Nueva Economía y para ello requerimos no sólo una mirada distinta, sino también la capacidad y el compromiso para mejorar nuestras conversaciones.

Así, pudimos concluir una orientación estratégica fundamental que nos involucra a todos: debemos hacer un esfuerzo urgente por cambiar nuestro estilo cultural, caracterizado por una mirada de corto plazo, que no sabe bien cómo crear confianza, que teme al riesgo y que, tal vez lo más importante, no rinde honor a nuestra tradición poética de conversar no para ganar un debate, sino para escucharnos, para dar espacio a la imaginación y para dejar que de esa interacción surjan nuevos mundos. Por eso invitamos a leer este libro no como una estrategia ni una metodología de la innovación, sino como una conversación sobre Chile.

Debemos reconocer, por último, que hay tópicos que hemos trabajado durante los últimos meses que han quedado como aprendizaje en el Consejo de Innovación, pero que no hemos alcanzado a presentar en esta edición. Entre ellos podemos mencionar las carreras profesionales y técnicas, la ingeniería y el diseño. Hay otras áreas, en tanto, que reconocemos como muy relevantes, pero que no pudimos desarrollar: entre ellas el derecho, la cultura entendida como las artes, la Astronomía y la identidad de Chile, y el futuro de la alimentación. Sabemos bien, eso sí, y eso nos tranquiliza, que este documento es sólo un punto de partida.

La innovación requiere abarcar más actividades, conocer más de sus prácticas y entender mejor sus dimensiones. Nuestro propósito es abrir nuevas conversaciones mostrando un nuevo estilo de comprensión del fenómeno innovador, pero aún queda mucho por caminar.

Fernando Flores Labra
Presidente
Consejo Nacional de Innovación
para la Competitividad

cnic
Consejo Nacional de Innovación
para la Competitividad

PRESENTACIÓN

El Consejo Nacional de Innovación para la Competitividad (CNIC) nació el año 2005 como un reflejo de una creciente preocupación sobre cómo podía el país desenvolverse exitosamente en un mundo que se transforma constantemente y de manera cada vez más acelerada al ritmo de la globalización y los impactos de la ciencia y la tecnología.

Se avizoraba entonces que para encarar satisfactoriamente el futuro y alcanzar un mayor desarrollo no era suficiente el mercado, ni bastaba una economía abierta al mundo, con un Estado abocado sólo a un rol regulador. Creció, en ese contexto, la convicción de que era necesario hacer algo diferente para cambiar la orientación productiva del país y la innovación emergió como una promesa de mayor competitividad, crecimiento y calidad de vida para los chilenos.

Transcurridos ocho años podemos reconocer importantes avances en ese camino. Por un lado, renovadas políticas públicas que buscan estimular la investigación científica, el desarrollo tecnológico, la acción empresarial y la formación de capital humano. Y junto con ello, un mayor compromiso presupuestario del Estado y los esbozos de una renovada institucionalidad para llevar adelante todo este esfuerzo.

Persiste, sin embargo, una sensación de incomodidad, porque, a pesar de los logros, dejar atrás un sistema productivo excesivamente apegado a la explotación de recursos naturales representa una gran dificultad. Y nos damos cuenta de que, junto con seguir avanzando en varias políticas ya definidas, es necesario dar un nuevo salto. Para ello requerimos ya no de un consenso respecto de aquello que debemos mirar, sino de un alineamiento conceptual del tipo de mirada.

***

Como punto de partida para la elaboración de este reporte hemos podido recoger las preocupaciones y frustraciones que compartimos con quienes nos han antecedido en el

Consejo de Innovación. Al mismo tiempo, nos hemos dado cuenta que el contexto para nuestra tarea ha cambiado radicalmente en menos de una década.

Desde el comienzo de nuestro trabajo intuimos que la aproximación clásica de la planificación estratégica ya no era posible. Porque planificar supone darse metas, objetivos y un programa lineal y coherente que las alcance. En cambio, darse a la tarea de innovar como país es más bien un proceso de búsqueda.

Con esta convicción hemos planteado nuestro trabajo en estos años y por ello lo que presentamos en este documento son Orientaciones Estratégicas para la Innovación en Chile. Con ellas, buscamos hacernos cargo del porvenir avizorando zonas de cuidado y de oportunidades que nos permitan configurar un marco para tomar acción en el presente. Lo hacemos desde Chile, pensando en nuestro país, pero sin nunca olvidar, eso sí, que estamos inmersos en un mundo globalizado; y lo hacemos también en un horizonte más amplio, pensando no sólo en aquello que nos preocupa hoy, sino, sobre todo, en las futuras generaciones.

Nuestra mirada toma en cuenta las tendencias de futuro que se están insinuando en el mundo, pues son ellas las que más temprano que tarde suelen imponerse en todos lados como verdaderas avalanchas. Pero no intentamos aquí predecir el futuro. Nadie puede hacerlo. Lo que buscamos, más bien, es generar un relato de cómo el futuro se está configurando y cómo podríamos aprovechar las posibles oportunidades y sortear las amenazas que ello nos pueda deparar. Especial atención hemos puesto en las dinámicas que pueden transformar radicalmente nuestra vida en el planeta: desde la intensificación de la globalización hasta el aumento demográfico y nuestra creciente demanda de servicios y mayor productividad, pasando por el calentamiento global y las implicancias que nos pueda traer la nueva biología respecto de nuestra concepción de la vida y las prácticas en el campo de la salud y otros.

***

Desde el comienzo de este trabajo, además, hemos tenido presente que, a pesar de todos los esfuerzos desplegados, la innovación sigue ausente de los grandes debates de futuro del país y que, para muchos chilenos, todavía aparece como un discurso lejano de una élite política y económica y no como una respuesta a sus preocupaciones más urgentes. Una de las aspiraciones del trabajo resumido en este documento es, justamente, hacernos cargo de esa indiferencia.

Para ello, hemos querido, en primer lugar, profundizar nuestra comprensión sobre el fenómeno de la innovación, yendo desde lo humano a lo social, y pasando, por cierto, por lo científico-tecnológico y lo económico-empresarial. En esta perspectiva, la innovación se nos ha mostrado como un fenómeno de emergencia histórica, vinculado a las preocupaciones humanas de un tiempo determinado e inseparable de un mundo complejo, globalizado y en permanente cambio.

La comprensión que proponemos en este texto no pretende ser una metodología para la innovación, porque si hay algo que nos ha quedado claro es que ésta no puede ser

reducida a ningún algoritmo. Lo que sí ofrece es un marco, una forma de aproximación a partir de la cual se pueden desprender pasos a seguir en la práctica, nuevas lógicas de política pública que el país requiere desarrollar y nuevos caminos de acción para actores públicos y privados.

Finalmente, debemos hacer presente que esta reflexión no puede sino entenderse como un ejercicio dinámico y abierto que tiene y tendrá que realizarse permanentemente entre distintos actores de nuestro país. En este documento ofrecemos una primera expresión de este ejercicio a modo de ejemplos más concretos para Chile en tres campos fundamentales: energía, educación y nueva biología. El objetivo en cada uno de ellos no es, como ya hemos dicho, predecir el futuro, sino abrir conversaciones sobre el futuro que nos permitan tomar decisiones y acciones en el presente.

cnic
Consejo Nacional de Innovación
para la Competitividad

PRIMERA PARTE

UN MARCO COMPRENSIVO PARA LA INNOVACIÓN

La primera parte de este libro responde a una de las convicciones con que partimos esta aventura: la necesidad de volver a preguntarnos qué es y en qué consiste la innovación para encontrar allí algunas luces que nos permitieran dar el salto que nos falta.

Preferimos partir por reconocernos, en cierto sentido, ignorantes. Nos preguntamos por qué estamos preocupados hoy de la innovación, cómo ocurre y cómo pasa a formar parte de nuestra vida cotidiana. ¿Qué y quiénes interactúan para que así suceda? ¿Sólo las ciencias, las tecnologías? ¿Qué lugar tiene la creatividad? Junto con esas preguntas fueron apareciendo otras: ¿cuáles son las condiciones que posibilitan que pueda emerger lo nuevo? ¿Cuánto influye la cultura, la historia o las actitudes que caracterizan a las distintas personas, grupos y países? ¿Existen lugares que son más propicios para que surjan innovaciones?

Estos cuestionamientos suscitaron conversaciones y reflexiones de las cuales resultó la redacción de los capítulos de esta primera parte. Ellos nos ofrecen una cierta cartografía para movernos en este mundo que, como veremos, es de acelerado cambio. Nos ofrecen un marco comprensivo orientador para conversar y poder pensar la innovación y el país, y para tomar acciones y decisiones que nos ayuden a configurar mejor nuestro futuro.

cnic
Consejo Nacional de Innovación
para la Competitividad

"[In America] events can move from
the impossible to the inevitable
without ever stopping at the probable."

Alexis de Tocqueville

"Porque la realidad no es lo fáctico ni se reduce a lo que es
actualmente posible, también pertenecen a la realidad
sus posibilidades y sus imposibilidades, su indeterminación y apertura.
La realidad de la vida humana y de las sociedades es
una mezcla de posibilidades e imposibilidades que están en parte
abiertas y en parte cerradas a la acción"

Daniel Innerarity

cnic
Consejo Nacional de Innovación
para la Competitividad

CAPÍTULO 1
UNA ERA DE CAMBIOS ACELERADOS

"Downside up, upside down
Take my weight from the ground
Falling deep in the sky
Slipping into the unknown.
All the strangers look like family
All the family looks so strange
The only constant I am sure of
Is this accelerating rate of change."

Peter Gabriel ("Downside up")

El mundo atraviesa una era de sucesos inauditos. Vivimos uno de esos momentos de transición en los que vemos nacer nuevas aspiraciones humanas, nuevas maneras de vivir, nuevos roles y relaciones, nuevas formas productivas, nuevas formas de poder. Es, sin duda, una era en la que algunas de nuestras creencias o supuestos más fundamentales empiezan a tambalear y nuestra imagen del futuro se tiñe de incertidumbre, pero es también un tiempo en el que se abren nuevas oportunidades y se expanden los horizontes de lo posible.

Distintas fuerzas chocando unas con otras, y muchas veces potenciándose entre sí, han ido generando esta marea de cambios acelerados que nos producen asombro e inquietud.

La ciencia y el uso de nuevas tecnologías están provocando una revolución de la vida humana nunca antes vista en la historia. Los cambios en el transporte, las comunicaciones, la medicina, las finanzas y la manufactura a lo largo de las últimas décadas, y a un ritmo cada vez más acelerado, han estimulado un proceso de reorganización del comercio y la industria que no sólo se traduce en nuevas formas de producción, sino también en el surgimiento o

desaparición de empleos, compañías y hasta industrias completas. La sola irrupción de las llamadas impresoras 3D promete cambios profundos en las manufacturas, en el diseño y en la relación de los diseñadores con los clientes finales, por mencionar sólo un ejemplo muy actual.

En el último cuarto de siglo, uno de los motores fundamentales del cambio ha sido, sin duda, la revolución digital que, al ritmo acelerado que describe la Ley de Moore[1], "reduce" las distancias, "elimina" fronteras, "suprime" el tiempo e "impulsa" cambios en todas las dimensiones de nuestra vida: el trabajo, la entretención, la producción cultural, las comunicaciones personales y masivas e incluso la participación política. Todo ha sido transformado de manera sorprendente.

Basta observar a las nuevas generaciones para darnos cuenta de que la nueva infraestructura digital, más que tecnología, constituye un soporte para otra manera de habitar en el mundo. Ciertamente, para ellas "la Internet" no es un mero set de herramientas informáticas o de comunicación, sino una red de ambientes sociales –de mundos– en los cuales una parte significativa de su vida se despliega junto a otros. Y es evidente que los iniciadores de la revolución de la red no sabían que esto ocurriría. Tampoco lo sospecharon quienes estuvieron involucrados en la invención del *browser*, que fue el que abrió definitivamente este camino que hoy se expande y se transforma en "la nube" y en las redes sociales.

En Chile, en apenas una década hemos sido testigos de grandes transformaciones en este sentido. Sólo en la breve historia de este Consejo, nacido en 2005, hemos visto mutar de manera profunda la industria editorial –que hoy juega ya buena parte de sus ventas en los *e-books*–, los medios de comunicación escritos y audiovisuales –que no se entienden hoy fuera de Internet– y el negocio de los computadores personales –que ha debido dar paso a las *tablets* y los teléfonos inteligentes–; pero también la fotografía, la música y muchas más. Es más, deben ser pocos los que recuerdan hoy las declaraciones de impuestos hechas en formularios de papel o los que acuden a una oficina de correos a enviar una carta.

Pero la revolución va mucho más allá, porque el devenir de la biotecnología, la nanotecnología y la medicina, cada vez con límites menos claros entre unas y otras, comenzará a alterar nuestras vidas y el mundo que habitamos.

Crear vida sintética es una empresa que hoy se abre camino con grandes ambiciones, suscitando también grandes temores. En paralelo, la medicina personalizada se está convirtiendo en una realidad en la medida que día a día caen los costos para contar con toda la información genética de una persona. Y este cambio no sólo afectará la relación entre médicos y pacientes, sino que impactará en la industria farmacéutica e incluso en las prestaciones y exigencias de los seguros de salud o los servicios públicos.

Junto con el cambio tecnológico, el poder de la red y la globalización están cambiando también los mapas productivo, financiero y geopolítico del planeta. Nuevos poderes emergen y los tradicionales parecen perder fuerza. Las nuevas potencias asiáticas de

[1] La denominada "Ley de Moore" es una observación hecha por Gordon Moore respecto de la cantidad de transistores que pueden ser instalados en un circuito integrado, factor determinante de la capacidad de los dispositivos electrónicos que utilizan circuitos. Originalmente, Moore describió en 1965 que el número de componentes por circuito integrado se había duplicado anualmente desde

China e India –a las que se suman algunos países de América Latina– rivalizan cada vez más seriamente con el núcleo tradicional de Occidente.

La crisis financiera iniciada en 2008, que afectó fuertemente a Estados Unidos y sigue golpeando a Europa, ha sido el escenario propicio para ello, pero ha desatado también una sensación de descontento y desconfianza respecto de las instituciones y formas de gobierno, así como de la política y los grandes poderes económicos. Y en este panorama de última crisis de la modernidad surgen nuevos micropoderes: pequeñas empresas, agrupaciones locales u organizaciones de ciudadanos –todos ellos con expandidas conexiones y movilidad gracias a las tecnologías digitales– que desafían hoy a los estados y las grandes empresas, recelan del juicio técnico de los expertos y piden mayor participación en las decisiones políticas.

Este fenómeno de fluidización del poder recién comienza, pero basta una mirada somera a los noticieros para verificar que se acelera día a día y acumula *momentum*. Se trata de un desafío de gobernabilidad que ciertamente requiere una mirada innovadora. Y Chile, lo hemos visto, no está ajeno a él.

Por último, debemos reconocer que nos enfrentamos hoy con un fenómeno global que parece sobrepasar todos nuestros límites y que se presenta como la suma de los efectos impensados de siglos de historia humana: Estamos ante una ecología planetaria en peligro y tenemos la responsabilidad ineludible de redefinir la manera de vivir en nuestro planeta.

***

No hemos intentado aquí una descripción cabal del mundo que vivimos hoy ni mucho menos. Sería una pretensión ingenua, además, querer hacerlo en un espacio tan breve. Lo que hemos querido hace notar sí, es que cualquier intento por sugerir políticas de innovación no puede estar ciego a este escenario histórico de cambios acelerados y que cualquier mirada estratégica que queramos instalar no puede partir sino intentando comprender, o al menos intuir, las dinámicas que están configurando el futuro.

Estamos seguros de que para ello es necesario, en primer término, definir horizontes amplios en los que se pueda visualizar mejor hacia dónde nos llevan esas tendencias y cómo podemos prepararnos y responder mejor a sus implicancias. Esto es lo que intentaremos hacer –de manera limitada, claro está– en este documento.

cnic
Consejo Nacional de Innovación
para la Competitividad

CAPÍTULO 2
LA NATURALEZA DE LA INNOVACIÓN

"The history of Medicine is replete with examples
of cures obtained years, decades and even centuries
before the mechanism of action was understood for these cures"

Sidney Farber (*)

Comúnmente nos parece que palabras como innovación, calidad, excelencia y otras describen cualidades, realidades del mundo. Sin embargo, al analizarlas con más detención nos damos cuenta de que tienen su origen en juicios de valor. La calidad refiere a algo sin defecto, la excelencia a aquello que se ha hecho extraordinariamente bien y la innovación a lo nuevo que emerge y que reconocemos como valioso.

¿Pero por qué hablamos hoy de innovación y no lo hacíamos antes, si lo nuevo y valioso siempre ha emergido a lo largo de nuestra historia? Probablemente porque en la era de cambio acelerado que vivimos nuestras normas, productos, convenciones y organizaciones son desplazadas o requieren ser remozadas a un ritmo jamás visto. El mundo en el que vivimos hoy nos impulsa permanentemente a buscar lo nuevo y la innovación, entonces, se ha transformado en la forma en que instituciones, comunidades o empresas responden a las transformaciones.

En muchas de las conversaciones en las que nos vemos envueltos cotidianamente se tiende a homologar la innovación con el uso ingenioso de la ciencia y la tecnología, como si la ecuación de la innovación fuera Ciencia + Tecnología + Creatividad. Sin embargo, la fórmula tambalea a poco andar. En primer lugar, porque sabemos que muchas innovaciones

(*) Citado en The War on Cancer, G B. Faguet. (2009)

surgieron como prácticas antes de que la ciencia las explicara (la elaboración de la cerveza o la máquina a vapor, son sólo dos ejemplos) y que no toda la investigación científica deviene de manera lineal en innovaciones. Y en segundo término, porque vemos que nos resulta imposible someter la creatividad a un método o un procedimiento; y más aun, que cuando nos vemos tentados a ponerla en el centro del fenómeno innovador, hay algo que comenzamos a perder de vista.

Cuando pensamos en las innovaciones como productos, naturalmente asumimos que existe un instante preciso para ellas, que tienen que surgir "a tiempo" para no dejar que la "ventana de oportunidad" se desvanezca. Sin embargo, hay otro tiempo más importante aún: el tiempo histórico, el momento y el espacio históricos en el que las innovaciones ocurren. Porque lo nuevo sólo puede surgir a partir de un mundo que ya existe, y sólo cuando contamos con la capacidad de producirlo y los contextos sociales de demanda son los adecuados.

1. LA EMERGENCIA DE NUEVOS MUNDOS

Pensamos que el surgimiento de lo nuevo como un fenómeno eminentemente histórico es fundamental para entender mejor la innovación. El diálogo que presentamos a continuación –que recrea la conversación entre un profesor y un estudiante– nos puede ayudar a capturar mejor esta noción.

> *– ¿Sabías tú que uno de los descubrimientos fundamentales para la medicina moderna tiene su origen en los problemas de un productor francés de alcohol de mediados del siglo XIX?*
>
> – ¿Cómo?
>
> *– Un fabricante de alcohol de Lille enfrentaba una seria desgracia: a menudo su producción se agriaba de manera inexplicable, amenazando con llevarlo a la ruina. Angustiado, recurrió a un profesor de la universidad local llamado Louis Pasteur, quien visitó las instalaciones y observó cuidadosamente las cubas donde se procesaba el caldo de remolacha. En algunas percibió el aroma normal de la fermentación, pero en otras notó un fuerte olor a leche agria, acompañado de una fina capa de "suciedad" que recubría la superficie. Lo extraño era que en el lugar no había siquiera una pizca de leche. Intrigado, decidió llevar muestras a su laboratorio.*
>
> – ¿Y qué sabía Pasteur sobre producir alcohol?
>
> *– En realidad, nada específico. Había estudiado química en la Escuela Normal Superior de París y tenía a su disposición un laboratorio equipado para el estudio de cristales. El hecho es que tuvo la ocurrencia de poner al microscopio las muestras líquidas y encontró en las que eran agrias, además de las células de levadura que acompañan a la fermentación, unos animalillos microscópicos alargados que le eran desconocidos y que lo sorprendieron.*
>
> – ¡Qué genialidad!

– Más que una genialidad, lo que hizo fue seguir las pautas de trabajo propias de su laboratorio y sus prácticas de químico.

– Pero si usaba habitualmente el microscopio, sabía que iba a encontrar microorganismos.

– En ese tiempo ni siquiera se les tenía un nombre. Habían sido descubiertos hacía doscientos años por el inventor del microscopio, sin embargo, nadie sabía bien qué hacer con ellos. Por eso, lo notable fue que Pasteur sospechara que estos bichos pudieran ser los que producían ese olor a leche agria. ¡Que fueran agentes químicos! Fue un verdadero fulgor que abrió un nuevo horizonte de posibilidades ante sus ojos.

– Lo que más me llama la atención es que durante 200 años, existiendo ya el microscopio, nadie hubiera tomado en serio a los microorganismos.

– Efectivamente llama la atención, aunque no tanto si recordamos que la química había dado sus primeros pasos recién a fines del siglo XVIII con Lavoisier. Nadie había propuesto hasta entonces que unos seres microscópicos pudieran producir efectos químicos. Esa interpretación de Pasteur sólo podía darse en ese nuevo mundo emergente de las ciencias –con profesores, laboratorios equipados con microscopios, con un nuevo método para indagar los fenómenos naturales– y en medio de las preocupaciones propias de mediados del siglo XIX.

– ¡Estaba cambiando el mundo!

– E iba a cambiar muchísimo más. Porque puesto a verificar su hipótesis, Pasteur pudo comprobar, mediante experimentos todavía elementales, que estaba en lo cierto: los pequeños bichos –que ya comenzaban a recibir el nombre de bacterias– se alimentaban de algún componente del jugo de remolacha y producían ácido láctico, que era el que alteraba el sabor del alcohol. Las noticias se expandieron por la comunidad de científicos europeos y el fulgor de nuevos horizontes se expandió con velocidad.

– ¿A eso se refería con que esta historia tenía que ver con la medicina?

– Claro. Porque al cabo de muy pocos años, y no pocas discusiones, esos organismos pasaron de ser simples curiosidades a convertirse en agentes químicos. Y eso dio paso, luego, a que pudieran ser considerados agentes infecciosos. Piensa que en ese tiempo no se hablaba siquiera de infecciones, sino de pestes y plagas que se transmitían de 'alguna manera', nadie sabía cómo. Eso no quiere decir que las personas fueran descuidadas o completamente inconscientes. De hecho, existían normas higiénicas y prácticas, como la cuarentena, que salvaban vidas, pero de manera limitada y contingente. Y había un movimiento muy importante en esos años, los llamados higienistas, que rescataban antiguas tradiciones de aseo y limpieza y promovían nuevas prácticas… Incluso hubo quienes, antes de Pasteur, habían pensado que quizás esos bichos podían tener 'algo que ver' con las enfermedades, pero el pensamiento dominante era que eran simples rarezas y que surgían espontáneamente en la podredumbre.

– En medio de esas certezas dominantes debe haber sido muy difícil creerle a Pasteur.

– *No te quepa duda. Hubo científicos que criticaban duramente las primeras pruebas de Pasteur con el alcohol de remolacha. Recuerda que él tenía un laboratorio equipado para trabajar con cristales, no con microorganismos. Así que tuvo que inventar nuevos instrumentos y técnicas de laboratorio para "domesticarlos" antes de avanzar más allá.*

– Estaba dando inicio, entonces, a lo que hoy conocemos como microbiología.

– *Claro. Aunque ese nombre llegó mucho después. Lo que sí ocurrió en ese momento fue que las noticias de lo que Pasteur estaba consiguiendo se extendieron entre sus colaboradores y en el mundo científico de la época. Tras años de trabajo en su laboratorio, consiguió desentrañar el origen bacteriano de una enfermedad del gusano de seda que amenazaba con destruir esa importante industria francesa. En seguida, enunció formalmente la teoría microbiana de las enfermedades infecciosas –esas que antes se llamaban pestes–, abocándose al estudio de algunas que afectaban a los pollos y al ganado y explorando el desarrollo de las vacunas, que le valieron uno de sus primeros grandes triunfos frente a quienes atacaban sus ideas. De hecho, la victoria que cimentó finalmente su fama fue la prueba en un niño francés y en unos soldados rusos de una vacuna contra una enfermedad terrible, la rabia.*

– Recuerdo la historia de que muchos médicos se opusieron y que el público que oía las discusiones entre los expertos de entonces demoró un buen tiempo en confiar en estas nuevas técnicas que parecían tan riesgosas. Después de todo, las vacunas consisten en inocularse una pequeña infección con la promesa de preparar el organismo para rechazar una grande.

– *Es cierto. Tomó un buen tiempo en que se adoptaran de manera general las nuevas prácticas de salud y en que se afianzaran al menos los rudimentos de una nueva comprensión de las infecciones. Pero finalmente la vacuna se convirtió en una 'necesidad' para todos, al igual que ocurrió años más tarde con los antibióticos. Y hay que ver cómo cambiaron también los hábitos de higiene, no sólo en los hospitales, sino en la vida cotidiana. Lavarse las manos tuvo un sentido completamente distinto, y lo mismo ocurrió con acciones tan simples (según lo vemos hoy) como hervir el agua o cubrirse la boca al estornudar...*

– Es impresionante ver cómo todo se transformó completamente a partir de eso que usted ha llamado el fulgor que partió con Pasteur.

– *Es verdad. Lo que pasa es que comúnmente olvidamos que aquello con lo que ahora contamos no siempre ha sido así.*

– Una última pregunta. ¿Cómo se resolvió el problema del productor de alcohol que solicitó la ayuda de Pasteur?

– *Simplemente lavando cuidadosamente las cubas entre cada fermentación y cubriéndolas luego, para evitar que se formaran colonias de microorganismos dañinos.*

Esta breve conversación nos ha permitido ilustrar que aquello que llamamos innovación es, antes que todo, la emergencia histórica de nuevas prácticas que modifican o desplazan a otras ya existentes y que se encarnan en artefactos o en maneras de relacionarnos u organizarnos. Junto con ello, hemos visto que este fenómeno involucra a personas que viven en un momento histórico determinado (con maneras de comprender propias de su tiempo, además de prácticas y equipamientos a la mano, como la química y el microscopio), que forman parte de un *ethos* cultural singular (con maneras de ser, de actuar, de relacionarse)[2] y que tienen la intención de hacerse cargo de alguna preocupación personal o colectiva. Por ello, afirmamos que antes que la demostración del genio de un individuo, lo que este diálogo nos muestra de Pasteur es su capacidad receptiva de una historia que se estaba haciendo y de las prácticas y preocupaciones que estaban teniendo lugar en su tiempo.

Aunque para quienes lo vivieron era imposible apreciarlo con claridad, hoy vemos cómo a partir de lo que hemos llamado un fulgor que cambió la conversación de su época comenzaron a emerger nuevos espacios de posibilidades, con nuevas explicaciones y nuevas tecnologías, como si en una pieza teatral de pronto cambiara la iluminación haciendo mutar el escenario y la escena.

No se trató, por cierto, de un efecto inmediato: lo nuevo tenía que abrirse camino. Así, para aislar, cultivar y clasificar a los microorganismos, para profundizar en sus observaciones y responder a sus conjeturas, Pasteur requirió de ingeniosos experimentos y de nuevos instrumentos y técnicas de laboratorio. Solo así pudo mostrar primero que aquellos que alguna vez fueron simples "bichos" eran agentes químicos; y a partir de allí, abrir camino a la interpretación de que podían ser también los causantes de muchas enfermedades.

Y en la tarea de "tratar" con los microorganismos –de capturar y encauzar un fenómeno de la naturaleza– comenzaron a surgir nuevas tecnologías, aquellas que, como ya dijimos, eran necesarias para el trabajo en el laboratorio. En un comienzo eran desarrolladas por el propio Pasteur, pero con el tiempo se daría paso a fabricantes especializados que proveían a los laboratorios y a la vez preparaban el terreno para el surgimiento de nuevas tecnologías más confiables y nuevas industrias basadas en ellas.

Recordemos además, que Pasteur no estaba solo en ese nuevo espacio interpretativo y experimental que se expandía rápidamente. El médico escocés Joseph Lister, por ejemplo, investigaba las infecciones intrahospitalarias y desarrolló varias prácticas de asepsia que disminuyeron la gran mortandad en las cirugías de la época. El alemán Robert Koch, en tanto, descubrió el bacilo causante de la tuberculosis (uno de los flagelos más mortíferos hasta ese momento) y elaboró una vacuna para hacerle frente. Y cuando hablamos de vacunas comenzamos lentamente a salir del laboratorio experimental y empezamos a adentrarnos en la fabricación de productos que, si bien se relacionan con el fulgor inicial, no son el resultado directo del mismo.

[2] En la Francia de mediados del siglo XIX convivían la naciente química con Julio Verne; avances técnicos –como canales, ferrocarriles, energía del vapor– con discusiones sobre el origen de las enfermedades; las muertes en los hospitales o el origen de las especies de Darwin. Era la Europa donde el microscopio, inventado más de 200 años antes, dejaba definitivamente de ser un aparato para observar rarezas y se transformaba en un instrumento de laboratorio fundamental para la ciencia.

Introducirse en este nuevo mundo industrial de productos masivos suponía, en primer término, producir las vacunas y trabajar con ellas: diseñarlas cuidadosamente, descubriendo primero cómo hacer los preparados de bacterias desactivadas para cada caso, y aprendiendo luego a aplicarlas (midiendo dosis, determinando períodos y controlando sus efectos en la salud animal o humana). Pero requería, además, enfrentar creencias, prejuicios, costumbres y normas sociales (principalmente tácitas) hasta conseguir que lo novedoso y marginal se convirtiera en lo cotidiano y dominante.

Por ello –desde nuestra preocupación por la innovación– nos interesa comprender no sólo el surgimiento de lo nuevo, sino el desplazamiento o la transformación de lo que ya existe. Preguntarnos nuevamente cómo surgen o desaparecen las tecnologías o las prácticas humanas, cómo la ciencia y sus aplicaciones van cambiando el mundo en que vivimos y nuestra forma de habitarlo, cómo se crean o desintegran industrias y a veces sectores completos, o cuánto influyen en el éxito o fracaso de un proyecto aspectos como la cultura, el capital social, las tradiciones y la riqueza de mundos de quienes los llevan adelante.

2. LA INNOVACIÓN EN SEIS HORIZONTES

Al mirar el carácter histórico de estos procesos de cambio podemos reconocer **seis horizontes temporales** relevantes que están constantemente operando y cruzándose en nuestra realidad y que nos ayudarán a mejorar nuestra comprensión de la innovación. Porque, lo que para unos es el resultado de años de estudio y trabajo, para otros puede ser el comienzo del camino en ámbitos completamente diferentes.

El mundo de la alta tecnología suele ser muy agitado y es un buen ejemplo para ilustrar cómo esta distinción de horizontes (que en ningún caso se deben tomar como un modelo explicativo lineal de la innovación) puede ser útil para nuestra tarea. Constantemente están naciendo en él nuevas ofertas a la par que mueren productos e incluso compañías. No son pocas las historias de grandes empresas que han sufrido o desaparecido porque no supieron reinventarse o porque una nueva tecnología que no lograron anticipar las desplazó del mercado.

El horizonte del día a día (Horizonte 1), del presente más cotidiano, es el horizonte de los productos maduros que ya tienen su lugar en el mercado, que generan flujos de caja y ganancias, y por ello las preocupaciones de la mayoría de los ejecutivos y empleados de la empresa tienden a quedar confinadas a la maximización de los retornos económicos. Y no dejan de tener razón, porque 'el fin de mes', el *balanced scorecard* y los bonos están asociados a ese horizonte. Frente a ello, las tareas de pensar en **nuevos productos** (**Horizonte 3**) y abrir mercado para **nuevas ofertas** (**Horizonte 2**) pareciera que sólo quitan tiempo y dinero y van quedando relegadas a los últimos lugares de la lista de prioridades… hasta que es demasiado tarde.

Hemos hablado aquí de tres horizontes que resultan fundamentales para entender el fenómeno de la emergencia y muerte de las tecnologías. Pero antes de hablar un poco más de ellos quizás sea necesario volver al **horizonte del fulgor** (**Horizonte 6**), porque es en ese tipo de conversaciones –como la que se abrió con Pasteur– donde está ocurriendo el futuro y

donde se empiezan a acumular el conocimiento y las prácticas que darán paso después a nuevas tecnologías.

Cuando hablamos hoy de una de las herramientas clave de la Biotecnología, la reacción en cadena de la polimerasa (PCR, por sus siglas en inglés), somos, en general, ciegos a su historicidad. Debemos rastrear hasta 1953 en busca del fulgor que abrió el espacio para esta nueva tecnología, cuando James D. Watson y Francis Crick –inspirados las fotos tomadas por Rosalynd Franklin– publicaron su famoso *paper* sobre la estructura del ADN. Debieron pasar muchos años más, dedicados a revelar efectos y domar fenómenos, hasta que se describiera la reacción de la PCR… y todavía más años hasta que Kary Mullins transformara aquella técnica de laboratorio en la pieza central de una industria nueva basada en la capacidad de manejar y manipular la genética de los seres vivos al punto de tener hoy el poder de comenzar a diseñar la vida[3].

Este nivel, el de la **ciencia base** que denominaremos el **Horizonte 5**, se caracteriza por requerir mucho financiamiento y continuidad, tanto para contar con las instituciones que alberguen a los investigadores como para construir los instrumentos requeridos. En algunas disciplinas el costo de los instrumentos llega a ser tal que deben ser financiados por varios países, como es el caso de los telescopios de cerro Paranal, el Gran Colisionador de Hadrones (LHC, por sus siglas en inglés) y la Estación Espacial Internacional.

Los progresos en la ciencia base dan cabida al **Horizonte 4** de la **búsqueda de aplicaciones** más concretas para aquellos principios descubiertos en la investigación, pero sin objetivos prácticos definidos aún. Como ejemplo, el año 2005 Steve Jobs requería un material transparente y de alta resistencia para un nuevo producto que estaba desarrollando: el iPhone. Para ello contactó a Wendel Weeks, CEO de Corningware, quien le indicó que había un producto, inventado por ellos en los años 60 pero que ya no lo fabricaban y que satisfacía sus requerimientos[4]. Jobs convenció a Weeks de destinar una fábrica exclusivamente a producir Gorilla Glass y el resto es historia: hoy existen más de mil millones de dispositivos que utilizan este material. Otros buenos ejemplos vienen de Xerox, quien en su división de desarrollo en Palo Alto inventó la interfaz de usuario gráfica y el mouse que fueron popularizadas por Apple y Microsoft. También surgió Adobe y varios desarrollos asociados a la infraestructura de internet.

En el **Horizonte 3** aparecen en acción el interés empresarial, los mercados y los clientes. Para éstos últimos, se empiezan a desarrollar prototipos y soluciones especialmente diseñadas. Estas soluciones se promueven en función de sus posibilidades de crecimiento y se sopesan como opciones relevantes para los resultados de la organización en un período de tres a seis años. Dentro de las empresas, lo que se haga en este horizonte depende de los

[3] La reacción en cadena de la polimerasa es una técnica para hacer múltiples copias de un segmento de ADN rápidamente, permitiendo a los investigadores obtener los insumos para sus experimentos en las cantidades necesarias. Paul Rabinow en su libro "*Making PCR: A Story of Biotechnology"* hace un recuento "etnográfico" de la invención de esta técnica esencial para el enorme desarrollo de la biotecnología.

[4] De acuerdo al relato de Walter Isaacson en su libro sobre Steve Jobs, Weeks explicó a Jobs que Corningware no había encontrado mercado para este tipo de material por lo que había detenido su producción, hasta que Jobs, a pesar de las aprensiones de Weeks, logró que Corningware creara el Gorilla Glass y lo produjera en las enormes cantidades requeridas por Apple, en menos de seis meses.

recursos asignados a investigación y desarrollo. Un ejemplo de la relevancia de actuar en este horizonte se ve en la industria del *shale gas* o gas de esquisto. En 1991, Mitchell Energy realizó la primera perforación horizontal para extraer *shale gas* y recién en 1998 desarrolló la tecnología para que fuera económicamente viable. Este año esta fuente de energía supera el 20% del total de gas natural producido en Estados Unidos.

El umbral crítico para los nuevos negocios es el **Horizonte 2**. Para el empresario o el emprendedor, es en este horizonte donde se cristalizan los avances y se desarrollan los productos y servicios que abren espacios definitivos en mercados no existentes. Buenos ejemplos pueden ser el iPhone o el Cirque du Soleil. En ocasiones, dichos productos y servicios producen cambios realmente disruptivos y gatillan transiciones de industrias completas. Es historia conocida que en el mundo de la fotografía, Polaroid y Kodak fueron los líderes indiscutidos durante el siglo XX. Pero ya hace algunos años que la química dejó de ser el fundamento de la fotografía y quienes dominan hoy son los del mundo digital.

***

Este breve recorrido nos muestra que podemos entender la evolución de las tecnologías y la emergencia de la innovación como una acumulación de horizontes y prácticas que ha ido avanzando a lo largo de la historia humana a la par que la complejidad de nuestras relaciones y organización social.

Creemos que los seis horizontes propuestos nos permiten comenzar a mirar y comprender la innovación desde una perspectiva menos atrapada en la creación de un producto o un servicio, y más atenta tanto a los procesos históricos de acumulación de prácticas como a los horizontes que conviven en el día a día, se superponen y se fertilizan de manera cruzada. Vemos que, tanto en el caso de las empresas como de los países, las preocupaciones no se pueden quedar sólo en el hoy o en lo que tenemos más cercano en el horizonte, sino que es necesario abrir espacios para el surgimiento de nuevas ofertas y para que aquellas que vayan probando su valor puedan convertirse finalmente en nuevas industrias, como ocurrió alguna vez en Chile con el salmón y la celulosa. Y para ello se requieren profundos cambios en las lógicas de asignación presupuestaria –que bien pueden aplicarse a las finanzas de una compañía como al manejo de un Estado– y en las métricas de evaluación de resultados para cada horizonte.

3. EMERGENCIA TECNOLÓGICA Y ECONOMÍA

Desde nuestra preocupación por la innovación hemos vuelto varias veces a la pregunta acerca de cómo surgen o desaparecen las tecnologías y las prácticas o a cómo la ciencia y sus aplicaciones van cambiando el mundo en que vivimos y nuestra forma de habitarlo. ¿Pero de qué hablamos cuando hablamos de tecnología?

Como punto de partida, proponemos tres distinciones que nos parecen muy relevantes y que iremos abordando en los subtítulos que siguen.

En primer lugar, podemos entender las tecnologías como artefactos, como herramientas que sirven a un propósito humano, y que, como tales, nos generan satisfacciones, nos entregan o mejoran capacidades, nos abren posibilidades, nos ayudan o reemplazan en el trabajo, etc. La historia de la evolución de artefactos y herramientas es fundamental en la hominización. No se podría entender al ser humano separado de las tecnologías que lo han conformado.

Podemos, en segundo término, hablar de sistemas tecnológicos para referirnos, por ejemplo, a la tecnología del transporte, la energía o las telecomunicaciones. Con ellos nos referimos a un conjunto de artefactos, pero también a una organización específica, reglamentos y sistemas legales que deben fluir armónicamente, porque estos sistemas encauzan la vida de las personas. Desde esta perspectiva, vemos a la tecnología como inseparable del sistema social.

Finalmente, podemos ver la tecnología como el complemento esencial del capital en la economía. Hablamos así de la era de la economía del petróleo, de la economía del automóvil, etc.

a. La tecnología como artefacto

Si miramos hacia el pasado, observaremos que los equipamientos, los artefactos, las maneras de hacer cosas van de la mano con la evolución del ser humano. La mayoría de los antropólogos está de acuerdo en que el manejo de las piedras (como armas o como herramientas para trabajar otras piedras y fabricar piezas más elaboradas) fue consustancial al surgimiento de la humanidad. Luego vendría el uso del fuego y más adelante el cazador que creó lanzas, flechas y otros equipamiento cada vez más sofisticados.

Decimos entonces que la herramienta ha sido fundamental para el ser humano. Pero qué es lo que se tiene o consigue cuando se tiene una herramienta. La herramienta nos da una utilidad y esa utilidad produce satisfacción a partir de un efecto (aquello que ocurre cuando se utiliza la herramienta). Entonces, una herramienta se distingue como tal cuando puede producir recurrentemente efectos para producir una satisfacción. Y esto opera desde el ejemplo de la piedra que nos permite romper la nuez para comerla hasta el teléfono que 'transporta' nuestra voz y nos permite conversar con quienes están lejos.

Dicho esto, podemos enunciar tres aspectos constitutivos de la tecnología como artefacto: propósito, componentes y recursividad.

Propósito: La tecnología está siempre enfocada en responder a una preocupación humana: querer mover algo, iluminarse en la noche, escribir, curar una herida; en definitiva, hacer posible aquello que no está naturalmente a la mano. La rueda posibilitó mover cosas que hasta ese momento eran difíciles o imposibles de arrastrar. El clavo y el martillo permitieron ensamblar madera y componer carpintería que previamente no era posible. La tecnología eléctrica, una planta hidráulica, hicieron posible producir electricidad a partir de los ríos y de las cascadas y llevarlo a otros lugares a través de líneas eléctricas.

Componentes: Nos referimos a las partes que conforman un aparato y que son históricamente heredados. Por eso podemos decir que toda nueva innovación va a depender de los componentes que ya existen. De alguna manera, como usuarios, somos ciegos a los componentes, nos basta con que existan. Por ejemplo, para nosotros un martillo parece

trivial, pero ha tenido una evolución complejísima: requirió herramientas para afirmar una piedra en un palo. Hoy lo asociamos con el clavo, pero éste apareció seguramente mucho tiempo después del primer martillo.

Escuchamos muchas veces decir que no existen todavía los componentes para una nueva tecnología: la podemos imaginar, pero no podemos producirla todavía, porque no disponemos de los componentes. En la Astronomía, por ejemplo, se están pensando hoy los instrumentos con los que se trabajará en 20 o 30 años más, y parte fundamental de ese diseño es precisamente definir los componentes. Y eso es también lo que hicieron alguna vez Julio Verne, Edgard Varèse o Leonardo Da Vinci, quienes proyectaron mundos distintos con componentes que todavía no existían pero que podían imaginar. Pero también puede suceder al revés, poniendo atención en la evolución de los componentes, podemos imaginar futuras olas de cambio y anticiparnos, como lo hacen hoy algunos de los visionarios más reconocidos en nuestros tiempos.

Recursividad: Cuando hablamos de los componentes, pareciera que nos referimos a piezas o partes simples (como la pieza de metal y el mango de madera de un martillo), pero la verdad es que hoy la mayoría de las veces estos componentes son, a su vez, tecnologías heredadas de generaciones anteriores. Por ejemplo, en la cadena de la electrónica, que surgió con los tubos de vacío, los transistores reemplazaron los tubos de vacío, y aquellos a su vez han sido desplazados por los microprocesadores, que son multitud de mini transistores y otros componentes impresos sobre silicio. Cada una de ellas es una tecnología en sí misma, pero pasan a ser meros componentes cuando tenemos frente a nosotros un televisor, un teléfono o un computador.

Esto que hemos llamado recursividad, en el sentido de que se utilizan artefactos ya construidos para ser componentes de futuras tecnologías, supone, a fin de cuentas, entender que la historia de la tecnología es una historia de encadenamiento de artefactos transformados en componentes de nuevas aplicaciones que no estaban en la mente del diseñador del primer artefacto. En otras palabras: una cadena tecnológica, lo que nos permite comenzar a ver cómo se produce la acumulación de riqueza en el tiempo, en la medida que los usuarios perciben satisfacciones nuevas, posibilidades nuevas, por las que hay disposición a pagar. Un ejemplo de ello ha sido el laptop, el que, entendido como la integración de una máquina de escribir, de un sistema de impresión, de una máquina de comunicación y de archivo, terminó desplazando a varios sistemas.

b. Los sistemas tecnológicos sociales

La tecnología como sistema social se nos aparece cuando vemos que la vida colectiva de los humanos, y particularmente de las ciudades, depende de una cantidad de ingenios tecnológicos y dominios que tienen que organizarse para poder funcionar.

En la práctica, el fenómeno de empaquetar componentes genera todo tipo de industrias o dominios industriales, porque junto a la recurrencia de un artefacto hay dominios que no son artefactos sino más bien regiones pragmáticas sociales de conocimiento. Eso es lo que llamamos las industrias y que surgen en algún momento. Por ejemplo, inicialmente la electrónica surgió como una variante menor en la industria

eléctrica, pero de pronto se mostró que era fundamental para producir un nuevo valor –el del control, el registro y el manejo de datos– y esto finalmente dio origen a los instrumentos de control, a los computadores y más tarde al mundo digital.

En ese proceso se van creando experticias, nacen roles y especialidades, se producen empleos y tenemos una nueva creación de bienestar que tiene un valor en el mercado. Pero no todo es miel sobre hojuelas, porque junto con todo ello surgen dificultades políticas y sociales nuevas. Por ejemplo, como apuntaremos en este documento, no hay problema geopolítico más grande hoy que el de la energía. Todo el sistema energético está en discusión, por el uso de territorios, por los problemas de la polución, e incluso por el uso del agua, que se convierte en otro bien tecnológico, etc.

Entonces, todo lo que inicialmente era, de alguna manera, simple, empieza a estar en el entramado social, a generar nuevas prácticas, nuevos servicios y expectativas, y nuevas tensiones o conflictos de distinto grado que requieren de acuerdos políticos. Hablar, por tanto, de sistemas tecnológicos nos muestra que la tecnología no es separable de las leyes, de las normas y del sistema político social y económico.

c. La tecnología como el complemento esencial del capital en la economía

El recorrido desde la tecnología como artefacto hasta los sistemas tecnológicos sociales nos permite abordar una última distinción que nos ayuda a responder a la pregunta sobre la naturaleza de la tecnología: esta es la distinción sobre la economía.

En los párrafos anteriores hemos adelantado algunas nociones, al ver cómo la tecnología produce riquezas y también disrupciones permanentes. En las ciencias económicas el ícono de estas observaciones es el economista Joseph Schumpeter, quien a comienzos del siglo XX, introdujo el concepto de cambio tecnológico como uno de los factores clave del desarrollo económico y difundió el término 'destrucción creativa' para mostrar cómo la aparición de nuevos productos (innovaciones) puede destruir viejas empresas y modelos de negocio.

Pero creemos que hay más que eso. La economía permanentemente va generando no sólo disrupciones, sino también mundos nuevos, oportunidades y posibilidades nuevas. Por ejemplo, la música digital puesta a disposición en la red, prácticamente destruyó las tiendas de discos y las oportunidades de los CD, pero abrió otras posibilidades para músicos no tan famosos que no eran imaginables, como la de editar y vender por su cuenta o promover su trabajo y generar más opciones de conciertos.

Entonces, podemos decir que, en cierto sentido, evolucionamos con los sistemas tecnológicos, aunque nada de esto ocurra linealmente. La linealidad es una ilusión que creamos, tal vez, con nuestra propia forma de representar el mundo y que sugiere que todo está orientado a un propósito. Pero los propósitos también emergen o desaparecen históricamente: emergen de las necesidades o las incomodidades de las personas o, en último término, de la imaginación, que permite que emerjan nuevas realidades. De hecho, cuando apareció el computador como una máquina de cálculo, casi nadie pensó que uno de sus usos iba a ser el de los juegos, y menos que iba a servir para hacer películas o que iba a desplazar

a la industria clásica de la fotografía. Nadie imaginaba tampoco computadores en chips y éstos transformados en *tablets* o teléfonos.

Podemos ver en la economía como este permanente surgir (y desaparecer) de mundos, y el error más grande en que caemos una y otra vez es el de pensar que tenemos conceptos estables que permiten entender la tecnología para siempre. La economía depende de la tecnología y de la cultura y las dos son distinciones humanas que tienen imprevistos y cambios, y por lo tanto, lo que tenemos que hacer ahora es empezar a pensar la economía en términos de innovación y viceversa, porque estamos en una sociedad en que la innovación y el cambio comienzan a ser una fuerza fundamental, permanente. Y esto porque hay destrucción y creación permanente y también hay cambio en las relaciones y en las formas de ser, en los roles, en las emociones y las aspiraciones.

***

Hay una cuarta distinción que no quisimos anunciar inicialmente y que es la **Tierra como sistema tecnológico**. Este es quizás un muy mal término de transición, porque toda noción que tengamos de sistema formado por componentes no es válida cuando hablamos de la Tierra, porque en ella debemos considerar no sólo los elementos y los demás seres vivos, sino también a nosotros, que dependemos y afectamos el sistema.

Por eso hoy los antropólogos y los geólogos han inventado un nuevo término: dicen que estamos viviendo la era del Antropoceno[5]. Quieren expresar con ello que lo humano se ha transformado en la principal fuerza geológica del planeta y que, por lo tanto, toda distinción entre la naturaleza y nosotros ya no es posible.

Cuando hablamos del calentamiento global, de la acidificación de los mares, del debilitamiento de la capa de ozono, etc., estamos hablando de efectos negativos que nosotros estamos produciendo. Y el desafío es que debemos aprender a vivir cuidando la Tierra.

Este es el gran reto tecnológico y es materia de fuertes debates, porque significa analizar la incidencia humana ya no sólo en espacios acotados, sino sistémicamente a nivel planetario. Y en esa dirección apuntan, por ejemplo, la geoingeniería, la genética y la biología sintética. Para algunos, todas estas acciones pueden ser grandes soluciones para muchos problemas (económicos, de salud, etc.) y, por tanto, resultan absolutamente necesarias. Para otros son el último gran error de la humanidad y son preludios de desastres.

Lo que está claro es que el cartesianismo, las nociones de tecnología con que hemos operado hasta ahora ya no son suficientes. Necesitamos otra manera de entender y esa es una tarea pendiente que va mas allá de este informe, pero que estimamos necesario reconocer.

[5] El término Antropoceno fue acuñado por Paul Crutzen y es una analogía que refiere a la palabra Holoceno, que es la denominación científica que recibe la era geológica actual (la última del período Cuaternario).

4. RIQUEZA DE MUNDOS PARA LA INNOVACIÓN

Como hemos dicho en el inicio de este documento, creemos que tener una mejor comprensión sobre el fenómeno de la innovación nos ayudará a entender mejor de qué aspectos debemos preocuparnos si queremos fortalecerla o fomentarla. En esa búsqueda, comprender la innovación como emergencia histórica de lo nuevo, como una acumulación histórica de horizontes y prácticas, nos lleva a mirar al menos tres dimensiones:

En primer lugar, y como ya hemos mencionado, la receptividad y la capacidad emprendedora de las personas, especialmente su sensibilidad para "escuchar" las preocupaciones de su tiempo. En segundo término, las redes de prácticas y equipamientos disponibles en los mundos en que nos desenvolvemos. Y por último, el *ethos* cultural –encarnado en las tradiciones, normas, estilos y maneras de comprender o paradigmas de comprensión que no estaban disponibles– que da forma a las relaciones e interacciones entre diversos actores de la sociedad en cada momento histórico y en distintos lugares o grupos.

Aunque es tentador entender esa complejidad bajo la noción clásica de sistema, es necesario advertir las implicancias que ese término puede acarrear: en primer lugar, la ilusión de que conocemos a cabalidad los componentes que conformarían tal sistema, con una estructura, funciones y relaciones altamente definidas y estables; y por otro lado, el supuesto de que con la dosis justa de insumos, el sistema será capaz de entregar los outputs esperados. Por ello, coincidimos más bien con metáforas biológicas –sea un jardín, una selva o un semillero– y que dan cuenta tanto de la complejidad como del dinamismo de los espacios históricos y culturales donde emerge la innovación.

Si volvemos al ejemplo de Pasteur, vemos que no sólo se trató de un científico en su laboratorio o de un hombre atento a las preocupaciones de su comunidad. Su mundo, o mejor dicho, sus mundos eran mucho más ricos en relaciones y prácticas, en instituciones y cultura. Por un lado estaban las prácticas ancestrales de la fabricación de alcohol que no tenían ninguna explicación científica detrás, pero que se habían trasmitido por generaciones desde varios siglos y eran industrias consolidadas y relevantes para la economía de la época (lo mismo había ocurrido hasta entonces con la fabricación del vino o el queso). Estaba, por otra parte, la química, y la ciencia en general, que comenzaban a interrogarse sobre el mundo de una manera distinta y a ganar aceptación social. Su hábitat eran las universidades, donde conversaban con otras disciplinas, nuevas y viejas, entre ellas la medicina, que a veces chocaba con esta nueva práctica y en otras aprovechaba las nuevas perspectivas que surgían de los laboratorios. Todo ello ocurría, además, en tiempos en que las ciudades comenzaban a crecer de manera mucho más acelerada, acentuando los problemas de higiene y enfermedades y viendo surgir, entre otras novedades, los hospitales modernos y la práctica de la enfermería muy cercana a como la conocemos hoy.

Transportada esta realidad (que hemos descrito muy someramente) a nuestros tiempos, y usando un lenguaje tomado de la economía, podemos aproximarnos a la complejidad de estos espacios identificando cinco factores fundamentales: el capital financiero, el capital de conocimiento (la investigación científica y el desarrollo tecnológico), el capital humano (las competencias y habilidades individuales, pero también el saber colectivo, las prácticas), el capital social (la confianza, las redes) y el capital de

emprendimiento[6] , siendo este último definido como la capacidad de poner en movimiento a los otros cuatro factores.

Esta comprensión –surgida de un intento por explicar el desarrollo del sector de empresas de alta tecnología en Israel– parte de una base en que estos cinco tipos de capital ya están presentes –conformando principalmente lo que hemos llamado redes de prácticas y equipamiento–y busca mostrar cómo interactúan, dejando más bien como telón de fondo el relato histórico de cómo cada uno de ellos se ha ido acumulando y fortaleciendo en el tiempo. Y es en esa historia donde juegan un rol determinante distintos aspectos culturales (como la organización más informal y menos jerárquica de la sociedad israelí), procesos históricos (como la migración de judíos rusos tras el fin de la ex Unión Soviética), prácticas institucionales (como las que aplica el Ejército con sus reclutas, promoviendo a los mejores en el área de la ciencia y la tecnología) y también decisiones o acciones estratégicas del Estado (desde la creación de universidades y centros científicos de calidad mundial, hasta el impulso a la creación de empresas en el área tecnológica o el fomento intencionado de una industria de capital de riesgo que se relacionara con su similar en el Silicon Valley).

Todo ello, en definitiva, nos muestra la relevancia de la riqueza de mundos que pueden tener los lugares (ciudades) o las sociedades específicas como espacios más o menos propicios para la innovación en los que la diversidad de prácticas permita el intercambio y la polinización cruzada (para continuar con las metáforas biológicas).

Esta dimensión histórica y cultural nos alerta, además, del peligro de creer que es posible replicar una fórmula y reproducir en un territorio específico lo que ha sucedido en otras latitudes simplemente por el hecho de disponer del mismo set de insumos (los cinco capitales descritos anteriormente) sin cultivar lo que podríamos llamar "riqueza de mundos" que hace posible la innovación: estar familiarizado y saber moverse en múltiples redes de equipamiento, prácticas ortogonales y tecnologías emergentes, pero a la vez tener una red social extendida –las que hoy son globales– y desarrollar un *ethos* que permiten la emergencia de lo nuevo.

Tomada la advertencia anterior, creemos que es posible aprender mucho del Silicon Valley y de su historia si queremos cultivar en Chile la "riqueza de mundos" y el *ethos* que necesitamos para empujar la innovación –acordes a nuestra propia historia– y si queremos, además, conectarnos con aquellos lugares claves de la innovación en el mundo. Pero si bien ya hemos estado dando pasos en esa dirección, carecemos de narrativas de futuro, de prácticas conversacionales y de temples anímicos que fortalezcan y orienten mejor nuestros esfuerzos. De eso, justamente, trataremos en el siguiente capítulo.

[6] Hemos tomado las distinciones de estos cinco capitales del trabajo de Uzi De Haan, académico del Instituto de Tecnología de Israel – Technion, en el que propone un modelo de crecimiento económico basado en el emprendimiento y la innovación en su artículo "A hotbed for entrepreneurship and innovation".

cnic
Consejo Nacional de Innovación
para la Competitividad

CAPÍTULO 3
UN NUEVO TALANTE PARA ENFRENTAR EL FUTURO

"Cuando emprendas tu viaje a Itaca
pide que el camino sea largo,
lleno de aventuras, lleno de experiencias."

Konstantino Kavafis

A lo largo de estos capítulos hemos reconocido que vivimos una época de cambio histórico acelerado y de incertidumbre. Sabemos también que el futuro está siempre demandándonos. Día a día debemos, por ejemplo, tomar decisiones de inversión, definir políticas públicas y ponernos de acuerdo sobre lo que queremos y lo que vamos a emprender como país en horizontes que abarquen mucho más allá de lo que nos permiten los tiempos políticos. Ese es precisamente el ámbito de las preocupaciones del Consejo Nacional de Innovación.

No es posible, sin embargo, hacerse cargo de ellas si seguimos pensando el futuro como "algo fijo" –como un determinado "estado" del mundo– que es necesario atrapar o prever. Por ello, proponemos entenderlo como el horizonte abierto de lo posible, como un espacio que no sabemos a cabalidad cómo se va a manifestar, pero que sí podemos comenzar a bosquejar. Porque ese futuro –que depende de nuestro pasado, de las prácticas, las redes de equipamiento y la cultura que hemos heredado– se está configurando hoy, en gran medida, en los laboratorios, en los lugares donde se empiezan a cultivar prácticas marginales o en los espacios donde surgen nuevas preguntas o nuevas interpretaciones sobre el mundo.

Para abocarnos a ese futuro requerimos, como en cualquier emprendimiento, de una predisposición especial. Por ello hemos elegido el concepto *talante* para titular esta sección, porque da cuenta de una predisposición anímica que se cultiva, de una predisposición que,

aunque se parece a una actitud, es más fundamental todavía, es una manera de ser que imprime carácter.

Los tiempos que enfrentamos y que hemos dibujado someramente en el primer capítulo de este documento, exigen precisamente una nueva forma de enfrentar el mundo. Una manera de ser que deje atrás el miedo a lo nuevo, que rescate nuestra identidad, que se abra sin temor a la globalidad y que sea capaz de construir un sentido de solidaridad que transforme nuestras preocupaciones por las generaciones que vienen en acciones concretas y compromisos en el presente. La política de innovación no puede estar ajena a todo aquello.

Con estas definiciones y objetivos en vista, el presente capítulo quiere mostrar cómo la apertura a ciertos estados de ánimo adecuados y el cultivo de virtudes que estos requieren, resultan esenciales no sólo para mirar y enfrentar el futuro, sino también para participar de su creación con un sentido histórico y en conexión con las preocupaciones sociales.

1. DOS ESTILOS CULTURALES HEREDADOS

Nuestras predisposiciones al futuro develan estilos y estados emocionales que circunscriben las prácticas humanas y que hemos recibido del pasado. Se trata de sensibilidades e interpretaciones históricas sobre nuestro mundo y su funcionamiento que se expresan inconscientemente en nuestras acciones y nuestro sentir, acarreando también formas generales de "mirar y anticipar" el futuro. Y hablamos de "sentir" para recalcar que aquello que nos predispone a entender "el mundo" como una totalidad pertenece al dominio de lo afectivo más que de lo cognitivo.

Anclados en nuestra preocupación por la innovación, proponemos distinguir dos estilos con que solemos plantarnos frente al futuro y que dibujaremos aquí de una forma quizás exagerada con el sólo fin de hacer notar algunas diferencias relevantes. El primero, marcado por la certidumbre y la complacencia, y el otro, caracterizado más bien por el entusiasmo incontenido y gozoso frente al cambio. Digamos, además, que, aunque habitualmente son opuestos, en ocasiones se articulan entre sí como si fueran complementarios.

Podemos intentar reconocer estos estilos precisamente entre quienes nos encontramos leyendo este texto y venimos escuchando hace años que Chile requiere innovar más e ir más allá de la simple producción y exportación de recursos naturales. Podemos estar seguros que a todos nos inquieta constatar que, a pesar de los buenos resultados macroeconómicos, parece que no hemos avanzado mucho en esa dirección, porque sabemos que el futuro del país se ve difícil si no hacemos ese cambio.

Si somos parte del primer estilo, confiamos en que, de seguir creciendo como lo hemos hecho en las últimas décadas y si hacemos los ajustes que los técnicos nos pueden recomendar, paulatinamente el país diversificará su matriz productiva entrando a áreas de mayor elaboración con mayor productividad del trabajo y, por ende, mayores salarios y progreso. Situados en la experiencia comparada mundial y en abundantes datos, estadísticas y estudios, podemos pensar que lo único que podría entorpecer este futuro es que un apuro

excesivo haga presa de la población y del mundo político y que los gobiernos no sepan cómo hacer frente a la impaciencia[7].

Desde la otra vereda, asumimos que el mundo cambia demasiado y de forma acelerada y que debemos tratar de seguirle el ritmo a toda costa, tal como han hecho China y otros países que se mueven a paso veloz, para no quedarnos atrás. Tomados por este estilo, nos entusiasma la idea de abrazar sin espera y con decisión las olas de cambios que se producen en el mundo, porque ellas son las que generan progreso y oportunidades. Podemos sentir que se nos quedan atrás la familia, la educación (en todos sus niveles), la estructura productiva, las instituciones y que es necesario atacar todos esos flancos porque ¡hay que innovar más y más rápidamente![8]

En ambos casos podemos reconocer que nos embarga cierta certidumbre sobre el futuro de Chile. Pero no es que exista un futuro observable allá adelante que nos produce tales sentimientos; al revés, son éstos los que, al embargarnos, nos "presentan" el futuro de tal o cual forma. Podemos observar que más que un acto voluntario, nos encontramos ya ante una cierta tonalidad emocional predispuesta –cogida en nuestro pasado, en las prácticas e interpretaciones que nos han moldeado– que nos abre el mundo como un todo, al tiempo que nos cierra a considerar otras interpretaciones.

Ciertamente estos estilos no nos traen como quien diría "desnudos" a las situaciones presentes, sino que nuestras predisposiciones reflejan los resultados de habernos movido con ellos en nuestro pasado. Y si no nos han producido una comprensión adecuada para navegar competentemente en el mundo de hoy, podemos esperar que estas predisposiciones nos produzcan más de algunas insatisfacciones o frustraciones. Es lo que reconocemos, por ejemplo, que ocurre con las dificultades de hacer de Chile una sociedad más innovadora, a pesar de los esfuerzos desplegados.

La certidumbre complaciente, por ejemplo, nos lleva a diagnósticos acerca de las situaciones que se perpetúan como insatisfactorias, para concluir que hay poderes que no aceptan o no hacen lo que debe ser hecho: aplicar las soluciones adecuadas porque hay intereses creados, ignorancia, lo que sea. Por eso, este estilo va habitualmente acompañado de victimización. Puede ser de una tonalidad resignada, más bien conformista y algo cínica, o bien, de una tonalidad activa más bien resentida. Seguramente las diferentes reacciones ante un futuro poco auspicioso dependan de lo difícil o intolerable que sintamos el presente. En cualquier caso, la certidumbre complaciente se refuerza como tal al sentirse víctima: sabemos la verdad de lo que ocurre, no así los otros.

---

[7] Sentimos certidumbre cuando creemos que hay una verdad –sea el producto de leyes naturales, morales, de la historia, o de la combinación de todas– que orienta y define el futuro. No hablamos de una confianza acotada a ciertos espacios específicos –como el diagnóstico de nuestro médico o los cálculos del ingeniero que diseñó nuestro edificio– en los que no podríamos operar de otra forma, sino de una de tranquilidad proyectada sobre la totalidad. Si el mundo de pronto se comportara más allá de nuestras certezas, nos parecería incontrolable y seguramente nos produciría temor.

[8] Podemos sentir que no hay verdades que definan el futuro en el presente, sino que éste emerge de manera informe, arbitraria, carente de restricciones o condicionantes, porque lo hacen individuos libres cuya imaginación creativa inagotable no puede ser anticipada ni controlada. ¡No hay límites para aquello que el porvenir tiene en reserva al ser humano! Y ese es el entusiasmo excitado y gozoso haciéndonos sentir su mundo.

El entusiasmo ansioso, en tanto, asumiendo que todo está abierto a nuestra disposición y depende sólo de nuestra creatividad y energía, lidia con las frustraciones apuntando el dedo a nosotros mismos: no estamos a la altura requerida. Mientras más nos excite la infinita promesa de nuestra creatividad, más ansiosos nos pondrán con nosotros mismos las insatisfacciones de su resultado.

Vemos ambos estilos de narrativas de futuro desentonados con el dinamismo de los tiempos y la posibilidad de hacer historia (de la que hablaremos mas adelante). Estas dos predisposiciones anímicas –sea por una certidumbre holística o por una entusiasmo ansioso de que todo es posible– no sólo constituyen impedimentos para navegar con destreza en el mundo de hoy, sino que tienen una peculiar manera de no aprender de sus insatisfacciones y frustraciones, más bien se atrincheran en sí mismas.

***

Vistas estas dos predisposiciones como estilos característicos, estamos en condiciones de referirnos a otro que nos preocupa especialmente en el ámbito de la innovación: la indiferencia.

A la mayoría de la población –al empresario, al político o al trabajador en general– no le interesa la innovación. Nos sucede algo similar a lo que nos ocurre, en la práctica, con la salud: estamos de acuerdo en que 'hay que cuidarse', pero seguimos publicitando y consumiendo comida chatarra, abandonándonos a una vida sedentaria o bebiendo y fumando en exceso, relegando el cuidado por nuestro cuerpo y seguridad al ámbito de las leyes y la regulación o simplemente resignándonos a que, llegado el caso, algo podrá hacer la medicina por nosotros.

Vemos que mas allá de las frustraciones a las que nos conducen los estilos complaciente y entusiasta esta indiferencia tiene que ver más bien con el hecho de que el cambio acelerado puede producir un temor tan grande que es mejor no confrontarlo y hacerse el desentendido. O nos dejamos envolver por la inercia de seguir en aquello en que hemos sido buenos por años. O, finalmente, con la ilusión de que todo ese "cuento" del cambio, la globalización y competitividad es algo que no nos toca, ni para bien ni para mal, o que se trata de un juego para una *elite* o de una discusión de técnicos o empresarios.

2. UN NUEVO TALANTE: SURFEAR LA HISTORIA

En los capítulos anteriores de este documento, hemos visto que la innovación emerge –más que del genio de un individuo– de un espacio histórico y cultural, que no se abre camino a lo nuevo sin una sensibilidad con las preocupaciones sociales, y que todo esfuerzo innovador es siempre un intento por cambiar nuestro mundo, por hacer historia, ya sea con un nuevo producto, una nueva forma de producir o un cambio en la cultura. Durante este capítulo, en tanto, hemos planteado que todo aquello depende, además, de estilos culturales o predisposiciones anímicas.

Por ello, proponemos el cultivo de un nuevo talante al que vamos a llamar "el surfear histórico".

La metáfora del "surfear" es muy reveladora del estilo de actuar en la dinámica del presente y de orientarnos estratégicamente ante el futuro. Por de pronto, salta a la vista de inmediato que es imposible surfear desde la certidumbre; no hay cómo asegurarse anticipadamente del fluir de las olas. Tampoco es posible surfear desde la búsqueda ansiosa de torbellinos caóticos. Y ciertamente una indiferencia adormilada ante lo que se aproxima nos puede matar.

Por el contrario, podemos ver estabilidad en medio del caos, equilibrio a gran velocidad, fluidez, serenidad y goce manifestándose en los deportistas que se desplazan en medio de gigantescas fuerzas indomables mucho más grandes que ellos. E intuimos la persistencia que les ha tomado alcanzar una maestría poco habitual. Los surfistas no pueden ir adonde su capricho se los proponga –sería iluso pretender controlar el mar–, pero manteniéndose en permanente armonía con las olas y receptivos a lo que aparece, encuentran el espacio de estabilidad y un camino. Pero los podemos adivinar también siempre preocupados y receptivos al oleaje –amenazante o prometedor– que se insinúa a lo lejos y que muchas veces resulta invisible para el espectador en la playa.

Otra de las características que queremos destacar de los surfistas es su compromiso incondicional. Siempre están "surfeando". Cuando no están frente a las olas, están estudiándolas, investigando, construyendo nuevas herramientas o preparando y afinando las que ya poseen, organizando actividades o preparando sus propios cuerpos. Porque el surfeo es un mundo que se construye y se recrea constantemente, e incluye el saber cuándo no surfear. Los verdaderos surfistas saben esperar el momento preciso o viajar en busca del lugar adecuado: no están fijos en un solo espacio.

Mientras el mundo parecía básicamente sólido y estable, la acción humana consistía en ejercer el poder y someterse a él, aplicar y obedecer reglas, ejercitar destrezas estables para el manejo de instrumentos y productos fijos; en un sentido general, manipular y controlar cosas. Hoy, en cambio, en una era en que todo cambia como si se tratara de un mar agitado –el poder, las reglas, las instituciones, las tecnologías, los productos, las necesidades y los deseos– lo que queda como trasfondo permanente consiste en seres humanos conversando entre sí de diversas maneras en una larga conversación interminable en la que hacen emerger sus mundos.

El "surfear histórico" requiere, por tanto, de las habilidades para participar de esas conversaciones. No disponer de ellas puede implicar, lisa y llanamente, que, en la era del surf, nos quedemos en la playa.

3. LA CONVERSACIÓN QUE FALTA

Como hemos insinuado, el "surfear histórico" requiere de ciertas habilidades conversacionales.

Para hablar de ello, proponemos distinguir entre las **conversaciones pragmáticas**, aquellas que nos permiten movernos en un mundo establecido, y otras que llamaremos

conversaciones de apertura de mundos (o poéticas). Cada una de ellas involucra maneras diferentes de estar en el mundo y abre posibilidades distintas, pero como sociedad solemos estar atrapados en las primeras y hemos perdido la capacidad para participar de aquellas que nos permiten hacer historia y que son fundamentales para la innovación.

Las conversaciones pragmáticas son las más habituales y cotidianas. Con ellas operamos en un mundo establecido, de cosas, instituciones y roles con el fin de satisfacer nuestras necesidades y deseos. Participamos de ellas produciendo, consumiendo, emprendiendo y proyectándonos como profesionales, trabajadores, ejecutivos, empresarios, científicos o empleados públicos. En ellas se juega nuestra identidad individual y social, y en su esencia está el compromiso con lo dicho: lo ofrecido, la meta anunciada, la promesa de campaña, el pedido aceptado, el programa de investigación acordado.

A diferencia de las conversaciones pragmáticas, las conversaciones de apertura de mundos no ocurren todos los días.

La virtud esencial de las conversaciones de apertura de nuevos mundos es la receptividad entre los hablantes. Entramos en ellas predispuestos a no entenderlo todo, a participar sin la pretensión de controlar nada, sabiendo que por momentos, quizás largos, no sabremos dónde nos dirigimos. Escuchamos para sintonizarnos con preocupaciones ajenas que pueden resultarnos sorprendentes y juntos oímos nuevas insinuaciones –que no eran posibles a los hablantes considerados individualmente– de aquello que debería preocuparnos, o que vale la pena.

Los prejuicios rígidos de cualquier tipo –étnicos, sociales, religiosos, de identidades– constituyen el enemigo esencial de estas conversaciones: la creencia atrincherada de que nuestras normas y miradas son las únicas verdaderas. También resulta destructora la ceguera insensible a lo distinto, por arrogancia o simple provincianismo, o una mirada que se deja atraer solamente por lo contingente común –las transacciones en el mercado y la defensa de posiciones políticas son buenos ejemplos– y hace invisibles, en medio de una opaca homogeneidad, diferencias culturales esenciales bajo un "sentido común" que sólo representa el nuestro. En un mundo globalizado tan grande, ambas constituyen malas predisposiciones ante lo distinto, haciéndonos perder posibilidades de aprender radicalmente, de acoger nuevas prácticas y miradas, de enriquecer nuestra vida y sintonizar con aquello que se insinúa sobre la vida humana en otras partes.

En las conversaciones de apertura de mundos ocurre muchas veces, como en la poesía, este entonarse con sensaciones de anomalías[9] que salen de pronto a la luz. Y súbitamente nos hacemos receptivos a un mundo nuevo emergiendo entero en lo que solo es una leve insinuación, un frágil malestar, algo difuso a lo cual éramos insensibles hasta un minuto antes.

[9] Las anomalías suelen ser consideradas un error o un problema, particularmente las consideramos así cuando hablamos desde la certeza o el conocimiento. La anomalía no es un problema, es más bien la sensación de una desarmonía, una incomodidad que conduce (o no) a una comprensión nueva sobre algún fenómeno.

En 1954 Pablo Neruda inicia así su canto de Oda al Aire:

"Andando en un camino
encontré al aire,
Lo saludé y le dije
con respeto:
"Me alegro
de que por una vez
dejes tu transparencia,
así hablaremos"

El aire, nuestra atmósfera, entonces completamente obviada –infinita y nada al mismo tiempo– sale abruptamente de su invisibilidad. Y advierte ansioso el poeta que el aire va encaminado a ser escaso, a convertirse en producto fabricado, a guardarse y venderse en latas y botellas... Sesenta años más tarde, ¿quién se atrevería a negar la posibilidad casi monstruosa de lo que entonces sólo fue una insinuación receptiva?

Debido a que la conversación poética fluye libremente, sin ponerse limitaciones, tienen cabida en ella preocupaciones o malestares aunque no parezcan tener solución posible. Así, mientras las conversaciones pragmáticas –enfocadas en el cumplimiento de metas y promesas– olvidan las anomalías (si es que consiguen sintonizarse siquiera con ellas) como una excepción lamentable, las conversaciones de apertura de mundos las dejan adquirir peso y relevancia convirtiéndolas en el centro de la atención. Obviamente no sostenemos que debamos tener la "profesión" de poetas para entonarnos con alguna anomalía. Son precisamente los emprendedores los que hacen de esa desarmonía una manera creadora de abrir mundos, porque no las dejan pasar, las exploran y examinan hasta que, eventualmente dan origen a algo nuevo.

Otra posibilidad que se abre en las conversaciones de apertura de mundos es la de detectar y apropiarse de fulgores de nuevas prácticas, nuevas posibilidades o simples conjeturas que iluminan de una nueva manera el mundo y, al hacerlo, abren posibilidades inéditas: desde traer al mundo nuevas tecnologías y empresas, hasta inventar nuevos tipos de acuerdos o renovar estilos culturales y proyectarlos de una nueva manera en el mundo. A todo eso lo llamamos *hacer historia.*

4. TRES MANERAS DE HACER HISTORIA

Cuando nos salimos del día a día y de las consideraciones pragmáticas tenemos que hacernos la pregunta: ¿hacia dónde va el mundo? Y para eso no nos basta ver lo habitual, lo cotidiano, tenemos que observar qué está ocurriendo en los laboratorios, en los centros empresariales, cómo se están gestando los cambios políticos, qué están haciendo los líderes culturales, y tenemos, además, que ver cómo nosotros podemos ser capaces de participar en esto. Para sintetizar esta manera de pararnos en el mundo vamos a hablar de algunas maneras de hacer historia.

Podemos hacer historia en cualquier actividad que desarrollemos, porque lo que importa es la manera como nos disponemos ante el mundo presente y sus solicitaciones.

Cuando nos descubrimos tensionados por ambivalencias que no sabemos como conciliar, embargados por valores contradictorios que nos tiran en direcciones opuestas, haciendo que la vida pierda sentido holístico, una manera de superar este estancamiento y seguir creando futuro (haciendo historia) es hacer aparecer reinterpretaciones de nuestros valores esenciales iluminando nuevas posibilidades para reorganizar lo que se ha dispersado. Es lo que ha estado ocurriendo con el trato a las mujeres, las llamadas minorías sexuales, grupos étnicos etc. Nuevas interpretaciones más amplias de qué significa ser un individuo humano se han requerido para permitir que nuestros "derechos humanos" puedan rearticular comunidades que por momentos parecían desintegrarse y producir un nuevo sentido de unidad individual en cada uno de nosotros. En esta sintonización, nos hacemos receptivos a mundos emergentes a partir de nuevas posibilidades de rearticulación.

También hacemos historia cuando, para superar ciertas preocupaciones humanas, incorporamos prácticas que provienen de otros mundos locales y que nos ofrecen maneras distintas de abrirnos camino. En la política, por ejemplo, la pérdida de audiencias y partidarios nos puede empujar a observar receptivamente qué hacen otras agrupaciones distintas a las nuestras, cómo consiguen las audiencias que queremos nos presten atención y apoyo a nosotros. Tenues fulgores comienzan a iluminar nuestra sensación de anomalía de otra manera, abriendo posibilidades que no podíamos ver encerrados en nuestros partidos y agrupaciones de siempre. Ensayamos nuevas formas de organización y diálogo con las audiencias que nos interesan. Constituyen cruzamientos entre nuestras prácticas históricas y las de otras agrupaciones o movimientos. Habitualmente crearemos organizaciones de nuevo tipo para sostener las nuevas conversaciones con nuestros nuevos clientes y audiencias (lo mismo puede ocurrir con empresarios dedicados a un mercado que se deteriora, o que no consiguen ampliar con las ofertas constitutivas de su industria). En esta sintonización nos hacemos receptivos a mundos emergentes a partir de nuevas posibilidades de apropiación cruzada de lo existente.

Finalmente, también participamos de la creación del futuro cuando nos encontramos atentos, en distintos espacios, al surgimiento de prácticas marginales que luego podrían volverse centrales reconfigurándolos. Esto es lo que ocurre cuando nos encontramos activamente participando interesados en el surgimiento de nuevas tecnologías, lo que seguramente nos movilizará será el fulgor de posibilidades históricamente inéditas que destellan a partir de ellas. Nos hacemos receptivos a cambios posibles en múltiples prácticas y mundos locales humanos. Si traemos al mundo una nueva manera de lidiar con el conocimiento, o con las comunicaciones, o con la producción cultural, o con las predisposiciones genéticas del organismo, que reducen su costo o aumentan su alcance y velocidad en factores muy elevados, podemos imaginar que todo cambia a su alrededor.

Al final, hablamos de hacer historia para expresar de manera muy simple el participar activamente de la emergencia histórica del mundo. Y esto lo podemos hacer desde diversos dominios: como artistas, políticos, ciudadanos, empresarios, emprendedores, profesionales, técnicos, investigadores o cualquier otra actividad.

cnic
Consejo Nacional de Innovación
para la Competitividad

CAPÍTULO 4
UN MARCO GENERAL DE ORIENTACIONES ESTRATÉGICAS

"Man has always striven to understand
the world around him. To this end he was helped
by stories that made sense of his reality."

Tomas Sedlacek

1. LA MIRADA ESTRATÉGICA

Estratego era el nombre que en la Grecia antigua recibían los generales o comandantes en jefe de los ejércitos. Su tarea era definir cómo se desenvolverían las batallas y la guerra en el tiempo. Para ello debían contar con un propósito claro, definir un horizonte, y hacer la elección de cuál de los caminos posibles para alcanzarlo era el que se iba a utilizar. Esa era la *Estrategia* y a esa concepción nos hemos remitido durante mucho tiempo cuando hablamos de planificación estratégica.

Ese mundo, sin embargo, se acabó. Porque hoy los límites y las certezas se desvanecen, se recrean, constantemente. Vemos, por ejemplo, una empresa como Amazon que se posicionó al principio como una librería en la red, que luego pasó a competir con los líderes del retail vendiendo muchas otras cosas y después evolucionó a ofrecer servicios de *cloud computing* y de investigación. Hoy es una tienda que transformó los libros clásicos en libros electrónicos e incluso vende servicios de distribución para la autoedición. Su juego cambió totalmente en apenas unos años; y podemos estar seguros de que toda esta aventura se inició con algunas intuiciones sobre un nuevo mundo que se abría para el comercio, pero sin saber exactamente hacia dónde los llevaba.

IBM, Cisco o el mismo Microsoft pueden dar testimonio de que el futuro no está garantizado ni siquiera para los más poderosos en un mundo donde los propósitos, los límites y las identidades están en permanente cambio. Y nadie puede saber si a la producción en Chile no podría pasarle lo que al salitre a comienzos del siglo XX. De hecho, esa es la amenaza que recurrentemente se yergue sobre nuestra industria del cobre. Hoy, el grafeno aparece como el más nuevo de los competidores serios y dignos de temer.

En este escenario, vale la pena recordar que la riqueza más importante de un país está en lo que puedan ofrecer sus habitantes. Por ello, configurarse en ese espacio como una propuesta atractiva para el mundo es nuestra misión fundamental. Y el propósito que tenemos como Consejo de Innovación es precisamente encontrar renovadas maneras de crear nuevos espacios de inserción de Chile en este mundo globalizado.

Nuestra principal preocupación es el futuro. El futuro no como "una cosa que está allá adelante", sino como un horizonte de posibilidades que se está construyendo parcialmente con las acciones que tomamos en el presente. Y aunque esa suma de acciones produzca efectos impredecibles, la responsabilidad de la política –con las generaciones presentes y las futuras– es mirar hacia adelante para anticipar posibilidades –amenazas y oportunidades– y para configurar orientaciones que nos permitan delinear caminos y tomar acciones en torno a nuestras preocupaciones fundamentales, como son, por ejemplo, la educación, la energía, la salud o el medioambiente.

Quedarnos atrapados en el corto plazo, por el contrario, importa el peligro de la premura y de la imprudencia, de olvidar el valor de la identidad y, por sobre todo, de olvidar que nos preocupa un "nosotros" que involucra tanto a las generaciones presentes como a las futuras de Chile, pero que se extiende también a un "nosotros" planetario.

2. DOS HORIZONTES PARA NUESTRA MIRADA

Para abordar esta tarea hemos definido dos horizontes de mirada para nuestra reflexión: el más lejano es el de 2050, y esta elección tiene algo de arbitrario y pragmático a la vez. El otro es el de 2025, más cercano a nuestro quehacer en el presente y respecto del cual es posible proyectar con mayor claridad nuestras acciones más inmediatas.

El mandato del Consejo le pide entregar sus propuestas con una mirada de 12 años (hasta 2025 en nuestro caso), pero vemos que se hace necesario extender esa perspectiva hasta 2050, porque existen áreas de preocupación locales y planetarias –como la educación o la energía– donde las inercias son más grandes y los tiempos de acción o de cambio son más extensos.

Si nos enfocamos en 2050, un horizonte que parece tan distante y difícil de dibujar, es también porque es preciso desafiar las miradas del presente y alejarnos, por un momento, de las preocupaciones del corto plazo para concentrarnos en movimientos que hoy pueden ser marginales, pero que podrían afectar a nuestra sociedad o al planeta en el largo plazo. No vamos a hacer aquí un retrato de cómo va a ser el mundo ni qué sucesos van a ocurrir hacia la primera mitad del siglo. No pretendemos hacer predicciones sobre el futuro, aunque mirar

hacia 2050 implique ser capaz de hacer ciertas conjeturas, aventurar algunas hipótesis o proyectar tendencias a partir de lo que tenemos hoy.

La necesidad de aprender a surfear la historia –de la que hemos hablado en el capítulo precedente– surge con más claridad en este escenario. Y como elemento central de ella aparece la localización y reconfiguración de conversaciones, especialmente de las que hemos llamado conversaciones de apertura de mundos, que nos permiten avizorar el impacto que algunas tecnologías y prácticas emergentes pueden tener en nuestras preocupaciones y modos de habitar el mundo.

Así, a partir de esa búsqueda en el horizonte de 2050 se pueden empezar a dibujar algunos proyectos e inversiones en el horizonte de 2025, e incluso nuestro futuro más inmediato, y junto con ello las relaciones e instituciones que permitan hacer una diferencia.

3. ALGUNAS SEÑALES SOBRE EL FUTURO

Dijimos que hemos tomado la mitad del siglo como una referencia más bien arbitraria. Pero la verdad es que hay muchas conversaciones de apertura de mundos que están en curso, que se tocan y entrelazan, y que apuntan también a ese mismo horizonte. En todas ellas, es posible capturar ciertas dinámicas que en la práctica ocurren contingente y concurrentemente y que nos sirven para dar luz a nuestras orientaciones estratégicas y tomar la responsabilidad de delinear acciones en el presente o el futuro más cercano.[10]

Revisemos algunas de estas dinámicas.

a. La globalización, **entendida como los procesos económicos, sociales y tecnológicos que están generando un mundo más interconectado e interdependiente.** En nuestra conversación cotidiana el término suele quedar asociado exclusivamente a la integración mundial de los mercados, especialmente en el comercio y las finanzas –y últimamente también en el trabajo, la investigación científica e incluso la innovación– pero sabemos bien que también tiene dimensiones políticas y culturales.

Si bien podemos pensar que desde su origen la carrera humana ha implicado grados cada vez más crecientes de integración, el proceso al que llamamos hoy globalización parece haber comenzado varias décadas antes que la Internet (que es quizás hoy el referente más común de este fenómeno). Con todo, y aunque nos parezca que se ha escrito ya mucha historia en materia de globalización, lo cierto es que, visto en un horizonte más amplio, estaríamos viviendo apenas la primera fase de una transformación mucho más grande y de una integración todavía más profunda, potenciada por las nuevas tecnologías de comunicación y por nuevas formas de producción.

[10] Diversas fuentes que hemos consultado abordan estas dinámicas. Entre ellas están: Al Gore, "The Future: Six Drivers of Global Change" – Alex Zhavoronkov, "The Ageless Generation" – The Millennium Project, State of the Future 2012 – Laurence Smith, "The New North: The World in 2050" y en el capítulo escrito por Charlotte Howard, "The Health of Nations" en el libro de The Economist, "Megachange: The World in 2050".

Las fases que vienen traerán la desaparición y emergencia de sectores productivos enteros, el surgimiento de nuevos mercados, nuevos comercios y nuevas alianzas. El diseño, las materias primas, los componentes, el ensamblaje, y la comercialización de cualquier producto podrían provenir de cincuenta países distintos alrededor del mundo al punto que los conceptos de competencia y colaboración comenzarán a confundirse.

b. La demografía, **entendida como el crecimiento, composición y desplazamiento de la población mundial**.

Antes de la invención de la agricultura, hace unos 12.000 años, había tal vez un millón de personas en el mundo —el equivalente a la población actual de la provincia de Concepción– viviendo en pequeños clanes nómades. Tuvieron que pasar más de 11.000 años (hasta alrededor de 1800 d.C.) para alcanzar los 1.000 millones de humanos sobre la Tierra. Después de eso, sólo se necesitaron 130 años para llegar a los 2.000 millones (en 1930), marcando lo que se ha llamado una Primera Transición Demográfica.

En la Segunda Transición Demográfica, que aún no termina, las tasas de crecimiento demográfico más altas se desplazaron desde los países de la OCDE hacia el mundo en vías de desarrollo y como los niveles iniciales de población en ese mundo eran mucho mayores, la consiguiente explosión de la población mundial ha sido simplemente fenomenal. De hecho, la aceleración ha sido tal que a partir de mediados del siglo pasado han bastado apenas 12 años para agregar otros 1.000 millones de habitantes al mundo, alcanzando los 7.000 millones de personas a fines de 2011. Se estima que hacia mediados del siglo, la población habría superado ya los 9.000 millones de personas y tendería a estabilizarse antes de alcanzar los 10.000 millones.

Sólo por este efecto –sinconsiderar los cambios en los patrones de consumo, que veremos en el subtítulo que sigue–, hacia 2030 el mundo necesitará producir cerca de un 50% más de alimentos y energía, junto con un 30% más de agua dulce. Pero todo ello debiera ocurrir respondiendo, a la vez, a las necesidades de mitigación y adaptación al cambio climático.

c. La creciente demanda humana sobre los recursos naturales, los "servicios" naturales y el acervo genético de la Tierra. Aunque a primera vista nos parezca obvio, la verdad es que resulta difícil comprender lo dependientes que somos de la naturaleza en diversas dimensiones. En general solemos referirnos a los recursos naturales como activos finitos (hidrocarburos, minerales y agua que mueven nuestras industrias y transportan nuestros productos) o como activos renovables (los ríos, la tierra cultivable, la vida salvaje y la madera). El término servicios naturales, en tanto, es más reciente y reconoce otros aspectos o procesos esenciales para la vida, pero menos evidentes en nuestro día a día: entre ellos, la fotosíntesis que nos da el oxígeno, la absorción del dióxido de carbono por los océanos, y las labores de las abejas que polinizan nuestras cosechas. Requerimos de todo ello, pero como nos parece "natural" que ocurra, dejamos de preocuparnos y lo damos por sentado, aunque no lo sea. El acervo genético, en tanto, es la diversidad de genes que cargan todos los organismos vivos de la Tierra; son los componentes básicos de nuestra comida,

pero de un tiempo a esta parte también la materia prima de la biotecnología y las industrias farmacéuticas.

El crecimiento de la población, los cambios en los patrones de consumo, el comercio, la industria y la tecnología han aumentado la demanda de todos estos productos y servicios. Y lo que comenzó en las naciones que hoy se llaman desarrolladas ha comenzado a extenderse con más fuerza aún a China, India y otras regiones en vías de desarrollo.

Algunos cálculos prevén que si el nivel de consumo material del mundo en vías de desarrollo pasara a ser el que actualmente tienen los norteamericanos, europeos occidentales, japoneses, y australianos, el consumo global aumentaría once veces[11]. Sería como si la población mundial hubiese aumentado los 7 mil millones de hoy a 72 mil millones. ¿De dónde saldría toda esa carne, pescado, agua, energía, plástico, metal y madera que se requieren para satisfacer sus demandas?

d. El cambio climático planetario. Aunque todavía en el mundo político hay quienes discuten el grado de responsabilidad de la acción humana en este fenómeno, es un hecho concreto que la composición química de la atmósfera ha estado cambiando de tal manera que la temperatura general promedio del planeta ha aumentado en los últimos siglos y seguirá haciéndolo en el futuro.

El fenómeno fue planteado en la década de 1820 por el matemático francés Joseph Fourier, quien observó que la Tierra era mucho más calurosa de lo que su distancia con el Sol permitía suponer. Se identificó así, por primera vez, el efecto invernadero, el que fue atribuido posteriormente a la presencia en la atmósfera de gases como el CO_2.

Las investigaciones de los últimos años muestran que la concentración de CO_2 en la atmósfera es casi 40% superior a la del aire de los tiempos preindustriales (desde ~280 partes por millón por volumen ppmv, hasta ~400 ppmv). Las mediciones de los otros dos poderosos gases de efecto invernadero, el metano y el óxido de nitrógeno, han seguido un patrón similar de crecimiento y junto con ellos también la temperatura en el planeta.

Así, las proyecciones de concentración de CO_2 en el aire para fin de siglo podrían variar entre 450 a 1.550 ppmv e implicarían un aumento de +0,6° a +4° C en la temperatura mundial promedio, por sobre el aumento de +0,7° C que ya se registró en el Siglo XX. En el espacio de la discusión política se asienta cada vez con más fuerza la convicción de que un aumento de al menos +2° C en promedio es prácticamente inevitable.

Las proyecciones de los impactos que esto podría tener apuntan a que hacia mediados del siglo el planeta estaría enfrentando una crisis ecológica y social que nos obligaría, entre otras cosas, a un severo ajuste del sistema energético, a cambios en los sistemas productivos y de transportes y a desplazamientos de asentamientos humanos sin precedentes en la historia de la humanidad.

[11] Jared Diamond, de University of California at Los Angeles, en una editorial para The New York Times de enero del 2008, calculó que el "factor de consumo" de un individuo promedio que vive en Norteamérica, Europa Occidental, Japón o Australia, es 32. Esto significa consume 32 veces más recursos y produce 32 veces más desechos que el habitante promedio de Kenia, por ejemplo, cuyo factor de consumo es 1. El 85% de la población tiene un factor de consumo bajo 32.

e. La revolución de la biología. Crear una bacteria capaz de limpiar las manchas de petróleo en los mares. Desarrollar tratamientos específicos basados en la información genética de cada individuo. Cultivar órganos y tejidos que reemplacen a los dañados o desarrollar prótesis o implantes biónicos. Diseñar y producir alimentos más sanos y nutritivos. Obtener energía a partir de materia orgánica para reemplazar los combustibles fósiles. Todas estas posibilidades, que hasta hace apenas unas décadas parecían muy lejanas o apenas tenían cabida en nuestra imaginación, son hoy una realidad prácticamente a la mano. Vivimos una verdadera revolución de la biología.

Años de investigación han generado un vasto conocimiento acerca de los componentes de los sistemas complejos que caracterizan a la vida, desde eventos moleculares fundamentales en células individuales hasta ciclos biogeoquímicos, pasando por la fisiología de los más diversos organismos que habitan la tierra o las complejas relaciones que conforman los ecosistemas.

Hablamos de una revolución de la biología, pero quizás es más correcto decir que se trata de una revolución liderada por la Biología, a la que se suma una lista de disciplinas que, bajo el nombre general de Ciencias de la Vida, crece día a día. En ella se cuentan, entre otras, la química y la física (dos viejas conocidas para los biólogos), la ingeniería, la nanotecnología, las ciencias de los materiales, las ciencias ambientales, la medicina, la zoología, las ciencias de las alimentación o la biotecnología. Y todas ellas, potenciadas por el desarrollo de las tecnologías digitales y la computación avanzada que permiten el manejo y análisis de grandes volúmenes de información.

Todo este acervo significa, sin duda, nuevas potencialidades. Frente a las múltiples preocupaciones humanas, las ciencias de la vida pueden ofrecer respuestas derivadas de una mayor comprensión de los procesos biológicos, que son comunes (o muy similares) en todos los sistemas vivientes. Pero el poder acumulado puede significar también nuevos problemas, efectos no previstos y cambios que pueden desafiar de manera radical nuestros límites jurídicos, éticos o culturales, porque estamos incluso frente a la posibilidad de cambiar al ser humano, de una forma que desafía incluso los límites entre lo humano y lo no-humano.

***

Por último, es posible ver a **las tecnologías como una fuerza transversal** que facilita o pone frenos a las dinámicas globales que están empujando el futuro.

Las tecnologías digitales de comunicación, por ejemplo, facilitan la globalización de los mercados financieros (incluso laboral), del comercio internacional y la cultura, cambiando nuestros mundos y obligándonos a reconfigurar relaciones y prácticas constantemente. Gracias a la Internet podemos acceder a la información que requerimos, de manera fácil y rápida, podemos estar conectados "en el mundo". Pero más que eso, la Internet se está volviendo una extensión de nuestro cerebro, equivalente a una memoria externa súper poderosa, cada vez con mayores capacidades de desarrollar algoritmos más complejos que permiten procesar una cantidad de datos hasta hoy inimaginables.

Esta mayor capacidad de procesamiento de información abre nuevas posibilidades en relación con otras grandes preocupaciones humanas, como la educación y la salud. En la primera, supone un enorme desafío a las lógicas actuales de educación ancladas en la información y el conocimiento, como activo principal. En la segunda, el uso de datos genómicos y proteómicos que se pueden tener de cada individuo, supone una precisión de la medicina que nunca antes tuvimos y además a menores costos.

El poder de los computadores potencia también el avance de muchas disciplinas, como la nanotecnología, la biotecnología y la ciencia de los materiales. Todas ellas, a su vez, están afectando la demanda por distintos recursos, pero también haciendo más disponibles otros y modificando las formas de producir y las posibilidades humanas en los más distintos ámbitos. Las redes inteligentes, los paneles solares, nuevas formas de construcción y transporte y la geoingeniería podrían enfrentar el cambio climático. Nuevas tecnologías podrían permitir también el mejoramiento de cultivos para aumentar el rendimiento y la tolerancia al estrés por falta de agua o altas temperaturas; el uso inteligente del agua y de los fertilizantes; o el manejo sostenible de la producción animal.

Por último (al menos para este breve ejemplo), la abundancia de información y las crecientes capacidades de conectividad están desafiando no sólo a los medios de comunicación tradicionales o a industrias culturales como la música o el cine, sino también nuestras normas de convivencia, nuestras formas de participación política, las estructuras de poder e incluso la seguridad, al permitir la emergencia de formas de crimen que hoy recién empezamos a imaginar.

Así, estos vestigios de futuro nos permiten avizorar un mundo de amenazas y oportunidades que van a desafiar nuestras formas de vivir, abriendo espacios para –u obligando a– el surgimiento de nuevos estilos de vida y nuevas formas de liderazgo y gobernabilidad tanto a nivel local como planetario. Podemos afirmar, sin lugar a dudas, que hacia 2050 el mundo será muy diferente del que estamos viviendo hoy y va a implicar una enorme transformación cultural. Pero a pesar de toda la información que poseemos, no podemos hacer predicciones. No podemos actuar como el estratego de la antigua Grecia.

4. HACIA LAS ORIENTACIONES ESTRATÉGICAS

a. Una nueva forma de aproximación al futuro

Escribir sobre el futuro tiene múltiples expresiones. La ciencia ficción es probablemente la primera que se nos viene a la mente y la que tenemos más a mano desde la literatura y otras manifestaciones artísticas. Pero hay otras que tienen una relación más cercana a nuestra tarea: la futurología, una disciplina que busca observar e integrar a largo plazo el futuro de la ciencia, la tecnología, la economía y la sociedad, pero que choca constantemente con la imposibilidad de predecir a cabalidad el futuro; y la planificación estratégica, que ponemos en discusión en este documento por razones similares.

Queremos proponer una forma distinta de escribir sobre el futuro: la Orientación Estratégica. Pero antes de avanzar más allá es necesario hablar del escribir histórico, porque

creemos que nuestra tarea de escribir sobre el futuro es, en cierto modo, similar a la que los historiadores tienen respecto del pasado.

Solemos pensar que la Historia es una reconstrucción de los hechos pasados. Sin embargo, debemos reconocer que es una narrativa hecha en el presente y dirigida a futuras generaciones. El historiador, como todos nosotros, vive en el presente y se mueve entre las conversaciones de su profesión y las preocupaciones de su tiempo. Desde ahí mira hacia el pasado y trabaja con el afán de dilucidar lo que, a la luz de su comprensión, son anomalías o vacíos explicativos respecto de eventos o procesos ocurridos años o siglos atrás. Pero, a diferencia de la ficción propiamente tal, tiene una restricción esencial: debe ser respetuoso de los artefactos, documentos u otras piezas de evidencia que han sobrevivido del pasado. Su labor no es contarnos el pasado como fue, sino que imaginar cómo los eventos históricos se concatenaron unos con otros, hilar antecedentes y consecuentes hasta formar un relato explicativo del pasado que es, en cierto sentido, inventado, ya que sus protagonistas no necesariamente lo vivieron como él lo describe.

Así, por ejemplo, la Revolución Industrial es un concepto que da cuenta de un conjunto de acontecimientos que a los ojos de la historia forman parte de un solo gran proceso. Sin embargo, para quienes los protagonizaron no fueron más que eventos cotidianos, aunque relevantes, en sus vidas. Y así como ni Leonardo Da Vinci ni Miguel Ángel se veían a sí mismos viviendo el Renacimiento, tampoco los desarrolladores de la máquina a vapor o el ferrocarril vivieron la Revolución Industrial como la comprendemos hoy, porque ésta no "es el pasado", sino una interpretación histórica del mismo.

El mayor valor de la Historia –de las humanidades, en general– está en el hecho de que nos revela y nos hace sensibles a cómo nuestro presente y, por lo tanto, nuestro futuro, está condicionado y constituido por el pasado y por la manera en que se resolvieron las relaciones sociales, de poder, económicas y otras en ese momento. Podemos decir entonces que la tarea del historiador es iluminar la historicidad del ser humano e iluminar también, por tanto, nuestras posibilidades de futuro. Su labor es imaginar narrativas sobre el pasado que nos permiten reconocer lo que somos –ataduras y cegueras, luces y oportunidades heredadas del pasado que hemos sido– para con ello ampliar la conversación sobre el futuro que podemos ser.

Nosotros, desde el Consejo de Innovación, y en una tarea comparable a la de los historiadores, estamos en busca de narrativas que nos ayuden a iluminar el presente y a delinear caminos posibles, amenazas u oportunidades de futuro. Estos relatos plausibles sobre el futuro los hemos llamado Orientaciones Estratégicas.

b. Anticipar el futuro (en lugar de predecirlo)

Dados a la tarea de generar estas narrativas, comenzamos por seleccionar entre la infinidad de posibilidades de futuros imaginables aquellos que nos parecen más plausibles a partir del ser histórico que somos y de las tendencias que nos permiten, por un lado, avizorar nuevas tecnologías, transiciones de mercado y nuevas formas de vivir en el mundo, y, por otro, interpretar metas, delinear inversiones y perfilar acciones y proyectos.

Estas Orientaciones Estratégicas no pretenderán ofrecer una descripción ni mostrar alguna pretendida verdad respecto del futuro. Buscaremos sí que constituyan anticipaciones de acontecimientos plausibles que configuran horizontes y regiones de posibilidades: una narración que tenga sentido y que nos permita traducir nuestras preocupaciones en acciones del presente: relaciones, instituciones, proyectos o inversiones que hagan una diferencia.

Para ello, debemos ser capaces de:

- Detectar avalanchas[12] en curso que van a desencadenar un conjunto de disrupciones que pueden transformar el mundo, conformando nuevos espacios productivos y sociales[13]. Identificar estas avalanchas nos ayudará a imaginar posibilidades (oportunidades o amenazas) de futuro para el planeta y para Chile.

- Identificar espacios de preocupaciones políticas en los que pueden emerger nuevas realidades. El calentamiento global es un ejemplo de ese tipo de conversaciones. El envejecimiento de la población, en tanto, es una mesa que está faltando en el país y que comúnmente se aborda sólo como un problema de salud.

- Prestar atención y dar seguimiento a marginalidades (investigaciones, prácticas o tecnologías) que pueden desencadenar nuevas avalanchas disruptoras. Por ejemplo, cuando hablamos de energía sabemos que existen hoy investigaciones o desarrollos incipientes en baterías, secuestración de carbono o energía atómica que pueden ser muy relevantes en el futuro y que es necesario monitorear (observándolos con atención o incluso participando de ello en alguna medida). Son todas conversaciones que no sabemos bien en qué van a terminar, pero que emergen como fundamentales para el futuro.

c. Cuatro focos de atención sobre el futuro

Teniendo a la mano las nociones que hemos presentado podemos configurar ya cuatro grandes focos de preocupación a los cuales recomendamos apuntar:

i. El primero es lo que podemos llamar el **Desafío Planetario de la Viabilidad** y en el que se entrelazan varias de las dinámicas que hemos descrito en el subtítulo anterior: el crecimiento sostenido y acelerado de la población mundial –con mayores niveles y patrones de consumo de grandes grupos que saldrán de la pobreza– seguirá poniendo a prueba los límites del ecosistema planetario, generando una creciente demanda por recursos y servicios naturales (alimentos, en primer lugar) que, a diferencia de lo ocurrido hasta ahora, deberá ser satisfecha en un escenario de mayores restricciones derivadas de los efectos del cambio climático y las preocupaciones por la seguridad energética, alimentaria e hídrica.

ii. El segundo es una **Redefinición de la Vida y la Muerte** que surge tanto de los avances en biología, la medicina o la biotecnología, como del desarrollo de las tecnologías

[12] Aunque nuestra elaboración es diferente, es necesario mencionar que hemos tomado el término 'avalancha' del informe titulado "Avalanche is coming. Higher Education and the Revolution Ahead" elaborado por Michael Barber, Katelyne Donnelly y Saad Rizvi para el Institute for Public Policy Research del Reino Unido, publicado en marzo 2013.

[13] Si entendemos que una de las fuentes de éxito económico de las innovaciones es que sean disruptivas, podemos decir entonces que una avalancha será una sucesión permanente de disrupciones que se transforma en nuevos productos y empresas que desplazan los límites establecidos de las industrias, en este caso de la educación.

digitales, la bioingeniería y la nanotecnología. Ello, porque a partir de todas estas nuevas tecnologías, la esperanza de vida humana podría llegar a límites insospechados, la medicina de órganos y molecular, la manipulación genética hasta el punto de hacer posible el diseño de vida sintética, la biotecnología como una plataforma tecnológica que afectará a diversas industrias, son todas posibilidades que configuran un mundo muy distinto al que conocemos hoy.

iii. El tercero es la **Emergencia de un nuevo modo de ser**. En esta coyuntura lo que está en juego es la manera en que el ser humano se entiende a si mismo en un mundo cambiante, globalizado, hiperconectado, diverso, y enfrentado al desafío de preservar la vida en el planeta.

iv. Y por último, la **Exigencia de una Nueva Educación**. Enfrentados al desafío de la sustentabilidad planetaria y en una era de cambios constantes que desafían los fundamentos de nuestra cultura, vemos que la educación parece requerir no sólo nuevas tecnologías o nuevas instituciones, sino también un pensamiento diferente.

cnic
Consejo Nacional de Innovación
para la Competitividad

CAPÍTULO 5
INSINUACIONES PARA UN CAMBIO CULTURAL

Este documento ha surgido desde nuestro ser chilenos, con sus amores y pesares. En el proceso hemos descubierto el futuro como un horizonte abierto que escapa a la ilusión de la predicción –más aun en estos tiempos– y que no tiene más propósitos, identidades y sentidos que los que podamos traer nosotros mismos en relación a un mundo complejo y globalizado. Por ello, hemos escrito pensando en nuestros hijos y nietos, porque sabemos que, aunque el futuro será siempre incierto, sus vidas dependerán, en buena medida, de las decisiones que tomemos nosotros hoy.

Al final de este recorrido podemos decir que, en materia de innovación, el gran desafío para Chile es cultural. Que si queremos participar en la invención del futuro debemos ser capaces de desarrollar una nueva manera de mirar el mundo y de movernos en él, una nueva forma de pensar el presente con otros horizontes y de enfrentar la vida con un talante distinto al que hemos tenido hasta ahora.

Si tuviéramos que exponer gráficamente las dificultades culturales que tenemos como país para participar plenamente en el emerger de la historia, podríamos insinuar aquí (como oposición a una descripción exhaustiva) cuatro rasgos esenciales: a) nos gusta saber y actuar sobre seguro, no aventurarnos en la exploración, casi juguetona, de caminos desconocidos; b) no nos conectamos, o lo hacemos mal, a los nodos conversacionales del

mundo donde se está configurando principalmente el futuro; c) no nos dedicamos a las anomalías, sospechando de la rareza de quienes lo hacen; y d) tenemos serias debilidades en la manera como conversamos entre nosotros.

1. ACEPTAR EL RETO DE LA AVENTURA

Desde el comienzo de este texto hemos insistido en que vivimos en una era de cambio acelerado y permanente. Ante nosotros se presenta el horizonte abierto del futuro. Se pueden discernir tendencias que iluminan ciertas zonas, pero vemos que se reducen las certezas y resulta imposible aplicar las reglas clásicas de la planificación. El mundo y la historia se nos presentan como un océano de contingencias, con una cuota siempre impredecible de sorpresa, en el que debemos aprender a navegar (o surfear).

Aunque a primera vista todo eso podría parecer un hándicap especialmente pesado en contra de un país con poca población y pequeña capacidad productiva como Chile, estas nuevas 'reglas del juego' podrían operar también a nuestro favor si sabemos encontrar un espacio, un nicho específico. No todas son amenazas, también pueden abrirse ante nosotros nuevas oportunidades para ser participantes activos en la configuración del futuro.

Frente a ello, requerimos, en primer lugar, un nuevo talante que nos permita asumir la vida (personal y colectivamente) con el ánimo de la aventura, conscientes de los riesgos, abiertos al cultivo de redes y a la exploración de nuevos espacios conversacionales.

Un impedimento esencial para navegar en un mundo así es la organización de nuestras acciones alrededor de la creencia de que el mundo es una realidad que podemos representar y predecir y que, obteniendo buena información del pasado, podemos descubrir verdades sobre el futuro. En el pasado reciente se podía intentar con éxito planificar el futuro controlando el entorno –recursos, mercados, regiones geopolíticas, patrones culturales y éticos–, pero ya no más. Y sin embargo, estamos siempre empujados a tomar decisiones, a pensar en el futuro, a proyectar e invertir.

Enfrentados a esa obligación, suele apoderarse de nosotros una sensación de confusión o temor que nos lleva a encerrarnos en espacios locales o a bajar la mirada al corto plazo, donde nos parece posible todavía actuar con altos grados de seguridad. Sumidos en ese ánimo nos hacemos ciegos frente a las dinámicas de cambio global que orientan y determinan el futuro y ponen en tensión permanente nuestras identidades y roles, las reglas del juego, los poderes y las instituciones.

Dejarnos llevar por la inclinación de sentirnos seguros conduce a que lo comprendamos todo como problemas que deben ser resueltos fijándonos en el pasado, procurando evitar la aventura, como un viejo horror al vacío.

Querámoslo o no, estamos empujados a la aventura. Pero aventurarse no significa arrojarse de manera temeraria ante lo que pueda venir. La aventura también requiere de mapas, de cartas de navegación que serán incompletas, pero sin las cuales no es posible acumular experiencia ni orientarse. Por ello hemos planteado la necesidad de contar con orientaciones estratégicas (como las que presentamos en este documento) que nos ayuden a señalizar el camino y a tomar decisiones, sabiendo siempre que lo inesperado puede estar a la

vuelta de la esquina. Entender el futuro como el resultado combinado de nuestras herencias históricas, de nuestras intenciones y decisiones en el presente y de un conjunto de contingencias imprevisibles es esencial para plantarnos frente a él con el talante del aventurero responsable y comprometido.

Anticipar, por ejemplo, cómo puede ser un mundo en el que la medicina nos ofrezca vivir más allá de los 100 años no es un ejercicio de ciencia ficción, sino un marco fundamental de orientación para las acciones que debemos emprender hoy, para reflexionar sobre la educación que requerimos, las ciudades que vamos a diseñar o las nuevas posibilidades (oportunidades o riesgos) que se nos abren desde el punto de vista económico y social. Bien sabemos que conversar sobre la edad de jubilación con el foco puesto en el presente es incómodo (y prácticamente imposible); pero no podemos ser ciegos a que, puestos en el horizonte de mediados de siglo, resulta una cuestión ineludible.

Por el contrario, quedarnos atrapados en lo que sabemos hacer, en aquello que nos ha resultado bien por años (como la explotación de recursos naturales) no es suficiente. Es una apuesta muy riesgosa y una muestra de franca insensibilidad respecto de nuestras futuras generaciones. Pero es, por sobre todo, un rasgo de nuestra cultura que nos lleva a no enfrentar los desafíos, los peligros o la incertidumbre, una manera de posicionarnos en la historia ajenos a las preocupaciones del mundo global y condenados al rincón de los que sufren las consecuencias de lo que otros hacen emerger.

2. PASAR DE LA SOLUCIÓN DE PROBLEMAS A HACERSE CARGO DE PREOCUPACIONES

Nuestra necesidad anímica de certidumbre se manifiesta también en una disposición habituada a enfrentar el mundo como problemas por resolver, ya sea en la empresa, en la vida cotidiana o en la política. Nos olvidamos de que antes que cualquier problema –que no son cosas "objetivas" que están en el mundo, sino que nacen de un juicio– existen horizontes de posibilidades que nos incumben y que podemos llamar las preocupaciones humanas, cargadas siempre de historicidad e imaginación. Podemos decir que nuestras preocupaciones son el futuro que concierne a quienes compartimos una historia y surgen ante nosotros de manera evidente, incuestionada, proveyéndonos de afanes, propósitos y amenazas que es necesario neutralizar o sueños dignos de llevar adelante.

Reducir las emisiones de CO_2 a la atmósfera o desarrollar las energías renovables pueden ser buenos ejemplos de problemas muy apremiantes hoy, pero la preocupación global que subyace a ambos es la del cambio climático planetario y el desafío de sostenibilidad ambiental que ello supone.

Nuestras preocupaciones, como lo dice la palabra, nos tienen pre-ocupados. Nos tienen adoloridos, esperanzados, avergonzados, enamorados, impacientes, ansiosos, atemorizados, anhelantes, desafiados, ambiciosos… y, además, nos mueven. De ahí la importancia de saber "escucharlas". Pero las culturas –sean de empresas, localidades o naciones– tienden a encerrarnos en horizontes fijos de preocupaciones que nos hacen incapaces de reaccionar frente a cambios muy grandes que no alcanzamos a dimensionar o

que nos parecen fuera de nuestro alcance. Eso nos puede pasar individual y colectivamente, y le puede ocurrir a las empresas y también a los países.

En Chile, por ejemplo, estamos especialmente preocupados hoy por la educación, por el desarrollo de las regiones o por la disponibilidad de energía o agua, pero somos parcial o totalmente ciegos a los cambios que pueden significar para el mundo –y para nosotros inmersos en él– avalanchas como las de la educación superior vía internet, la biología sintética o la medicina personalizada. Por eso insistimos en que es esencial tomar responsabilidad por las preocupaciones que trascienden los límites imaginativos de nuestro pasado o nuestro espacio cultural, involucrándonos activamente con los lugares donde las nuevas preocupaciones de la historia global están emergiendo.

3. UNIRSE A LAS CONVERSACIONES QUE CREAN FUTURO

Un gran sostén en el mundo actual es la calidad de las redes de conversaciones en las que participamos con otros aventureros globales. Pero si hay algo que los chilenos no hemos aprendido a hacer bien todavía es, precisamente, conectamos a los nodos conversacionales del mundo donde principalmente se configura el futuro. No podemos seguir siendo ciegos al hecho de que saber monitorear las dinámicas de futuro, detectar las avalanchas que vienen y anticipar preocupaciones empieza a ser una dimensión estratégica para empresas y países. Y más aun, que no se trata sólo de ser capaces de visualizarlas, sino que de estar ya ahí donde puedan surgir.

Para ello se requiere una política de relaciones globales e inversiones –no sólo del Estado, sino también académicas, empresariales e individuales– que nos permitan enriquecer nuestro capital social, pasando de la lógica de 'conectarnos con el mundo' a la de 'formar parte del mundo'. En este sentido, debemos ser capaces, por ejemplo, de repensar nuestras políticas de becas (dando más valor a la generación de redes duraderas en el tiempo e incluso a la instalación de chilenos en el extranjero); de definir con nuevos criterios nuestros acuerdos internacionales de cooperación científico-tecnológica; o de aprovechar nuestros laboratorios naturales para transformar a Chile en un espacio atractivo para el desarrollo de investigación científica o tecnológica en áreas donde tenemos ventajas.

Junto con ello, se requieren también capacidades de localización de nuevas prácticas y nuevas industrias, de otras conversaciones y mundos en los que debiéramos estar participando y aprendiendo. Aunque hayamos declarado muchas veces que queremos cambiar nuestra matriz productiva, que aspiramos a participar de un mundo global y que queremos hacer de la innovación una marca distintiva de nuestra identidad, seguimos, principalmente, en la comodidad de los espacios en los que hasta ahora hemos sido exitosos.

Participar de las conversaciones de invención del mundo supone abandonar precisamente esos espacios de confort y estar abierto al riesgo del fracaso, porque los restos de cualquier experiencia fallida siempre son metabolizados, de un modo u otro, en la emergencia de nuevas prácticas.

Pero quizás la principal lección que hemos aprendido es que las grandes conversaciones que inventan el mundo no nacen de las necesidades ni de los problemas. Es

en la conexión con los mundos en que habitamos que vemos nuevas maneras de lidiar con las preocupaciones que nos embargan –siempre cuidadas dentro de las limitaciones tecnológicas, culturales y políticas de un momento histórico– y nos hacemos sensibles a nuevas preocupaciones que inicialmente emergen como desasosiegos anímicos poco articulados que llamamos anomalías. Por ello nuestra preocupación casi obsesiva por desarrollar la capacidad de anticipar avalanchas, de observar dinámicas que configuran el futuro y sobre todo, de participar de la conversación poética del mundo. Porque es en ellas que discurrimos sobre posibilidades históricamente inéditas.

Como chilenos, rehuimos de las anomalías. Nos resignan, las convertimos en problemas conocidos de difícil o imposible solución o en razones para antagonizarnos. Nos gusta saber lo conocido. Entre nosotros quienes toman en serio las anomalías despiertan la sospecha escéptica por su rareza, más que el aprecio admirado por su compromiso por traer algo nuevo al mundo.

Comprometerse con las anomalías significa embarcarnos en una aventura abierta de invención de un mundo histórico nuevo. Y en este espacio vemos que la confianza es más ineludible que nunca, aunque ya no puede fundarse en prácticas repetidas en el pasado, sino más bien en el compromiso de seguir involucrados en producir y reconstruir sistemáticamente el futuro, a pesar de las contingencias que pueden depararnos caminos ciegos, retrasos, fracasos o dificultades inesperadas.

4. CULTIVAR LA CONFIANZA Y EL COMPROMISO

La cuestión de fondo es cómo respondemos los chilenos al desafío de encontrarnos ante un futuro abierto, y la confianza mutua para emprender esa aventura es esencial. En cierto sentido, todo surge de ella y tanto nuestras instituciones como las políticas públicas tienen el rol esencial de cuidarla.

Como sociedad tenemos una debilidad inicial en lo que hemos llamado el conversar pragmático. Inmersos en el mercado y la democracia hemos adquirido una cierta habilidad para participar en conversaciones de intercambio y negociación, pero se nos hace más difícil cumplir con las promesas que de ellas derivan, sacrificando la posibilidad de alcanzar la excelencia en lo que ofrecemos al mundo, pero, sobre todo, afectando la confianza colectiva. Y debemos reconocer que en un ambiente enrarecido por la desconfianza se nos hace muy difícil ver apertura de posibilidades.

Cultivar la innovación requiere moldear ecologías sociales, crear espacios de intercambio en que actores de distintos mundos significativos puedan conversar, en que el intercambio de prácticas entre unos y otros pueda tener lugar y en que los actores locales participen del diseño de sus nuevos mundos.

Por ello, es necesario considerar la observación y cuidado de los estados anímicos en el diseño e implementación de políticas públicas. La institucionalidad democrática de Chile, nuestra economía dedicada a servir mercados abiertos y competitivos mundiales, y las buenas prácticas de manejo macroeconómico y financiero constituyen bases imprescindibles para facilitar acciones emprendedoras y de liderazgo que hagan suyas las nuevas

oportunidades que emergen en el mundo global. Pero ellas solamente abren horizontes posibles y no podemos tranquilizarnos con la seguridad de que, efectivamente, tomemos el desafío y aceptemos la responsabilidad de apropiarnos de ellas, porque el compromiso es habitualmente un estado anímico que embarga sólo a unos pocos.

Constituye una gran tarea pendiente, por tanto, el cultivo de nuestra responsabilidad histórica como nación. Y en ese sentido, surge como una nueva inspiración de las políticas públicas la de enriquecer nuestros mundos y ampliar los horizontes de posibilidades del país, de nuestras empresas, de nuestras regiones y de nuestros trabajadores.

Pero recordemos que aquello que llamamos posibilidades no son unas "cosas" más del mundo, como los árboles, los edificios o los billetes de 1.000 pesos. Tampoco consisten en información flotando libremente al alcance de todos, como el precio del pan o una fecha en el calendario. Más bien surgen como aquello que nos parece posible en un momento determinado, bajo ciertas circunstancias, dependiendo de los universos de prácticas en los que estamos inmersos, de la historia que arrastramos y la identidad que tenemos. Y ésta es una constatación especialmente gravitante para nuestra preocupación por el desarrollo.

Así, adoptar nuevas tecnologías, incorporar prácticas que están un paso más adelante de nuestras actividades actuales, aventurarse en el desarrollo de nuevos sectores productivos, conectarse con otros lugares y saber "moverse" entre distintas culturas, son todas formas de enriquecer mundos y abrir posibilidades. Sabemos que en esta era de mercados abiertos y de una cultura globalizada esto está operando todos los días y de manera natural, y lo notamos en cómo se va modificando el estilo de nuestras ciudades, los servicios y tecnologías disponibles y las aspiraciones de nuestros ciudadanos. Pero creemos también que es posible *intencionar* este tipo de impactos en función de los intereses de un país o una comunidad local y que la acción pública debe jugar un rol importante en esa dimensión.

5. LA ESPERANZA RADICAL COMO UN NUEVO ESTADO DE ÁNIMO A CULTIVAR

A lo largo de esta reflexión hemos visto la importancia de las tonalidades emocionales. En general, desde el sentido común tenemos la tendencia a clasificar a las personas en optimistas, pesimistas o indiferentes. Pero hoy nos encontramos ante esta era de cambio en la que se han desatado fuerzas muy grandes frente a las cuales los seres humanos están reaccionando de maneras imprevistas.

Como nunca antes los efectos de los actos de los seres humanos pueden tener consecuencias tan masivas e inesperadas que pueden cambiar completamente nuestros mundos o la manera de habitarlos o comprenderlos. En ese escenario, es muy fácil caer en estados de ánimo que nos lleven a la utopía o bien a la vereda totalmente contraria de la distopía. Y resulta imposible también, para cualquiera que aspire a gobernar, contar con la seguridad de que su orientación será certera.

Nuestra responsabilidad es con Chile y no podemos caer en ninguno de estos extremos. Si somos optimistas podemos ser complacientes, si somos pesimistas podemos

terminar en el inmovilismo. Por eso pensamos que, junto con cultivar ciertas virtudes, frente a una era de cambios radicales de mundos, es necesario cultivar un nuevo estilo de ánimo que llamamos esperanza radical[14].

Este estilo, que ha estado presente en el pasado, y que se hace cargo de nuestra responsabilidad con las nuevas generaciones consiste, en primer lugar, en el compromiso de que, más allá de todas las vicisitudes y la incertidumbre que supone el futuro, vamos a hacer todo lo que esté a nuestro alcance para legar a nuestros hijos y nietos un mundo mejor. Y junto con ello, supone la confianza de que ellos van a tener el talento y la capacidad para saber hacer lo mismo cuando llegue el momento en que deban hacerse cargo del mundo.

Existen ejemplos en la historia, reinvenciones en momentos de conquista o de exilio, y estamos convencidos de que son impulsados por ese sentir esencial colectivo que tratamos de atrapar bajo el nombre de esperanza radical. Y ella va de la mano del hacernos cargo, hasta donde sea humanamente posible, de lo que está presente y de lo que podemos anticipar estratégicamente en el presente, así como de educar y formar cabalmente en el nuevo estilo de navegar a nuestros descendientes para que ellos y nosotros seamos capaces de reinventar el sentido de nuestra existencia cada vez que sea necesario.

[14] Tomamos el término y sus principales implicancias del filósofo y sicólogo estadounidense Jonathan Lear. Lo desarrolla en su libro "Radical Hope", donde estudia los dramáticos cambios que enfrentaron las tribus aborígenes norteamericanas, en particular la Nación Cuervo (Crow Nation), cuando el modo de vida que conocían llegó a su fin.

cnic
Consejo Nacional de Innovación
para la Competitividad

SEGUNDA PARTE

ORIENTACIONES ESTRATEGICAS PARA CHILE EN TRES GRANDES ESPACIOS DE PREOCUPACIÓN

En esta segunda parte, que emerge del marco comprensivo orientador que es la primera, presentamos tres ejercicios de Orientación Estratégica para Chile.

No pretendemos con ellas, como hemos advertido antes, ni ser exhaustivos ni predecir el futuro, sino más bien ofrecer narrativas de anticipación –responsables y comprometidas– que nos ayuden a pensar el presente, abriéndonos a nuevas conversaciones y preocupaciones y preparándonos para *surfear* la historia.

Nos hacemos cargo aquí de tres espacios que –según hemos visto ya en el Capítulo 4– emergen como fundamentales para el mundo, y para Chile inserto en él: el energético, el educativo y el de las oportunidades y amenazas que supone la nueva biología.

Para escudriñar en estos territorios hemos ampliado el horizonte de mirada hasta 2050. Y, tal como hemos propuesto anteriormente, hemos buscado detectar avalanchas en curso, conversaciones y prácticas marginales emergentes que puedan transformar los mundos que habitamos.

El resultado son tres ejercicios interpretativos singulares, porque cada espacio –aunque a veces se entrecrucen o se parezcan– tiene su propia realidad, sus propias implicancias, su propia historicidad y su particular impacto en nuestra forma de vivir en el mundo.

I. ORIENTACIONES ESTRATÉGICAS EN EL ÁMBITO DE LA ENERGÍA

Podemos decir que la energía será el principal problema geopolítico y económico mundial de los próximos 40 años. Pero, para ser más justos, debemos decir que ésta es sólo una de las dimensiones de una preocupación aun más fundamental para la humanidad: el **Desafío Planetario de la Viabilidad**. En él se entrelazan los efectos de varias de las dinámicas que están configurando el futuro del planeta: la globalización, el cambio climático, el crecimiento sostenido y acelerado de la población, y la creciente demanda por energía, alimentos y recursos naturales que supone este salto demográfico.

Como nunca antes nos vemos obligados hoy a mirar la Tierra como un sistema complejo imposible de separar de la actividad humana, un sistema sometido a una multiplicidad de cambios con consecuencias muchas veces inesperadas y que hoy preocupan ya no sólo a los movimientos ecologistas o a las comunidades locales afectadas, sino que se han ido convirtiendo en ejes de las conversaciones políticas de los estados y los foros internacionales, porque sus implicancias son también globales.

Por ello, creemos que en el horizonte de mirada que guía este documento el mundo deberá tomar decisiones muy relevantes y comprensivas sobre estos desafíos. Aunque los escasos avances de las últimas conferencias internacionales sobre cambio climático podrían hacer pensar lo contrario, las muestras de preocupación y las acciones concretas que han comenzado a adoptar, por ejemplo, los gobiernos de Estados Unidos, Europa y China apuntan en el sentido de una nueva fase de reconfiguración político-económica de impacto global.

En esa perspectiva plantearemos un escenario interpretativo, no predictivo, de que hacia 2020 estos cambios decantarán en la forma de un acuerdo internacional sobre energía. Planteamos este escenario como una hipótesis altamente plausible, pero sabemos que su validez depende –más que de un hecho científico, comprobable– de una narrativa interpretativa, de cómo los estados, las naciones y las sociedades van a reaccionar para enfrentar los cambios planetarios. Lo proponemos, además, porque nos parece que el costo de no preocuparse de estas conversaciones que están en curso puede ser muy alto para Chile.

1.
LA HERENCIA DE LOS SISTEMAS ENERGÉTICOS

El desarrollo de la humanidad se ha caracterizado por una búsqueda constante de nuevas fuentes de energía, porque nada "se mueve" en el mundo sin ella.

Cuando los humanos dejaron de ser cazadores nómades (hace aproximadamente 10.000 años) y aprendieron a cultivar el suelo y se asentaron, las necesidades energéticas en general se satisfacían con los músculos de los mismos seres humanos, además de la ayuda de animales de trabajo y algunos elementos o fuerzas de la naturaleza. El viento y las corrientes, por ejemplo, servían a la navegación y el fuego –quizás una de las primeras tecnologías utilizadas por el hombre– hacía posible extraer energía de la madera para calentar los hogares, cocinar los alimentos, fundir metales y hacer cerámicas. Así sería por varios miles de años.

En las primeras fases de la industrialización se desarrollaron nuevas tecnologías o se expandieron algunas ya conocidas para transformar la energía hidráulica en trabajo mecánico. Éstas fueron sucedidas por el uso de carbón y el vapor, lo que generó un primer gran impacto en términos productivos (de la artesanía y la agricultura a la manufactura industrial), de transportes, en el desarrollo urbano (de la sociedad rural a la urbana) y en la organización económica.

Hacia fines del Siglo XIX apareció también la electricidad, que no sólo simplificó enormemente la distribución de la energía y permitió el movimiento de muchas máquinas e industrias, sino que comenzó a cambiar el rostro de las ciudades y la vida cotidiana en las más diversas formas. La electricidad es fácil de canalizar y entrega una precisión, una instantaneidad y una versatilidad casi infinita. Pero fue la innovación que significó el uso del petróleo la que tuvo el impacto mayor.

Su abundancia, los precios bajos y su alto contenido de energía en relación con su volumen, transformaron al petróleo de inmediato en la mejor opción para reemplazar el trabajo hecho por animales u otras formas de energía en todas las actividades posibles, desde la minería y la industria hasta la agricultura y el transporte. Un barril de petróleo (159 litros) tiene la misma energía que 12 personas trabajando un año entero, es decir, más de 20.000 horas de trabajo manual. Todas estas ventajas explican, sin duda, el hecho de que Estados Unidos y Europa pasaran de ser economías y sociedades autosuficientes energéticamente –cuando estaban basadas en el carbón– a ser cada vez más dependientes del petróleo importado.

La mayor disponibilidad de energía, de fuentes más eficientes y comparativamente más baratas, empujó con fuerza el crecimiento de las sociedades industriales desde fines del Siglo XIX y trajo consigo también un fuerte aumento de la población, lo que, a su vez, empujó aun más la demanda por energía para producir más. Según datos del Consejo Nacional para la Ciencia y el Medioambiente de Estados Unidos, desde 1950 la producción de petróleo ha aumentado más de diez veces, mientras la población ha crecido dos veces y media y la economía se ha expandido diez veces. Aunque hoy los países industrializados son mucho menos intensivos en el uso de energía, las naciones en vías de desarrollo son y seguirán siendo grandes demandantes de energía. De hecho, China casi duplicó su capacidad de producción eléctrica entre 2004 y 2010 y es probable que lo duplique nuevamente en unos pocos años más. Se espera, en tanto, que el consumo energético de la India –otro de los gigantes económicos emergentes– se incremente a más del doble del actual entre el 2010 y el 2035, y en el mismo período, el consumo energético del mundo crecerá en un 47%.[15]

Un ejemplo muy ilustrativo de la centralidad de la energía en nuestra vida lo hemos tomado prestado a Anders Wijkman: El trabajo duro de una persona podría generar 100 watts de potencia, alcanzando quizás un kilowatt-hora por día. Con este dato es posible decir que cada habitante de Suecia requeriría la ayuda continua de más de 100 personas para cubrir sus necesidades energéticas diarias, mientras que en Estados Unidos, un país mucho menos eficiente energéticamente, esta proporción sería igual a 200 por cada habitante.

Nuestra civilización es altamente dependiente de la energía que obtenemos de los combustibles fósiles. Sabemos que el petróleo u otros combustibles fósiles mueven, en gran medida, el transporte (aéreo, terrestre y marítimo), la calefacción y la actividad industrial. La electricidad, por su parte, es clave para la iluminación, la industria, la refrigeración, el aire acondicionado, la radio y la televisión y un sinfín de artefactos que usamos en nuestra vida cotidiana, pero a todo ello hemos agregado la computación, las telecomunicaciones y la internet, sin las cuales pareciera que ya no podemos vivir. Lo que no vemos, sin embargo, es que casi el 70% de la energía eléctrica que se produce hoy en el mundo está basada en el carbón o el petróleo.

Nos damos cuenta de que vivimos con una arquitectura energética heredera, en buena medida, de decisiones tomadas en el siglo XIX que privilegiaron el petróleo (barato, disponible y eficiente)[16] y sus derivados sobre otras fuentes energéticas. Pero las condiciones han cambiado porque, como resulta obvio, los efectos negativos del uso de los combustibles fósiles no fueron parte de las consideraciones que se tuvieron a la mano hace más de 100 años. El problema es que hoy, cuando emerge entre nosotros la preocupación por la viabilidad planetaria, y pensamos en cambios y en modelos distintos hacia los que quisiéramos avanzar, no podemos desconocer la inercia de una cultura creada en torno a los combustibles fósiles que no es fácil de modificar, ni en la vida cotidiana ni en la economía.

[15] Los datos que la Energy Information Administration (EIA) norteamericana publica en sus reportes anuales "IEA Key World Energy Statistics" registran los datos históricos, en tanto la Agencia Internacional de Energía de la OCDE realiza proyecciones en su World Energy Outlook 2012 donde se muestran las tendencias indicadas.

[16] Con el precio del petróleo en US$ 100 el barril, a una persona de Estados Unidos le bastaría trabajar 15 minutos para ganarse 4 litros de petróleo.

2.
CALENTAMIENTO GLOBAL

a. La emergencia de una nueva conversación global

Hace veinticinco o treinta años una nueva preocupación de la humanidad comenzó a escucharse: la conversación acerca del Calentamiento Global. Si bien había comenzado mucho antes como diálogo científico, fue alrededor de esos años que se hizo sentir como una inquietud que involucraba no sólo a los investigadores, sino también a los políticos.

Lo que está en juego en esta conversación no es menor: la concentración de CO_2 en la atmósfera se ha disparado a niveles sin precedentes en la historia humana. Cuando los científicos analizaron las burbujas de aire atrapadas en los últimos 400.000 años en los hielos antárticos encontraron concentraciones de CO_2 que más allá de las variaciones[17], no superaban nunca las 300 partes por millón (ppm). En los últimos 50 años, en tanto, los niveles han subido de 320 a 400 ppm. Durante ese mismo periodo, los científicos han podido determinar que, a la par del aumento en el nivel de CO2 en la atmósfera, la temperatura media también ha subido, derritiendo hielos, elevando el nivel de los océanos e inundando amplias zonas costeras en todo el planeta.

Tómese en cuenta que, en las condiciones actuales, bastaría un solo metro de aumento en el nivel de los océanos para que millones de personas que viven en zonas costeras e insulares vieran cómo su hábitat se vuelve tremendamente vulnerable y en algunos casos completamente inhabitable[18]. Pero este es sólo uno de los impactos asociados al calentamiento global. Afirmaciones similares a la anterior pueden hacerse respecto de otros escenarios tales como: aumento o disminución de lluvias en diversas latitudes del planeta, mayor ocurrencia de tormentas y huracanes, olas de calor, expansión de epidemias tropicales, pérdida de productividad agrícola, derretimiento de glaciares, acidificación de los océanos, etc. Varios de estos escenarios podrían darse en Chile, cambiando drásticamente nuestro paisaje y las condiciones de habitabilidad en grandes zonas del país.

[17] Las variaciones de concentración encontradas en tales estudios oscilan entre 180 a 300 partes por millón.

[18] Según diversos cálculos científicos, si se derritiera completamente el hielo de Groenlandia, el nivel de los océanos se elevaría 7 metros.

Respecto de la magnitud del cambio climático las estimaciones son variadas. James Hansen, climatólogo y una las voces más reconocidas de Estados Unidos en esta materia, afirma que un nivel de concentración de CO_2 superior a 350 ppm es inaceptable. En las conversaciones políticas internacionales, en tanto, se habla de 450 ppm como el límite que determinaría un aumento de la temperatura del planeta en 2º C. El reporte Stern de Inglaterra reconoce que dicha meta es muy difícil de lograr y propone apuntar a un límite de 550 ppm.

b. De la conversación científica a la acción política

El primer espacio de conversación internacional respecto de este fenómeno fue el Panel Intergubernamental para el Cambio Climático (IPCC, por su sigla en inglés) creado en 1988 por las Naciones Unidas y la Organización Meteorológica Mundial. Se trata de un panel científico que actualiza sus recomendaciones en períodos de cuatro o cinco años y que ha presentado ya cuatro informes (1990, 1995, 2001 y 2007)[19]. En el último de ellos, que cita más de 6.000 publicaciones, indica que el calentamiento global es inequívoco y que muy probablemente (probabilidad mayor a 90%) es provocado por el aumento observado de los gases de efecto invernadero.

Ha sido principalmente en esta instancia donde el discurso experto ha interactuado con los gestores de políticas públicas en distintos campos tales como la agricultura, la economía y la energía, y por ello ha ido transitando de ser un espacio eminentemente técnico-científico a uno político, caracterizado por la presión hacia la toma de acciones para detener o revertir el impacto del calentamiento global. El punto de inflexión en este sentido fue la Cumbre de la Tierra de Río de Janeiro (1992), entre cuyos logros se cuenta la aprobación de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (UNFCCC, por su sigla en inglés). Esta instancia se hizo cargo de abrir conversaciones políticas que se nutrieran de las conversaciones científicas condensadas en los reportes del IPCC y permitieran lograr acuerdos para enfrentar la potencial amenaza del cambio climático.

Quizás la conferencia anual más importante en el marco de esta Convención ha sido hasta ahora la de 1997 en Japón, donde los gobiernos acordaron el llamado Protocolo de Kioto, que determinó medidas más enérgicas y jurídicamente vinculantes para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero a un nivel determinado, generalmente un porcentaje de variación respecto de las emisiones de 1990. Este protocolo, que estuvo en vigencia desde 2008 a 2012, dio fuerza a las propuestas de la Convención y ha sido ratificado hasta el 2009 por 187 países, pero siguen sin incorporarse plenamente a él Estados Unidos y China, los dos más grandes emisores de gases de efecto invernadero del planeta.

Sin embargo, el avance desde entonces ha sido mínimo. El acuerdo no se ha cumplido y en las 16 conferencias siguientes no se ha logrado ampliar el número de países

[19] El IPCC recibió el Premio Nobel de la Paz en 2007 "por sus esfuerzos para construir y difundir un mayor conocimiento sobre el cambio climático provocado por el hombre, y para sentar las bases de las medidas que son necesarias para contrarrestar ese cambio".

que suscriben plenamente del Protocolo de Kioto, no se ha extendido su período de vigencia ni se han adoptado medidas más estrictas y/o vinculantes. Si bien en la última conferencia en Doha (2012) se acordó una enmienda –que entre otras cosas suma un segundo período de vigencia–, los países que la ratificaron comprenden sólo el 15% de las emisiones globales.

c. Cuatro interpretaciones o aproximaciones al fenómeno del cambio climático

En la conversación sobre el calentamiento global coexisten hoy diversas interpretaciones. Proponemos distinguir cuatro principales.

En primer lugar, están los escépticos, quienes piensan que se trata de una "discusión de científicos" y, por tanto, poco fiable. Para este grupo, los estudios no han arrojado certezas ni pruebas convincentes y, por tanto, no existen todavía argumentos contundentes para tomar acciones al respecto.

En segundo término están los que no sólo niegan el fenómeno, sino que afirman que se trata de un engaño. Según quienes se cuentan en este grupo –que incluye al destacado geógrafo y meteorólogo estadounidense y experto en huracanes, William Gray– se trata de una invención de gente que está en contra del crecimiento económico. El *"climate-gate"* –la divulgación de miles de correos electrónicos entre climatólogos– fue un intento anónimo de denunciar este supuesto engaño ante la opinión pública.

En tercer lugar, la que afirma que efectivamente existe este fenómeno y que, por tanto, hay que intervenir de manera decidida las emisiones de gases de efecto invernadero. Parte importante de estos actores proviene del mundo científico que participa en el IPCC.

Por último, está la posición de aquellos que, además de estar convencidos de que el fenómeno de calentamiento planetario está en marcha, están alarmados por sus posibles consecuencias, porque de ser cierto, no tendremos un botón "deshacer" que nos permita volver atrás. Entre quienes sostienen esta posición se cuenta el ex vicepresidente de Estados Unidos Al Gore, uno de los principales líderes políticos globales comprometidos con esta preocupación, y el meteorólogo y ambientalista James Lovelock, autor de la Hipótesis de Gaia[20]. Afirman que las consecuencias del cambio climático llegarían para quedarse y que el mundo que dejaremos a nuestros hijos y nietos será sin duda radicalmente distinto al que conocimos. Y es tal su alarma que se han declarado a favor de la energía atómica, la que –según explican– podría reemplazar de manera más eficiente a las plantas alimentadas con combustibles fósiles y complementar a las otras energías limpias[21].

[20] La Hipótesis de Gaia postula que la atmósfera y la parte superficial del planeta Tierra se comportan como un todo coherente donde la vida, su componente característico, se encarga de autorregular sus condiciones esenciales tales como la temperatura, composición química y salinidad en el caso de los océanos. Gaia se comportaría como un sistema auto-regulador (que tiende al equilibrio).

[21] Esta postura está siendo activamente desplegada, al punto que en junio de 2013 se estrenó la película *Pandora's Promise*, donde se pone en relieve la amenaza del calentamiento global y se muestran los avances en materia de seguridad luego de los desastres de Chernobil y Fukushima. Entre quienes participan en ella se cuentan los ecologistas Stewart Brand y Mark Lynas, y el autor del libro "La creración de la bomba atómica", Richard Rhodes.

***

Debemos decir finalmente que, a pesar del fracaso político internacional y de las diversas interpretaciones en conflicto, la amenaza del cambio climático ya cambió el panorama político del mundo.

Todo hace pensar, por tanto, que si los desastres naturales asociados al clima siguen agudizándose –como pareciera que está ocurriendo–, hacia el año 2020 existirá un acuerdo global que incluiría medidas como impuestos sobre el carbono, fijación de límites de emisiones y multas, protección radicalmente estricta de áreas verdes, fondos globales para adaptación territorial, entre otros. Pasarían de ser meras recomendaciones o simples acuerdos a decisiones vinculantes. Y otro escenario, no menos probable, es que simplemente, dada la urgencia, los países más poderosos terminen por imponer al resto el acuerdo al que ellos lleguen.

Sin lugar a dudas, cualquiera de los escenarios político-económicos anteriores, afectará a nuestro país. Sin ir más lejos nuestra producción de electricidad está siendo cada vez más dependiente de combustibles fósiles que son los responsables de más del 80% de las emisiones de CO_2 en el mundo. Lo recomendable, por tanto, es que nos anticipemos a dichos escenarios, donde la energía sin emisiones en sus distintas versiones jugaría un papel preponderante.

3.
HORIZONTES DE INNOVACIÓN PARA LA ENERGÍA

Mientras más crecemos económicamente y superamos los niveles de pobreza requerimos más energía. Más personas y con más ingresos, requieren también más alimentos y más agua, y estos son elementos todos muy íntimamente relacionados: los alimentos requieren tierra, agua y energía, y producir más energía requiere de agua y tierra. Y todo esto ocurre en un mundo donde el cambio climático parece estar disminuyendo la disponibilidad de agua.

Por ello, reiteramos que hacia 2020, las tensiones políticas derivadas de esta conjunción de factores deberán traducirse en un nuevo acuerdo internacional energético. Algunos síntomas están ya sobre la mesa. El Presidente Obama, que en su primer período prometió reducir un 80% la emisión de CO_2 al 2050 pero no mostró muchos avances, ha vuelto a la carga con una meta más modesta: reducir un 17% al 2020[22]. En Europa, Alemania es el principal impulsor de que la Unión Europea se ponga metas más exigentes de reducción de emisiones de CO_2 al 2020. Y a comienzos de julio de este año, China y Estados Unidos acordaron cinco iniciativas con el objetivo de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y la polución atmosférica.

Sin embargo, en atención al fracaso de acuerdos anteriores, es muy posible que un nuevo acuerdo no pase por las instancias actuales (la UNFCCC y el IPCC). Más bien, dependerá de un encuentro estratégico entre grandes consumidores y productores a nivel mundial, en medio de nuevas exigencias medioambientales impuestas por ellos mismos. Y así como hay un Consejo de Seguridad mundial, podemos esperar que exista un "Consejo de Viabilidad Planetaria".

Un acuerdo como el que mencionamos no será sencillo. A las inercias propias de un sistema tan complejo y enraizado en nuestra cultura y nuestra economía se sumarán los intereses de los distintos actores (sean Estados o empresas): por un lado, los grandes

[22]De hecho, tal como lo reportó el New York Times, pocos días después de ganar la elección presidencial del 2008 Obama indicó que no tenía intenciones de disminuir su promesa de campaña de la reducción del 80% ("Obama Affirms Climate Change Goals"). Sin embargo, en el mismo periódico podemos encontrar, casi 5 años más tarde, como el Presidente Obama promete una reducción más modesta, si bien el artículo lo menciona como una "ambicioso plan para reducir gases de invernadero" ("Obama Outlines Ambitious Plan to Cut Greenhouse Gases").

consumidores; por otro, las economías emergentes –cuyo crecimiento está acoplado al consumo cada vez mayor de combustibles fósiles–; y por último, los países y empresas transnacionales productores de combustibles fósiles, cuya riqueza depende de ese mercado.

Con esas consideraciones, proponemos distinguir tres temporalidades: el horizonte inmediato desde el presente hasta el 2020, el horizonte del mediano plazo entre 2020 y 2050, y el horizonte mas allá del 2050.

i. El periodo desde ahora hasta 2020 es el horizonte de la eficiencia en el uso de la energía y, atendida la inercia del sistema, de la apertura para instalación de las energías renovables.

Los esfuerzos durante este período debieran estar enfocados en producir ahorro: en reducir la energía que se pierde por razones termodinámicas, de transporte y de ineficiencia. Y también debemos aprovechar holguras que tenga el sistema e introducir mayor eficiencia especialmente en las construcciones: calefacción, luz, aire acondicionado, aislación.

En este horizonte se requiere también de la introducción de energías limpias y el monitoreo de algunas innovaciones que van en esta línea, como el desarrollo de la energía fotovoltaica, la energía eólica y las baterías, principalmente. El rol de las energías limpias crecerá, pero seguirán siendo, en este periodo, una parte menor del sistema energético.

No es posible imaginarse que el mundo va a reducir el carbón de la noche a la mañana. Por lo tanto, junto con la exploración de algunas áreas de innovación, será necesario abrir espacio para una transición desde combustibles fósiles más contaminantes (petróleo y carbón) a otros de menor impacto (como el gas natural) y aprovechar la hidroelectricidad, optando, eso sí, por proyectos de bajo impacto ambiental.

ii. El segundo horizonte, entre el 2020 y el 2050, es el de la desfosilización de la economía y del *partnership* entre las energías limpias y el sistema eléctrico.

En este horizonte vale la pena mantenerse atento a la pregunta sobre la posibilidad de contar con secuestración de carbono[23] a un precio económico, energías renovables y *smart grids*. En general será el tiempo para la consolidación de tecnologías de mitigación.

También en este horizonte, deberá ponerse atención al desarrollo de las baterías que pueden solucionar una de las principales complicaciones que presentan algunas fuentes de energías limpias (como la solar y la eólica) que es la intermitencia de su producción.

La energía atómica, por su parte, también debe estar en la mira del horizonte 2020 a 2050. Aunque actualmente está muy cuestionada, esas restricciones no necesariamente se mantendrán a futuro. Si el problema del calentamiento global o del cambio climático adquiere las proporciones políticas que sospechamos, la energía atómica, con una tecnología moderna podría empezar a ser considerada como viable.[24]

---

[23] Nos referimos no sólo a la captura de carbono por medio de métodos "naturales" como la reforestación, sino a tecnologías de captura y almacenaje de carbono en que el dióxido de carbono es artificialmente separado de otros gases en emisiones industriales, comprimido, transportado y luego almacenado aislado de la atmósfera.

[24] Bill Gates, a través de su fundación, está apoyando proyectos energéticos alternativos. En especial. el desarrollo de reactores nucleares más seguros, limpios y eficientes, que requieren un 10% del uranio fisible (en comparación con los reactores actuales). Hoy

Asimismo, en este horizonte estaremos buscando cómo resolver los problemas políticos y las consecuencias que van más allá del problema energético. Por ejemplo inundaciones, migraciones, etc. Se va a plantear si es posible encontrar alguna forma de gobierno planetario diferente a la de hoy. Pues está claro que las dos instituciones fundamentales, que son los estados y el mercado, no resuelven el problema. En este sentido, se requeriría una intervención de tipo mayor que tendría enormes consecuencias.

3. Finalmente, está el horizonte del 2050 hacia delante, donde hay una serie de posibilidades o amenazas que pueden surgir y que es muy difícil visualizar ahora, aunque ya

hay gente trabajando en la investigación de nuevas formas de energía atómica, en el horizonte de la fusión atómica, en la geoingeniería, en los nanomateriales y en el uso de bacterias (incluyendo sintéticas) para fuentes energéticas, entre otras.

La tarea principal respecto de este horizonte es observar, saber que existen laboratorios que están desarrollando estas nuevas posibilidades y monitorearlos.

están en etapa de modelos computacionales, todavía no hay prototipos y no se espera que pueda estar en operación alguna planta de este tipo antes de 2030..

4.
ORIENTACIONES PARA CHILE

a. Un golpe de realismo

Chile es un país pequeño. Es un consumidor neto de energía, pero está lejos de los grandes mercados vinculados al mundo de la energía. Más aun: es insignificante en términos de emisión de gases de efecto invernadero o en lo que se refiere al naipe geopolítico al que hemos hecho referencia anteriormente, pero sin duda se verá afectado por las decisiones que se tomen para enfrentar los problemas derivados del cambio climático.

Nuestro país no posee recursos fósiles, ni desarrollos tecnológicos importantes y su energía eléctrica es cara: en 9 años subió de US$ 26 a US$ 200 por MW/hora. Es decir, tuvo un aumento de un 670%[25]. Y nuestra economía, como la de cualquier país en desarrollo, es intensiva en el uso de la energía (el sector minero es el ejemplo más apremiante). Por ello, más allá de los saltos de eficiencia que se puedan alcanzar, podemos esperar que nuestra demanda de energía seguirá al alza. La pregunta es cómo generaremos la energía que nuestro propio crecimiento y expectativas de calidad de vida nos demandará en las próximas décadas. Y se hace más acuciante si se toma en cuenta que los cambios en materia energética son de largo aliento, pues las matrices energéticas arrastran una gran inercia.

En nuestro caso, además, debemos plantear tales cambios en relación a otro factor crítico: el agua. Ya estamos teniendo escasez de agua y los efectos del cambio climático agudizarían esta situación.

En Chile tenemos que tomar decisiones en un horizonte inmediato respecto de nuestra matriz energética. En este documento no vamos a entrar en esta dimensión, porque la discusión técnica actual ha sido amplia y está en manos de las autoridades políticas llevar adelante los cambios. Lo que sí esperamos es que esas decisiones se tomen con un horizonte más amplio.

[25] Es la falta de inversión adecuada lo que explica este sorprendente aumento, como indica Jorge Quiroz y Andrea Tokman, en el capítulo "Un nuevo trato para la energía", que es parte de las 95 Propuestas para un Chile mejor del Grupo Res Pública Chile. Y esta falta de inversión se debe a un modelo de inversión que omite las preocupaciones de la sociedad civil respecto del tipo de energía a utilizar y el emplazamiento de su generadora, que en la práctica ha logrado retrasar e incluso detener proyectos de inversión.

b. Algunas consideraciones para Chile

En Chile tenemos acceso en grandes cantidades a una energía renovable no convencional: el sol. El norte de nuestro país es un verdadero laboratorio natural[26] para el desarrollo de esta fuente energética: cuenta con una de las mejores radiaciones solares del planeta, con un margen de al menos un 30% por sobre España, un 10% respecto de Nevada, Estados Unidos, y más de un 100% respecto de Alemania (que es uno de los países líderes en el uso de estas tecnologías). Adicionalmente, la baja sostenida de los costos de los paneles solares en los últimos 30 años[27] está acercando rápidamente esta tecnología a los precios competitivos para la generación eléctrica[28].

Para dimensionar la magnitud de las posibilidades que se nos abren valga el siguiente dato: siendo conservadores, con la tecnología actual se requeriría una superficie de aproximadamente 600 km² (un 70% del lago Llanquihue) para generar la misma cantidad de energía que genera todo el sistema energético nacional (SIC+SING)[29]. Si consideramos las mejores ubicaciones en el norte de Chile y tomamos en cuenta las mejoras en eficiencia que están siendo desarrolladas hoy en día, esta superficie podría ser mucho menor.

Seguramente, más temprano que tarde, estas tecnologías serán competitivas, pero ese no es realmente el dilema. Parte de nuestro problema hoy es que sólo pensamos en nuestros requerimientos de electricidad y olvidamos que el sol es una fuente de energía primaria que puede tener diversos usos. Este sesgo nos impide ver la relevancia que podría tener en la zona norte el que emergiera un ecosistema enfocado en la energía solar que aprovechara este laboratorio natural con mayor inversión, investigación, servicios, proveedores, etc.

Frente a ello, proponemos invertir en una aplicación marginal de la energía solar que aborde otro problema en el norte de Chile: la disponibilidad de agua. Con la presencia de radiación solar abundante a lo largo de cientos de kilómetros de costa es factible pensar en desalinizar agua de mar con el fin de producir agua dulce, un recurso cada vez más escaso en dichas regiones.

Aprovechar la oportunidad de implementar soluciones en ámbitos marginales como éste, nos permitiría acumular capital técnico y humano, sumar confianza con los inversores y participar con las comunidades locales para avanzar posteriormente hacia aplicaciones de

[26] Recogemos aquí los elementos centrales de la propuesta del presidente de Conicyt, José Miguel Aguilera, entendiendo los laboratorios naturales como espacios de posibilidades basados en alguna ventaja comparativa única que posee el país por condiciones naturales o por tradiciones enraizadas en la población o como resultado de esfuerzos públicos o privados desarrollados en el pasado.

[27] De hecho, Ramez Naam escribiendo para Scientific American sostiene que la Ley de Moore también se aplica a la celdas solares http://blogs.scientificamerican.com/guest-blog/2011/03/16/smaller-cheaper-faster-does-moores-law-apply-to-solar-cells/

[28] La agencia de información energética de Estados Unidos (EIA) proyecta en su documento de prospección 2013 "Levelized Cost of New Generation Resources in the Annual Energy Outlook 2013", un costo nivelado de US$ 144 por MW/hora para generar electricidad con paneles fotovoltaicos en el año 2018, bastante menor que nuestro costo marginal hoy en día en el SIC, que está en torno a los US$ 200 por MW/hora como indicamos previamente.

[29] Cálculo elaborado por el profesor Roberto Román, experto en energías renovables, por encargo del CNIC.

mayor envergadura como la generación eléctrica[30]. No está demás decir que la escasez de agua es un factor determinante en la viabilidad de grandes proyectos mineros y agrícolas en las regiones del norte, por lo que su implementación podría tener un gran impacto a corto plazo.

Tomar la vía de aprovechar las condiciones naturales (sol, tierra y mar) y las necesidades de agua de nuestro norte significará, eso sí, sortear un problema socio-político-económico: asignar las tierras necesarias y adecuadas para llevar adelante tal iniciativa. En este caso tierra, agua y energía estarían interconectados. Formarían el nudo de una misma conversación socio-político-económica.

Otra posibilidad a explorar es retomar y proyectar el uso de la energía hidroeléctrica –que representa un tercio de la matriz eléctrica actual– con proyectos de bajo impacto ambiental y el gas natural, para que sean en el corto plazo las tecnologías de expansión del sistema eléctrico y sirvan de transición hacia una matriz con menos emisiones de gases de efecto invernadero. Los recientes desarrollos del gas de esquisto (*shale gas*), junto con las menores emisiones de CO2 y su menor impacto ambiental local favorecen esta opción, tanto de un punto de vista económico como político[31].

Respecto de la energía nuclear existe, como sabemos, una fuerte oposición en la opinión pública, especialmente luego del reciente desastre de Fukushima-Daiichi. Sin embargo, es una alternativa que no genera mayores emisiones de gases de efecto invernadero, al punto que algunos grupos ecologistas, que antes eran detractores, hoy la apoyan, con los resguardos que ofrecen sus protocolos de seguridad. Valdría la pena monitorear cómo siguen las conversaciones en este sector.

Otras alternativas, como los biocombustibles, la eficiencia energética, la energía eólica, la geotermia y la mareomotriz también deben estar en nuestro radar. Dado que en la evolución de las tecnologías algunas de ellas pueden perfectamente convertirse en una avalancha, Chile no puede esperar de brazos cruzados. Nuestras relaciones internacionales, tanto políticas como científicas y técnicas, deben asegurarnos un espacio dentro de los círculos conversacionales que llevan la delantera en temas regulatorios y tecnológicos. Un país que no posee abundancia de recursos energéticos no puede darse el lujo de perderse oportunidades.

Lo que proponemos es un compromiso irrenunciable del país a seguir varias líneas, las que requerirán alianzas público-privadas, respaldos legales y políticos, y políticas que favorezcan las relaciones con instituciones de otros países a través de diversos instrumentos: acuerdos de cooperación, inversión extranjera para proyectos en Chile, becas para formación y perfeccionamiento de científicos e ingenieros, capital de riesgo, etc.

---

[30] De hecho, tres de las más importantes mineras del país (Collahuasi, Codelco, y Antofagasta Minerals) que han instalado plantas fotovoltaicas que sustituirán el consumo de combustibles fósiles en varias de sus faenas.

[31] Si bien el costo de este gas sería superior al del carbón, lo cierto es que "hoy por hoy, formular y aprobar un proyecto de generación a carbón es una empresa de alto riesgo", como indica Quiroz y Tokman en "*95 Propuestas para un Chile mejor*", debido a la oposición de la sociedad civil, por lo que a pesar de ser más caro, tiene sentido proyectar su utilización al considerar su menor impacto ambiental.

II. ORIENTACIONES ESTRATÉGICAS DESDE LA NUEVA BIOLOGÍA

Tras años de investigación sobre ecosistemas, organismos, células y genes, la biología –a la cabeza de las llamadas Ciencias de la Vida y potenciada por otras disciplinas o tecnologías, como la bioingeniería, la nanotecnología y la informática– está liderando una revolución que día a día desafía los límites de la vida. Con la rapidez que permiten hoy las tecnologías digitales, los científicos suman no sólo conocimiento sobre los procesos naturales sino también poderosas herramientas para intervenirlos o modificarlos desde sus estructuras más fundamentales a nivel molecular.

Como ya ha ocurrido antes –vimos un ejemplo con el caso de Pasteur–, aunque esta vez a un ritmo mucho más acelerado, la ciencia está desafiando nuestras percepciones sobre el mundo natural, nuestra conciencia sobre nosotros mismos e incluso nuestro orden social. Los impactos políticos, jurídicos, éticos, ecológicos, económicos y culturales de estas nuevas posibilidades son materia de debate, de crítica o de esperanzas. Pero es imposible hacerse cargo de estas inquietudes si no entendemos lo que la ciencia y la capacidad de innovación disruptiva significan para las personas y las sociedades, tanto por las nuevas oportunidades o beneficios que significan como por los efectos nocivos o consecuencias inesperadas que pueden acarrear. A partir de allí podemos explorar las posibilidades que esta nueva biología abre en relación con algunas de las grandes preocupaciones de la humanidad –alimentos, medioambiente, energía y salud, por ejemplo– y el impacto que podría tener en la generación de nuevas industrias que configurarían la economía del futuro.

1.
LA REVOLUCIÓN DE LA NUEVA BIOLOGÍA

a. El horizonte de lo posible

Hacia 2050 se estima una población mundial de entre 9 mil y 10 mil millones de personas –dos mil millones más que hoy– con mejores expectativas de vida. Ello se traducirá, entre otros desafíos, en una creciente demanda de alimentos. Y, frente a ella, la nueva biología podría tener mucho que decir. Por lo pronto –y como ha venido ocurriendo a lo largo de la historia humana– se requerirá un mejor manejo del crecimiento y la productividad de animales y vegetales, pero esta vez en un nuevo marco de restricciones que derivarán de los efectos del cambio climático o de las medidas que se tomen para enfrentarlo: a la alteración en los patrones de lluvias, el aumento de las temperaturas o el aumento de zonas desérticas se sumarán, seguramente, nuevas regulaciones sobre el uso de pesticidas o fertilizantes o restricciones en el consumo del agua. Producir alimentos en ese contexto requerirá de un conocimiento profundo de los procesos biológicos de cultivos y animales y de su adaptabilidad a los distintos climas y ecosistemas. En ese mismo escenario, la producción de alimentos genéticamente modificados podría seguir abriéndose paso, en medio de las aprensiones, mucho antes de que las normas y las leyes alcancen siquiera a regir.

La presión que habrá por abandonar el uso de combustibles fósiles –por sus emisiones de gases efecto invernadero– seguirá abriendo espacios para la biotecnología, que en los últimos años ha mejorado o desarrollado nuevas técnicas de producción de biocombustibles, lo que podría significar una fuerte caída de costos en materia de energía, pero amenaza, por otro lado, el suministro de alimentos en la medida que reorienta el uso de los suelos o los cultivos que hasta ahora han estado destinados al consumo humano.

La nueva biología también será la base para una mejor comprensión de los ecosistemas, de su biodiversidad y de su sustentabilidad. Esto supondrá combinar el conocimiento de la ecología, la biología orgánica, comparada y evolutiva, con la climatología, la hidrología, la ciencia de suelos y la ambiental, pero también con la ingeniería. Una integración de este tipo, que requerirá de lenguajes unificadores como las matemáticas y las ciencias computacionales, nos podría deparar una mayor capacidad para monitorear el funcionamiento de ecosistemas, pero también una renovada ilusión de que

contamos con un conocimiento completo que nos permite intervenir y controlar estos sistemas complejos.

Pero es en la salud humana en la que históricamente se han enfocado y seguirán concentrándose los mayores esfuerzos de la humanidad. Vivir más y vencer a las enfermedades ha sido una preocupación que, más allá de los esfuerzos individuales, regularmente ha convocado el trabajo mancomunado de sociedades, estados o grupos de naciones para hacer frente a los desafíos más apremiantes de la humanidad. Mientras a mediados de los '50 el esfuerzo colectivo se concentró en la lucha contra el cáncer, en los '80 el objetivo mayor fue el SIDA y a partir de los '90 fue la carrera por descifrar el genoma humano, que traía consigo la promesa de vencer enfermedades hereditarias. Más recientemente, un nuevo foco –impulsado por el Presidente Obama– ha sido el proyecto BRAIN, que busca mapear la interacción de las casi 100 billones de neuronas del cerebro humano, con un presupuesto que estará por sobre los US$300 millones anuales en los próximos diez años con el objetivo de conocer más sobre nuestra inteligencia.

Y a pesar de todo, falta todavía mucho por comprender. A doce años de la publicación del genoma humano, todavía no sabemos qué función tiene cada trozo del material genético en la expresión de los diferentes genes y cómo esos millones de factores interactúan entre sí. Este conocimiento, con su enorme complejidad, será necesario para llegar a la meta de la medicina personalizada que se vislumbra. También hay mucho camino por recorrer respecto de nuestra comprensión del cáncer y, por cierto, estamos recién empezando, a través de la neurociencia, a entender más sobre el funcionamiento del cerebro. De hecho, nuestra ignorancia actual es supina sobre algo aparentemente tan básico como lo que significa la consciencia de sí mismo.

b. Horizontes más utópicos

Más allá de las esperanzas respecto del impacto que la nueva biología podría tener en distintas dimensiones de nuestras vidas, y a pesar de todo lo que aún nos resta por comprender, existen también quienes extienden la mirada hacia límites más utópicos y auguran que las nuevas posibilidades de la nanotecnología, la robótica, la informática y la ingeniería genética podrían cambiar radicalmente la civilización humana.

Destacados tecnólogos plantean, por ejemplo, que el progreso podría amplificar a tal punto nuestras capacidades cognitivas que sería posible superar todo tipo de limitaciones físicas e intelectuales, haciendo emerger una raza transhumana. Otros investigadores, en tanto, piensan que el incremento exponencial de la tecnología podría generar hacia el 2045, una inteligencia no-biológica capaz de mejorarse a sí misma, llegando a un punto donde su progreso será tan rápido que la inteligencia humana no mejorada será incapaz de seguirla. Esto es lo que se ha llamado *singularidad tecnológica*, que tiene como uno de sus principales promotores a Raymond Kurzweil, inventor, ganador de la Medalla Nacional de Tecnología e Innovación de Estados Unidos en 1999, y actual director de Ingeniería de Google.

Kurzweil piensa que podemos superar la muerte y que la inteligencia humana va a poder ser puesta en computadores. Por ejemplo, sus estudios sobre Internet le llevan asegurar que actualmente al menos el 99% –si es que no el 99,9%– de la capacidad de

cómputo de todos los computadores conectados a la red se encuentra subutilizada. Afirma que si mejoramos el funcionamiento en red de esta infraestructura podríamos multiplicar unas cien o mil veces la capacidad de cómputo, lo que equivaldría a alcanzar la capacidad del cerebro humano por sólo mil dólares hacia el año 2020.

También hay expectativas de que en las próximas décadas nuestra esperanza de vida se extienda hasta límites inimaginables. Aubrey de Grey, biogerontólogo y cofundador del SENS Research, desató una gran polémica al declarar que la muerte es "una enfermedad y que, como tal, es curable". Afirma que hay siete tipos de daño provocados por el envejecimiento y que todos ellos serían tratables: mutaciones nucleares causantes del cáncer, mutaciones mitocondriales, desperdicio intracelular, desperdicio extracelular, pérdida de células, senescencia celular y excesivas interconexiones extracelulares.

Otros investigadores, como Eric Drexler, afirman que sería posible obtener nuevos materiales estructurales cien veces más resistentes que las aleaciones de aluminio utilizadas en aviones, con solo una décima o centésima de su densidad; o bien compuestos más resistentes que el acero pero con un quinto de su densidad. Esta nueva promesa de la nanotecnología es conocida ya como Manufactura con Precisión Atómica (APM, por sus siglas en inglés) [32] y supone cambios radicales en diversas industrias: por lo pronto, productos o construcciones con menor masa y menores precios, y en relación con la medicina, la posibilidad de estudiar y controlar sistemas biológicos a un nivel de detalle sin precedentes.

Por supuesto, habrá quienes piensen que todo lo anterior no son más que utopías cercanas al misticismo y, por lo mismo, poco plausibles. Para otros pueden ser muestras del tipo de visiones que han sido el origen de grandes revoluciones tecnológicas.

La verdad es que no podemos saber si algunas de las predicciones que hemos revisado efectivamente llegarán a realizarse y cómo exactamente podrían cambiar el mundo que conocemos. Pero no es eso lo importante, porque, como hemos declarado ya varias veces en este documento, no nos guía en esta tarea un afán por predecir el futuro. Lo que sí podemos reconocer es que la imaginación y las ideas utópicas juegan un papel fundamental en las emociones e influyen en las metas que se definen, los proyectos que se emprenden y los recursos que se asignan. Por eso, nuestra atención –en la búsqueda de mapas que nos ayuden a leer posibles avalanchas– está puesta en su capacidad de movilizar voluntades y de mirar la evolución de las tecnologías.

c. Nuestra responsabilidad

Llegados a este punto debemos declarar que, aunque es evidente que las promesas modernistas de progreso permanente mantienen su encanto, no podemos desconocer que la ciencia y el desarrollo tecnológico pueden acarrear también efectos imprevistos, riesgos

[32] Eric Drexler popularizó el término nanotecnología al utilizarlo en su libro "*Engines of Creation: The Coming Era of Nanotechnology*" (1986). Drexler acaba de publicar "Radical Abundance: How a Revolution in Nanotechnology Will Change Civilization", donde precisa su visión de las perspectivas de la nanotecnología, que a su juicio ha sido malentendida y utilizada para promocionar la nanotecnología de sustancias y no la de materiales que él propone, e insiste entonces en la manufactura con precisión atómica (APM).

impensados e incluso desastres. Porque contra cualquier ilusión de control, las cosas a veces salen mal, alcanzando dimensiones catastróficas: desde caídas de sistemas de computación a crisis financieras, y desde desastres industriales o nucleares hasta el cambio del clima planetario. "Porque el ser humano tiene en sus mortales manos el poder para abolir toda forma de pobreza y toda forma de vida humana". [33]

Debemos reconocer, entonces, que hemos llegado a un punto en que nos corresponde tomar responsabilidad de las consecuencias de la tecnología, pero también aceptar que no podemos prescindir de ella. No caben aquí, por tanto, ni el utopismo ingenuo ni las distopías pesimistas; ni las tecnocracias omniscientes ni la imposible "vuelta a la naturaleza"; ni la fe ciega en el mercado ni la esperanza idealista en los "técnicos" o los expertos. En lugar de cualquiera de ellos, lo que se requiere hoy es una activa participación de todos en la construcción de nuestra tecnología, de nuestra convivencia y de nuestras maneras de ser y habitar en el mundo, asumiendo que todas ellas son inseparables.

[33] Estas palabras fueron parte del discurso inaugural del Presidente John F. Kenedy al tomar el mando de los Estados Unidos en enero de 1961.

2.
TRES AVALANCHAS A PARTIR DE LA NUEVA BIOLOGÍA

No pretendemos dar cuenta aquí de todas las olas de cambio que pueden surgir a partir de la nueva biología –sería imposible y pretencioso–, pero sí nos atrevemos a tomar tres que nos sirven para ilustrar el tipo de transformaciones que podemos esperar y de alertas que tenemos que tener: el envejecimiento, las nuevas formas de la medicina y el uso de microorganismos para muchos otros dominios.

a. El envejecimiento y las nuevas formas de entender la vida

En el último siglo las expectativas de vida han ido aumentando rápidamente. Actualmente la esperanza de vida al nacer es más del doble que hace 150 años y se espera que en las próximas décadas siga aumentando[34]. Todo ello, que sin duda puede considerarse muy positivo, también será fuente de problemas y desafíos, los que también avanzan en una segura progresión.

Hoy, el costo de los programas de seguridad social y de salud para adultos mayores consume una parte importante de los presupuestos de las naciones (especialmente en los países desarrollados) y crece más rápido que los índices promedios de inflación. Se proyecta que esta tendencia siga en aumento en los próximos años[35] al mismo tiempo que la proporción de trabajadores activos por cada adulto mayor caería de manera muy rápida. En los países más industrializados estos problemas ya están generando presiones y debates sobre los sistemas de salud y de pensiones. Y Chile no será una excepción.

Pero la presión financiera es apenas una parte de los desafíos que acarrea el envejecimiento de la población. La gran dificultad es que miramos a nuestros adultos mayores como lo hacíamos hace 30 años: como personas que ya no deben, pueden o quieren trabajar, que se merecen un "descanso" y que, por lo demás, están demasiado viejos para

[34] La compañía AllianceBernstein de servicios de inversión, al referirse a la "Medicina Molecular" en un reporte del año 2011, señala que en la esperanza de vida en el Reino Unido aumentó de 42 años en 1845 a 61 años en 1930 a 89 años el 2011.

[35] En junio pasado la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE) publicó un conjunto de proyecciones sobre los costos de programas de salud, concluyendo que "el creciente gasto en salud y cuidado de largo plazo (long-term care) seguirá presionando los presupuestos públicos en las próximas décadas". La OCDE proyecta que desde el 6% del PIB que actualmente estos costos representan para el promedio de los países de la OCDE, al año 2060 tales costos representarán el 9.5% o 14% del PIB dependiendo de si la política pública aplicada es de contención de costos o no.

desenvolverse en los nuevos mundos que habitamos hoy. La medicina, las nuevas formas de cuidado de la salud y distintas prácticas y tecnologías están diciendo otra cosa.

Si miramos al futuro, nuestro desafío es tanto cultural como económico, porque si los mayores de 65 años no tienen un espacio en la sociedad distinto del que reconocemos hoy, difícilmente podremos hacer frente a los retos de una población cada vez más envejecida. De partida, ¿podremos seguir hablando de adultos mayores a los 65 años cuando la esperanza de vida supere los 90, los 100 o los 120 años[36]? ¿Será posible pensar en el retiro del mundo laboral cuando, al cumplir los 65 años, aún nos quede más un tercio de nuestras vidas por vivir? Más aun: ¿cómo será lo que hoy conocemos como "vejez" si la medicina y las tecnologías logran cumplir al menos parte de las promesas que surgen hoy? Y si ello llega a ser una realidad, ¿cuántas de nuestras actuales normas (regulaciones, exigencias o prohibiciones) quedarán definitivamente obsoletas? ¿Cómo afectarán todos estos cambios los costos de salud?

Sólo si lo abordamos desde el punto de vista laboral, podemos pensar que habrá características de las personas mayores que las harán mejores para algunas tareas: podrían tener, por ejemplo, un rol de guías o mentores para niños, jóvenes y adultos, entregándoles la sabiduría para –como insinuaba Reinhold Niebuhr– poder construir nuevos mundos o aprender a vivir en los que tenemos[37]. Y en este sentido, los nuevos espacios globales de formación a través de la internet podrían tener un impacto positivo en la empleabilidad y la reinserción laboral (ver capítulo sobre Educación).

Al tener hijos ya independientes, es posible que los adultos mayores estén más dispuestos a correr riesgos y, por ejemplo, comenzar sus propios negocios, tal y como Harland Sanders decidió a los 62 años, luego de haber trabajado por años en una estación de servicio, iniciar un negocio que se convertiría en Kentucky Fried Chicken.

Finalmente, el integrar plenamente a los adultos mayores en todos los ámbitos sociales, contribuirá a su bienestar, y por añadidura al bienestar de todos, en tanto es un hecho que el envejecimiento psicológico es exacerbado cuando la persona tiene poco contacto social y es inactivo.

b. Las nuevas medicinas

En el mundo abierto por la nueva biología, una de las avalanchas más relevantes es la de la **medicina personalizada** que acarrea una revolución de las prácticas médicas y del cuidado de la salud en general, redundando todo ello en vidas más longevas y más saludables.

---

[36] Alex Zhavoronkov, director de la Biogerontology Research Foundation, en su reciente libro "The Ageless Generation", relata como a través de terpaias genéticas ha sido posible extender la vida de ratas, que son muy parecidas genéticamente a los humanos, hasta el equivalente a 160 años humanos.

[37] Nos referimos a la Oración de la Serenidad, que si bien proviene de una larga tradición oral, su primera versión escrita corresponde a parte de un sermón del teólogo norteamericano Reinhold Niebuhr en 1943: "Señor, dame la serenidad para aceptar las cosas que no puedo cambiar, valor para cambiar las cosas que puedo y sabiduría para poder diferenciarlas."

Todo comienza con el poder que tenemos hoy para leer el "código" genético de nuestro ADN que contiene las instrucciones referidas a la estructura y a los procesos biológicos que explican la vida. A partir de ello, la medicina ya no ve las enfermedades como una colección de síntomas o quiebres en la función de un órgano en particular, sino más bien como una disfunción en las interacciones de las moléculas biológicas. Así, por ejemplo, mediante un test de ADN es posible diagnosticar la propensión a padecer más de 260 enfermedades de origen genético. Pero la medicina personalizada va aun más allá de los diagnósticos más certeros o anticipados.

La emergencia de esta nueva medicina es una transformación muy semejante al advenimiento de la era digital, cuando las nuevas tecnologías de semiconductores hicieron bajar los costos de la computación hasta hacerla disponible para un gran número de usuarios en sus actividades cotidianas. Con ese impulso y los nuevos desarrollos de la industria de *chips* y la rapidez de los procesadores duplicándose cada dos años, los costos siguieron bajando y explotó, además, la oferta de aplicaciones, lo que atrajo a más usuarios todavía.

Un círculo virtuoso de la medicina es muy similar: el desarrollo de nuevas tecnologías está reduciendo los costos y permitiendo duplicar cada seis meses las capacidades para leer el ADN. A partir de ello, surgen nuevos datos e información acerca de enfermedades en el nivel molecular que se transforman en nuevas herramientas médicas y servicios por los cuales existen personas dispuestas pagar, lo que genera, a su vez, demanda por mejores capacidades para descifrar el ADN..

Lo que es claro es que el creciente uso de los tests moleculares transformará completamente la industria del diagnóstico, permitiendo no sólo pronósticos más precisos sobre las enfermedades que el individuo tiene más riesgo de desarrollar, sino también determinar qué drogas pueden funcionar mejor en un paciente, según sus características genéticas. En este escenario, empresas innovadoras usarán cada vez más la información molecular para reducir los costos y tiempos de desarrollo y para expandir sus proyectos en medicamentos.

Por otra parte la revolución de la biología, combinada con la ingeniería y otras disciplinas relacionadas con los materiales, debiera permitir a los médicos encauzar el poder de la **medicina regenerativa**, enfocada en reparar o reemplazar órganos, tejidos y células dañados, enfermos o metabólicamente deficientes. Esto incluye la posibilidad de cultivar órganos fuera del cuerpo o reparar el tejido dañado de órganos enfermos inoculando células madre (ya no necesariamente embrionarias) [38] o incluso induciendo a células ya diferenciadas a convertirse en células de otro tipo[39].

[38] En 2007, Shinya Yamanaka pudo inducir a una célula adulta a desdiferenciarse hacia su estado pluripotente y luego rediferenciarse en otro tipo de célula adulta, probando la posibilidad de producir un tipo de células madre, no embrionarias, llamadas células madre pluripotenciales (iPSCs, por su sigla en inglés). Este hallazgo le valió el Premio Nobel de Medicina cinco años más tarde y ha permitido superar el largo debate sobre uso y destrucción de embriones humanos en la investigación en células madre. Además, las iPSCs eliminaron el problema médico del rechazo inmunológico, ya que se trabaja con las células del mismo paciente en un proceso sorprendentemente simple.

[39] A través del método conocido como transdiferenciación se ha logrado convertir células de piel a células de corazón. Para ello, se debe determinar qué genes deben ser activados o silenciados, cuáles de las células existentes están más cerca de ese patrón genético y luego programar estos genes para que, actuando de manera apropiada, creen la célula deseada.

La proyección es que hacia el 2030 la medicina regenerativa contará con al menos un 25% de los ingresos de la industria de los medicamentos. Las soluciones regenerativas van, en muchos casos, a canibalizar los ingresos de medicamentos existentes y obviar la necesidad de operaciones de trasplante de órganos. [40]

El *momentum* acumulado de esta naciente disciplina es enorme. Pero si hasta ahora la mayoría de las novedades se han originado en Europa y Estados Unidos (que en los últimos 20 años ha invertido alrededor de un billón de dólares [millón de millones] en investigación), podemos esperar ahora que los próximos vengan, en su mayoría, de China, que invertirá más de 300 mil millones de dólares en los próximos 5 años para construir la gran "Ciudad Médica China" en Taizhou, al noreste de Shangai. El gobierno pretende que ésta sea el corazón de la investigación internacional en medicina regenerativa, donde se alojen los principales centros de investigación y desarrollo, la mayor parte de los hospitales de prestigio y las más distinguidas universidades e institutos de investigación médica. Parece natural que ésta se haya vuelto una prioridad nacional si se considera el acelerado ritmo de envejecimiento de ese país: se espera que hacia 2050 el número de ciudadanos en edad laboral (15 a 64 años) por cada adulto mayor se reduzca de 4 a 2. Una reducción similar se espera para Chile[41].

Las nuevas posibilidades de diagnóstico y las nuevas terapias redefinirán los roles de los hospitales y los médicos: por una parte, porque algunas enfermedades que hoy son letales o invalidantes llegarán a ser crónicas y llevaderas; por otra, porque la efectividad y los menores costos de nuevos tratamientos que ya se visualizan podrán hacer disminuir la necesidad del costoso cuidado de largo plazo para algunas de las dolencias de mayor incidencia en la actualidad. Junto con todo ello, el cuidado de la salud –como prevención– debería cambiar drásticamente también, ayudando a transformar la estructura de costos de un modelo de medicina centrado actualmente en lo curativo. De hecho, las alternativas que se están explorando para prolongar la salud y la vida consideran, incluso, la incorporación en los alimentos de ciertas moléculas con propiedades antienvejecimiento[42] o la inducción de procesos en el propio cuerpo que ataquen las células envejecidas y estimulen su reemplazo por células jóvenes.

[40] El reporte sobre la "Medicina Molecular" de AllianceBernstein que ya hemos mencionado, afirma que la investigación clínica en terapias celulares para enfermedades relativas a los ojos, a los riñones, referidas a desórdenes en el sistema nervioso central tales como Parkinson, enfermedades a los huesos tales como osteoporosis, y varios desórdenes sanguíneos, están actualmente en diferentes etapas de desarrollo.

[41] La situación de China será compartida por otros 20 países, de acuerdo al reporte "World Population Ageing: 1950-2050" del año 2001 del Departamento de Asuntos Económicos y Sociales de las Naciones Unidas. Cabe notar que para Chile se espera que la proporción esté entre 2 y 3 ciudadanos en edad laboral por cada adulto mayor.

[42] En 2006 el científico Mikhail Shchepinov desarrolló un proceso que logra proteger a las células de la pérdida de electrones a raíz de los ataques de los Radicales Libres. A partir de entonces esa técnica se ha convertido en uno de los factores de mayor contribución para abordar el envejecimiento y muchas enfermedades. Shchepinov ocupó componentes alimenticios fortificados con isótopos de hidrógeno (deuterio).

c. La biología sintética

Aunque la posibilidad de utilizar procesos biológicos para fines prácticos sea antiquísima –como el uso de levadura para la fermentación de cerveza– el concepto de biología sintética es reciente y refiere al diseño y construcción de un sistema o dispositivo biológico completamente funcional con un propósito utilitario, aprovechando para ello las prácticas de la biotecnología moderna que permiten trabajar a nivel molecular: con el ADN, las proteínas y otras moléculas orgánicas fundamentales.

Los hitos más conocidos de esta disciplina los ha logrado el J. Craig Venter Research Institute (JCVI), liderado por J. Craig Venter. En junio del 2007 se reportó el trasplante exitoso de la secuencia genética completa de una especie de bacteria en el citoplasma de otra. En enero del 2008, científicos del mismo instituto ensamblaron una versión modificada del genoma de una bacteria desde cero. Y finalmente, en mayo de 2010, el JCVI anunció que habían creado un genoma sintético de un millón de pares de bases nitrogenadas (las letras del ADN) y luego las habían insertado en el citoplasma de una bacteria, logrando la primera forma de vida funcional con un genoma artificial.

La promesa es acelerar el desarrollo de biotecnologías optimizadas y novedosas para ser aplicadas en muchos aspectos de la industria y de la vida, por lo que su esfuerzo se centra en fabricar células y microorganismos que realicen una función específica[43]. Estos organismos sintéticos podrían ser utilizados, por ejemplos, como fábricas que transformen nutrientes baratos en productos de alto valor: biocombustibles con mejores propiedades que los logrados por fermentación o la producción de químicos para propósitos medicinales. También en aplicaciones médicas como la producción de medicamentos o como interfaz directa con pacientes en diagnóstico, prevención y tratamiento (biosensores, por ejemplo, en ingeniería de tejidos). Incluso para mejoras en el ámbito de la sustentabilidad, donde se plantea utilizar sistemas sintéticos en bioremediación, biominería y creación de cultivos resistentes a la sequía, por ejemplo.

Desde cierto punto de vista, la biología sintética es "simplemente" una extensión de la biología molecular, acelerada gracias al enorme avance de la tecnología de la recombinación de ADN. Como tal, comparte las preocupaciones de seguridad que hereda de esa tecnología por ejemplo, el riesgo de comportamientos no previstos de organismos sintéticos fuera del laboratorio que pueden afectar el ambiente o incluso la salud pública: la discusión es similar a la que se refiere a organismos genéticamente modificados. También existe el temor del desarrollo de armas biológicas. Si bien algunos especialistas argumentan que el estado de avance de la biología sintética no permite pensar que estos desarrollos sean fáciles de realizar, otros advierten que es mejor ponerse en los peores escenarios desde ya.

Por otra parte, el hecho de que el esfuerzo principal de la biología sintética sea lograr generar un organismo vivo hace surgir muchas preocupaciones filosóficas y éticas, desde qué es la vida hasta si consideraremos como viviente a un organismo sintético que tenga propiedades que no ocurren en la naturaleza. La expresión "jugar a Dios" viene a la

mente, tanto con una interpretación religiosa como secular, para referirse al hecho de que algunos individuos utilicen un poder tecnológico para ir más allá de una frontera que no todos quisieran traspasar.

3.
ALGUNAS OPORTUNIDADES PARA CHILE

Hemos abordado tres de las olas más relevantes en la revolución de la biología que pueden cambiar radicalmente la salud y muchas actividades productivas en las próximas décadas Frente a ello siempre es posible que nos paremos a ver qué ocurre, que las tomemos sólo como amenazas o que nos abramos a *surfearlas*, anticipando y buscando oportunidades.

Podemos ver, por ejemplo, que la irrupción de las nuevas formas de medicina y tecnologías asociadas está generando una escasez profesional y técnica planetaria en diversas áreas. Por lo pronto, en grandes áreas como biología y medicina, ingeniería y ciencias de los materiales o robótica y servicios clínicos. En todas ellas, además, los mercados son cada día más globalizados gracias al trabajo en red (la que sigue creciendo en capacidades) y, como ocurre ya con los test de drogas y otras etapas de investigación y desarrollo médico y farmacéutico, muchos de los servicios son realizados desde distintos lugares del mundo. India se ha especializado en capturar estas oportunidades en las últimas décadas.

Si como país somos capaces de desarrollar una formación técnica y profesional de calidad, en tiempo corto y en áreas relacionadas con las que se abre en la medicina y la biología, Chile podría capturar un buen número de empleos de muy buen nivel de este mercado mundial. Ello podría requerir, por cierto, reorientaciones académicas y científicas, pero seguramente también espacios regulatorios y normativos, ya sea en el ámbito laboral o de la investigación.

Requeriremos, en este sentido, incorporarnos a las redes globales de investigación, partiendo por aquellas áreas donde tengamos ventajas evidentes o relaciones ya construidas y rompiendo también con la fragmentación institucional y disciplinaria tradicional para transitar paulatinamente hacia la conformación de comunidades más integradas y colaborativas. Los programas interdisciplinarios, la atracción de centros de investigación internacionales y la participación de investigadores o centros chilenos en redes globales debieran jugar aquí un rol central, incluyendo no sólo a las instituciones universitarias, sino también generando alianzas con agencias estatales y la industria con el fin de potenciar resultados de investigación y capacidades.Por último, debemos aprovechar las ventajas comparativas que ofrecen los espacios naturales y particularidades de nuestro territorio

como laboratorios naturales (ver Anexo) para atraer capital humano avanzado y tecnologías que posibilitarán sinergias y avances en tales áreas.

III. ORIENTACIONES ESTRATÉGICAS EN EDUCACIÓN

La educación es siempre un dominio fundamental. Para el Consejo de Innovación es, además, de extrema relevancia, entendido como infraestructura y también como espacio para producir innovación. Vemos, sin embargo, que la conversación está trabada por muchas razones y que en este ámbito no sólo se requieren nuevas tecnologías o nuevas instituciones, sino también un pensamiento diferente.

En esta sección nos proponemos explorar posibilidades. Nos motiva un sentido de compromiso y cuidado con nuestras generaciones futuras. Sabemos que la educación tiene pesadas inercias que a menudo dificultan y frenan los cambios. Por ello, procurar anticiparnos para actuar a tiempo constituye una responsabilidad vital con los que vienen. Pero sucede que hemos ido perdiendo esa capacidad de saber tomar decisiones de largo plazo, olvidando también que nuestras omisiones son también maneras de afectar el futuro para bien o para mal.

Partiremos con la mirada puesta en el horizonte de 2050, preguntándonos por la educación en su sentido más profundo para pasar luego a discutir, en el horizonte de 2025, aspectos más específicos sobre la educación superior y la secundaria, aquellas que nos preparan para la vida social adulta y el trabajo. Buscaremos ser mucho más concretos y estar conectados con fenómenos que ya están ocurriendo y que requieren de atención, monitoreo o incluso del desarrollo de iniciativas específicas.

Obviamente, no podemos tomar en esta etapa todas las dimensiones posibles que se abren en este ámbito, sino que vamos a abordar sólo tres que nos parecen fundamentales para hacer foco en la próxima década.

Finalmente, y como hemos advertido antes, conviene recordar que estos no son horizontes de predicción, sino de reflexión.

1.

1.
2050: UN HORIZONTE DE DISRUPCIONES FUNDAMENTALES EN EDUCACION

¿Dónde quedó la vida que perdimos viviendo?
¿Dónde quedó la sabiduría que se nos fue en el conocimiento?
¿Dónde quedó el conocimiento que perdimos en la información?

T.S. Elliot

En nuestro horizonte estratégico de 2050 la educación será muy diferente. Como pocas de las múltiples instituciones y prácticas sometidas a cambios disruptivos, ella está siendo transformada radicalmente hoy y tendrá una cara muy distinta cuando los hijos, nietos o bisnietos de quienes leen ahora este documento estén asumiendo plena responsabilidad en el mundo.

Enfocarnos hasta allá y alejarnos por un momento de la contingencia y sus problemas, nos permite justamente intentar una mirada más histórica que es indispensable cuando todo cambia tan aceleradamente.

Cuando conversamos sobre educación, normalmente lo hacemos desde la inercia histórica de distinciones, definiciones, prácticas y arreglos institucionales sin hacernos preguntas sobre los horizontes que la transformación mundial podría estar abriendo y cerrando. Por ello, la pregunta que guía esta sección es ¿en qué consistirá la educación en un mundo tan transformado como podemos esperar sea el de 2050?

Como punto de partida, proponemos distinguir la **educación** de la **enseñanza**.

La educación ocurre no sólo en los espacios clásicos de enseñanza, como los colegios, los institutos o las universidades. La relación temprana con la madre, la familia y las amistades, el trabajo y la vida en comunidad, los medios de comunicación y la entretención son dominios de prácticas e instituciones que configuran también el campo de lo educativo. No aprendemos en ellos mediante la enseñanza de conocimientos específicos. Simplemente inmersos en estos mundos, observando y siguiendo los ejemplos disponibles, adquirimos el sentido de las normas éticas existentes en ellos, nos moviliza en una dirección u otra aquello que importa, y vamos asumiendo (sin percatarnos) una manera de ser, una identidad.

La educación, entendida desde esta aproximación, consiste en iniciarnos en una cultura, en desarrollar, mediante su uso y cultivo, nuestras propias aptitudes y talentos

individuales en relación con ella; porque nacemos en culturas[44] que ya están 'funcionando' y debemos aprender a movernos en ellas desde el primer día.

Esta interpretación general, que nos remite a una dimensión constitutiva existencial de los seres humanos, es útil para nuestro ejercicio, porque nos permite suponer que, más allá de lo distinto que sea el mundo hacia la primera mitad del siglo, la iniciación en una cultura seguirá siendo uno de los fundamentos de la educación en el futuro.

En la actualidad –como herencia de un pasado histórico que llamamos modernidad– entendemos la educación, más que como la recepción a una cultura, como la búsqueda racional de la certidumbre respecto del mundo natural y social y el adiestramiento en el uso práctico de ese conocimiento. Nuestras instituciones responden a ese fundamento, pero no siempre fue así. La Paideia, por ejemplo, pretendía dar a los varones de la Grecia antigua un carácter verdaderamente humano, apelando para ello no a las habilidades manuales o a la erudición en temas específicos, sino a la formación cívica a través de la gimnasia, la gramática, la retórica, la poesía, las matemáticas y la filosofía. Siglos después, en el medioevo temprano, la educación de los hombres libres consistía en las siete artes liberales –gramática, lógica, retórica, aritmética, geometría, astronomía y música– que, claramente, apuntaban a algo que iba mucho más allá de "la razón". Y una significación similar es la que se puede encontrar después en la tradición alemana del Bildung, que refiere a un proceso de maduración personal y cultural que busca la armonización de la mente y el corazón del individuo, además de la integración entre la identidad individual y la sociedad en general.

Hoy, cuando todo cambia de manera tan acelerada y disruptiva, el supuesto de la modernidad de que existe un conocimiento estable que se transmite de generación en generación y crece aditivamente resulta cada vez más anacrónico. No decimos aquí, en ningún caso, que no existe un conocimiento –aritmética, lectura y escritura o ciencias– que nos permite desenvolvernos en el mundo y que debe ser parte de la educación. Pero compartimos la 'sospecha' –cada vez más presente en las conversaciones globales– de que existe otro tipo de "conocimiento" fundamental que tiene que ver con la convivencia, con la ética, con el sentido que damos al mundo y nuestra manera de habitarlo que debiera ser parte también de la educación.

Dicho esto, y teniendo siempre en mente la pregunta fundamental respecto de en qué debiera consistir la educación hacia 2050, vamos a atrevernos a plantear algunas conjeturas.

a. Algunas conjeturas sobre el futuro y la educación

El mundo entero estará estrechamente interconectado en redes globales digitales plenamente desarrolladas a mediados de siglo. Todo el conocimiento acumulado –datos, fórmulas, reglas– flotará libremente a disposición de quien quiera usarlo

[44] Usamos la palabra cultura a falta de un término mejor para referirnos al espacio de normas y valores, de redes de instrumentos y tecnologías, de mallas de prácticas, de habilidades y roles especializados, de identidades, así como las creencias, emociones y maneras de pensar, y las correspondientes conversaciones en las que, inmersos, existimos.

en cualquier parte. El adiestramiento en acceder y usar este conocimiento perderá relevancia (habrá máquinas muy buenas en hacer exactamente eso).

La vida en las redes globales digitales producirá una articulación históricamente inédita de culturas y mundos diversos. En ese nuevo espacio no nos bastarán las destrezas cognitivas. Quizás sean suficientes para participar en transacciones comerciales o cultivar relaciones democráticas formales, pero no bastarán para crear nuevas relaciones de largo plazo que crucen los mundos culturales a los que estamos acostumbrados.

Lo ecológico se convertirá en una preocupación esencial del futuro cercano. A estas alturas, seguramente no es necesario justificar esta conjetura mucho más. Sí importa darnos cuenta que hablar de ecología es hablar de mundos locales y que lidiar con ellos no puede hacerse empleando fórmulas como quien resuelve un problema meramente técnico. No podremos enfrentar las dificultades ecológicas que se nos vienen estudiándolas como fenómenos cognitivos que podamos investigar y terminar conociendo exhaustivamente. Siempre nos encontraremos con distintas opiniones y sensibilidades diversas que deberán ser consideradas, negociadas y articuladas. No existe la certidumbre en cuestiones ecológicas –el diagnóstico verdadero–, sólo hay opiniones emocionadas de seres humanos involucrados en los mundos donde viven.

Así, podemos esperar que hacia mediados del siglo la educación estructurada en torno al manejo de conocimientos históricamente descontextualizados (datos, información y fórmulas o reglas explícitas) haya dado paso a una educación más preocupada de las habilidades y sensibilidades que permitan habitar en mundos que nos demandan una permanente reorientación frente al cambio y la perplejidad.

En esta perspectiva, es posible anticipar hacia el horizonte de nuestra mirada:

i. **Que lo valioso de las nuevas generaciones sea su capacidad de desenvolverse en el mundo y no necesariamente la garantía oficial –expresada en títulos o grados–, de que ellas fueron entrenadas en el manejo de determinados conocimientos**. Esta puede ser una dinámica que impacte fuertemente en la institucionalidad y la regulación de los sistemas educativos mundiales, tanto en materia de evaluación de los estudiantes (*learning assessment*), como de certificación de programas o validación de las instituciones. Por un lado, porque la relación entre estudiante y centros de formación va a exceder las fronteras de las naciones, lo que pondrá en cuestión el poder de los estados para fijar normas locales en un mercado que, en la práctica, será global. Y en otro sentido, porque en diversas áreas del quehacer humano, más que la posesión de un título que acredite un set de conocimientos adquiridos, serán las competencias y la trayectoria los verdaderos factores clave en el mercado laboral[45].

ii. **Que la conectividad exponencialmente superior a la que tenemos hoy permita el acceso a espacios educativos mucho más ricos, pluralistas, abiertos y flexibles, sin sacrificar, por ello, profundidad y raíces.** Todo ello tendría un alto impacto cultural, al permitir la interacción de estudiantes de todo el planeta (cada uno con sus

[45] Por supuesto, existen áreas (como la medicina o las leyes) en que esto es menos factible, pero en otras, donde la clave son ciertas destrezas técnicas, se avanza mucho más rápido: el diseño de software, por mencionar sólo un ejemplo.

distintos mundos), la apertura a mundos prácticos y realidades diversas y el acceso a los mejores profesores del mundo disponibles ya no a través de simples registros de una clase, sino mediante producciones audiovisuales más complejas que sumen a la excelencia académica una alta calidad cinematográfica y narrativa.

iii. **Que nuevas prácticas y tecnologías de enseñanza estén disponibles para mejorar radicalmente el aprendizaje y al mismo tiempo reducir los costos de la formación.** Los avances en inteligencia artificial permitirán cada vez más el diseño de trayectorias individuales de aprendizaje, incluyendo sistemas de evaluación permanente e inmediata. Junto con ello, y aprovechando algunas de la características propias de la red –la ubicuidad, la asincronía y la interactividad– podemos esperar capacidades de cobertura y masividad nunca vistas.

iv. Que con cambios tan profundos como los que podemos avizorar se abra también la posibilidad de **rescatar una vieja institución que puede cumplir un rol fundamental si entendemos la educación como recepción de una cultura y, por tanto, como el proceso de descubrirse e inventarse a sí mismo. Hablamos de la figura del mentor.**

El mentor al que nos referimos no es necesariamente un gran profesor, no es la persona que está al tanto de las últimas novedades de la literatura o los laboratorios. Tampoco es el que conoce de los productos emergentes, ni siquiera quien sigue al detalle las conversaciones sociales o políticas. El mentor, más que una persona capaz de transmitir conocimientos específicos, es un guía capaz de intervenir en el plano emocional y anímico de su discípulo, facilitando y acompañando el proceso de descubrirse a sí mismo, despejando las barreras que enfrenta su aprendizaje, abriéndole redes y recomendándole el acceso a otras, interviniendo en talantes anímicos dañinos, cultivando el goce de la cultura recibida y la responsabilidad personal con su propia existencia. Un espacio en el que es posible descubrir verdaderos mentores hoy, es el de los programas científicos de posgrado, donde los laboratorios se parecen a esos antiguos talleres medievales en los que convivían maestros y aprendices.

A diferencia de los profesores, que incorporan a los alumnos en dominios discursivos específicos, el mentor asegura la receptividad cultural y pone en el centro de la educación –desde la edad más temprana hasta los niveles superiores– el proceso de apropiación individual de una historia de tradiciones que se ha ido perdiendo en desmedro de la transmisión de conocimiento.

b. El peligro de la banalización

Estamos conscientes de que no tenemos certeza de que aquello que hemos planteado en los subtítulos precedentes como oportunidades se concreten tal y como las hemos presentado.

Los mismos fenómenos que están detrás de lo anterior -la globalización, la disminución de los poderes de control y el acceso cada vez más fácil a medios masivos de comunicación- podrián también dar espacio a la trivialización de los significados culturales, emocionales y éticos, banalizando las experiencias. El peligro es que el afán del negocio

rápido y fácil sea lo central y se imponga al sentido de vivir inmersos en una cultura que nos importa y afecta.

Podemos ver esta amenaza insinuándose en la desmotivación de la juventud con el sentido puramente cognitivo que le hemos dado a su formación. Porque si todo lo que hay para aprender consiste en manejar fórmulas, técnicas e instrumental pretendidamente válido en cualquier contexto cultural histórico, estamos invitando a nuestros jóvenes a convertirse en sistemas de procesamiento de información. Y obviamente eso provoca una sensación de desapego e insensibilidad que ellos intuitivamente rechazan, aunque con costos, a veces altos, –como la violencia– tanto para ellos como para el resto de la sociedad.

Una obligación esencial de la educación deberá ser, por tanto, producir aprecio por la vida como el regalo de compartir una cultura que nos provee de sentido, talantes que nos movilizan, una lengua que nos permite hablar y comunicarnos con claridad sobre el mundo que nos rodea y un horizonte de oportunidades abiertas y desafiantes para descubrirnos y crearnos como individuos.

Lo que está en juego es muy importante y aunque hemos vislumbrado posibilidades históricas para triunfar en esa tarea, podemos fracasar en ella. No hay certidumbre al respecto.

2.
UNA AVALANCHA EN LA EDUCACIÓN SUPERIOR

Desde hace algunos años percibimos que la Educación Superior vive una crisis en el mundo. Y más allá de las diferentes realidades que enfrentan los países, si miramos a mediano plazo, existen al menos dos grandes denominadores comunes: por un lado, un mercado laboral que cambia vertiginosamente haciendo obsoleto mucho del conocimiento en el que se funda la formación universitaria y técnica; y por otro, la amenaza cada vez más asentada de la que se ha llamado "la enfermedad de los costos" que preocupa hoy a Europa y Estados Unidos.

En general cuando pensamos en las universidades norteamericanas tenemos siempre a la mano las de *elite* (Harvard, Stanford, Princeton o Berkeley, entre otras) y se nos olvida que la gran mayoría de los estudiantes de ese país asiste a otras instituciones menos conocidas para nosotros. En el caso de California, por ejemplo, existe un sistema estatal dividido en tres niveles, los que en conjunto suman más de 2,9 millones de estudiantes de pregrado y poco más de 100 mil de magister o doctorado. Es allí donde estudia la mayor parte de la población y para ellos los altos costos de la educación y el endeudamiento –que han ido creciendo durante décadas- se han transformado en la principal preocupación. Más aun hoy, cuando la economía norteamericana enfrenta un fuerte déficit y se reducen los aportes estatales, lo que implica un traspaso de costos a las familias o lisa y llanamente la exclusión de quienes no pueden asumir los mayores cobros. En Europa la enfermedad es la misma, agravada, en su caso, por la crisis financiera.

No nos puede extrañar, entonces, que una de las fuerzas que comienza a generar cambios, por ahora marginales, en el sistema de educación de Estados Unidos (con impacto también en Europa) tenga como una de sus grandes motivaciones la reducción de costos.

a. La emergencia de un nuevo espacio de posibilidades para la educación

En el mundo está emergiendo, y con mucha rapidez, un nuevo espacio de posibilidades en el que ya se insinúan nuevas prácticas y nuevos estilos para la educación. En cierto sentido, podemos decir que ha sido el resultado de los esfuerzos por "capturar" y "domesticar" los avances tecnológicos del mundo digital para ponerlos al servicio de las demandas por reducir costos y mejorar la calidad de la educación.

De hecho, muchas de las tecnologías que hoy toman más fuerza estaban disponibles hace más de una década sólo que con costos que las hacían poco competitivas frente a los modelos tradicionales de enseñanza. Pero el escenario ha cambiado: el acceso a internet es masivo (el número de usuarios ha crecido 7 veces y el tráfico total ha aumentado 519 veces entre 2000 y 2012), la velocidad y la capacidad de transmisión ha mejorado y los costos de almacenamiento de datos han bajado radicalmente (100 veces menor en 2010 respecto de 2000). Por otra parte, los jóvenes viven hoy "conectados" y la red, además de ser una enorme fuente de información, se ha transformado en un gran espacio de conversaciones y relaciones sociales. Y junto con ello, algunas de las prácticas más masivas –como el aprendizaje en línea– han ido alcanzando cierta madurez y logros (todavía a través de ensayos híbridos), los que han contribuido a generar mayor confianza y apertura para su desarrollo. El surgimiento y rápida consolidación de la Khan Academy es quizás uno de los ejemplos más representativos de este nuevo escenario.

Los horizontes para los cambios que se pueden avizorar son muy cortos. Esto se explicaría por varios factores, entre los que se cuenta el alto ritmo de cambio propio de las tecnologías digitales, el creciente interés de capitalistas de riesgo por invertir en tecnologías relacionadas con la educación, la apertura de grandes universidades a probar nuevas plataformas y la creciente preocupación por reducir costos en los sistemas educacionales que manifiestan tanto los ciudadanos como los gobiernos, además de organismos internacionales como la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE) y la Organización de las Naciones Unidas para la Ciencia y la Cultura (Unesco)[46].

Dos tecnologías podrían, en el corto plazo, ser adoptadas de manera muy extendida en la educación superior en Estados Unidos: los *tablets* y los Massive Open Online Courses (MOOCs).

Los buenos resultados obtenidos con modalidades de enseñanza semipresenciales y de *e-learning* –que han permitido elevar la oferta de formación a quienes no pueden desplazarse diariamente a las aulas y lograr una mayor personalización de los procesos formativos– han dado paso ahora en Estados Unidos a los MOOC's, los que comenzaron como una rama de una universidad privada, pero a muy poco andar se independizaron en empresas que tomaron a las universidades (tanto privadas como estatales) como sus clientes y socios. Entre estas se cuentan Stanford, MIT, Harvard, UC Berkeley y Princeton.

Uno de los primeros hitos de esta historia fue un curso on-line de la Universidad de Stanford sobre inteligencia artificial –gratuito, pero de alto nivel– en el que, para sorpresa de la universidad y los académicos, se inscribieron más de 160 mil personas.

En Atlanta, en la costa este, el Georgia Tech anunció recientemente que dictará un Master en *Computer Science and Engineering* además de *Industrial Engineering* y *Medical Physics* a través de otro de estos MOOCs por US$7.000, es decir, un 80% menos que el precio del programa presencial. Además, existen la posibilidades de acceder a los contenidos

[46] La OCDE, en su informe sobre educación del año 2010 ("OECD Inspired by Technology, driven by pedagogy: a systemic approach to technology-based school innovations"), y la Unesco han marcado su atención sobre la convergencia entre altos costos de la educación superior y la aparición de nuevas tecnologías.

del programa de manera gratuita, o bien, a un costo reducido, recibir una certificación no equivalente al grado, pero que podría tener impacto en la vida laboral.

En California, en tanto, la Universidad de San José recurrió a una de las compañías que ofrecen MOOCs para hacer frente a los recortes presupuestarios decretados por el Estado, a problemas de capacidad y a la necesidad de dictar múltiples cursos de nivelación para los estudiantes que recién ingresan. Aunque la respuesta inicial fue positiva por parte de los estudiantes y los costos se redujeron, la evaluación final mostró un alto nivel de reprobación (del orden del 50%), lo que llevó a las autoridades a suspender el programa mientras se evalúa qué es lo que se requiere mejorar para aumentar la tasa de aprobación.

La masividad de estas iniciativas es superior al resto por varios órdenes de magnitud. Por ejemplo, durante los primeros 13 meses de operación, Coursera (una empresa nacida de Stanford) tuvo aproximadamente 3 millones de estudiantes enrolados en sus cursos, de los cuales el 10% lo terminaron satisfactoriamente, es decir, 300.000. Si bien existe controversia respecto de la tasa de abandono, lo cierto es que en este esquema no tiene el mismo significado que en la educación tradicional: los estudiantes pueden inscribirse en algunos cursos sólo por el fin de explorar algún tema y/o aprenderlo completamente sin completar los requisitos de tareas o *tests*.[47]

En el mediano plazo (dos o tres años) se prevé la irrupción de otras dos tecnologías muy poderosas: los juegos y su ramificación al currículo (*gamification*) y el refinamiento de la analítica del aprendizaje (*learning analytics*).

Los juegos apuntan a involucrar a los estudiantes en escenarios digitales que desafíen su comprensión de nuevos conceptos en sus propios campos de estudio. Esto se ha extendido a actividades del currículo, incluyendo elementos del diseño de juegos, tales como pasar niveles, recibir misiones, obtener insignias o escudos, etc. Por ejemplo, los sistemas con obtención de *ranking* o de insignias pueden servir para reconocer los logros de los estudiantes, y la transparencia del progreso del estudiante puede inspirar una mayor competencia que puede llevar al total de los estudiantes a un mayor interés por la materia.

La analítica del aprendizaje, en tanto, es una disciplina floreciente que usa técnicas analíticas comunes en los negocios para obtener visiones acerca del comportamiento y el aprendizaje de los estudiantes. La información así derivada puede ser de gran ayuda para la instrucción en tiempo real así como para ayudar al diseño de sistemas de administración de cursos que busquen personalizar la educación. La información específica del estudiante puede ser usada para personalizar las plataformas de los cursos en línea y para sugerir recursos a los estudiantes de la misma manera que en los negocios se hacen a la medida las publicidades y las ofertas para los clientes. Las universidades, de hecho, ya están usando *software* analíticos para hacer que los procesos de recomendación sean más eficientes y precisos, y los investigadores, por su parte, están desarrollando *softwares* versátiles que

[47] Una variante de estas iniciativas es Semester Online, un consorcio que agrupa a diez universidades (Boston College, Northwestern, entre otras). Los estudiantes pueden tomar cursos online y recibir créditos por ello, pero los que no pertenecen al grupo de universidades deben postular y pagar si son aceptados. A diferencia de los MOOCs, este consorcio se focalizará en grupos pequeños para las discusiones virtuales, en los que los estudiantes interactúan entre ellos y con el instructor en tiempo real.

sirvan para entrenar a estudiantes en la adquisición de comportamientos productivos y hábitos que los lleven al éxito.

En un plazo algo más lejano –que en este caso son sólo cinco años– se espera la adopción masiva de las impresoras 3D y a la llamada "tecnología incorporada" (*wearable technology* o tecnología usable como se usa la ropa). Las primeras, no sólo podrán proveer alternativas de escritorio más accesibles y más baratas a las formas industriales de prototipo rápido, sino que probablemente abrirán un espacio de posibilidades para comunidades de diseñadores, de programadores y otros que podrán introducir el concepto de *hágalo usted mismo* en la ciencia y la ingeniería. Con "tecnología incorporada", en tanto, nos referimos a la integración, en la ropa y en accesorios que ocupemos, de aparatos y de referencias electrónicas. Lo que se ha hecho más conocido en esta línea es el proyecto de lentes de Google. Pero hay más, aunque su potencial educativo todavía no se muestra de manera concreta. Probablemente lo hará si las tecnologías para la expansión de la realidad y la de los monitores de capa delgada ganan espacio en el mercado.

En síntesis, podemos esperar que la mayor conectividad, el desarrollo de internet, la computación avanzada y la aplicación de otras tecnologías al espacio educativo tengan un fuerte impacto en la educación superior en tiempos muy cortos.

b. Una potencial avalancha de cambios

No podemos saber a ciencia cierta cuán profundo será el impacto de estas nuevas ofertas en los estudiantes, en las instituciones, en la estructura de costos o incluso en el poder regulador de los estados en materia de educación. Tampoco sabemos qué parte del modelo actual de educación superior va a permanecer y probablemente lo que veamos surgir –con mayor o menor éxito– sean formas híbridas. Pero es justamente esta conjunción de oportunidades, baja de costos y tecnología, la que anuncia una verdadera avalancha de cambios.

Podemos esperar, por ejemplo:

- Que aprovechando estas nuevas tecnologías y modelos educativos los profesores más destacados de las universidades, que normalmente dedican gran parte de su tiempo a la investigación y el trabajo con estudiantes de posgrado, puedan tener una mayor participación en la enseñanza en pregrado.
- Que se libere el tiempo que los profesores dedican al trabajo burocrático y tedioso (incluso el de dictar la misma clase una y otra vez), aumentando el foco en promover el aprendizaje activo y el *mentoring* de los alumnos.
- Que las nuevas tecnologías permitan que los estudiantes reciban retroalimentación en ciclos muy cortos y tengan trayectorias de formación individualizadas.
- Que exista un sistema que no aumente sus costos de manera exponencial como lo ha hecho en los últimos 50 años, contribuyendo de esta manera a la democracia y la equidad.

Por cierto, no dejamos de advertir que algunas de estas innovaciones también pueden tener efectos negativos en la cultura. Porque no está claro, por ejemplo, cómo las instituciones van a seguir cumpliendo su rol propiamente formativo o qué pasará con las interacciones presenciales, fuentes de gran valor en la formación, la investigación y el

desarrollo del pensamiento. No estamos ciertos tampoco de si nuestra intuición sobre el resurgimiento de los mentores se va a desarrollar a la par con los nuevos modelos de enseñanza basados en la red. Pero, por otro lado, estamos convencidos de que un espacio de imaginación, iniciativa y creatividad se está abriendo.

Estamos seguros de que en los próximos cinco años iremos viendo cómo se despliega esta ola de cambios y cuál será su impacto. El interés que han mostrado en estas nuevas tecnologías la Unesco, el BID, los *venture capitals* y las fundaciones privadas preocupadas por la educación permite creer que puede ser muy grande, teniendo como epicentro a Estados Unidos, pero impactando en Europa, Asia y el resto del planeta.

c. Cómo enfrentar la avalancha desde Chile

Como adelantamos en la sección anterior, vemos en esta avalancha una oportunidad para volver a preguntarnos cuáles son los propósitos de la educación y, sobre todo, qué debiéramos entender por calidad. Y aunque siempre está latente el peligro de la banalización, vemos en esta revolución de tecnologías y prácticas más oportunidades que amenazas. La pregunta vuelve a aparecer: cómo anticiparnos para que así sea. Chile no puede quedarse inmóvil esperando a que este tsunami simplemente nos arrastre. No es posible pensar nuestro sistema de educación superior aislado del mundo.

Por ello, durante los próximos años, y especialmente en el horizonte de 2025, monitorear esta ola de cambios para comprender su profundidad y alcance, en especial la posibilidad de que las autoridades nacionales vayan perdiendo su poder normativo y regulador respecto de la entrega de títulos y el ejercicio de distintas carreras, será especialmente clave para la toma de decisiones del Estado.

Las universidades chilenas, por su parte, no podrán pensarse sin considerar el impacto de estas olas de cambios. Participar de las conversaciones y alianzas que los están empujando para tomar experiencia, explorar ellas mismas en esta línea y aprovechar las ventajas (o enfrentar las amenazas) que nos puedan ofrecer, como el desarrollo del *mentoring* con sus alumnos, son oportunidades que se abren para su futuro desarrollo. La posibilidad de un cambio en el sistema educativo que permita que, con costos mucho menores, resurja la figura del mentor y se abra un nuevo espacio para la formación en humanidades y en habilidades que permitan a las personas dar sentido a sus mundos, construir sus identidades y navegar la aventura de la vida, puede significar una gran revolución para nuestro sistema educativo superior.

Sabemos que muchos chilenos no van a esperar ni que las autoridades definan un marco de acción o que las universidades locales tengan una oferta propia para comenzar a explorar las posibilidades que se les abran. Sin embargo, debemos reconocer que un freno para una parte importante de la población puede estar en el manejo del inglés y las dificultades de conectividad. Allí también hay un espacio para la acción del Estado y de las propias universidades.

3.
EDUCAR PARA EL DISEÑO Y EL EMPRENDIMIENTO

a. La emergencia del diseñador y el emprendedor

En términos de tecnología, la era del siglo XIX y el XX, fue la era de la ingeniería como fabricación de herramientas y de la ingeniería como proveedor de herramientas para sistemas tecnológicos. Pero hoy estamos en una era diferente. La autonomía de los expertos y de los técnicos (acotados siempre a un área específica de conocimiento) están en discusión, porque vemos que en cualquier intervención fundamental estamos afectando la vida en su conjunto, la vida de las sociedades, la vida del planeta.

Hoy requerimos que surja un nuevo tipo de ingeniero, que quisiéramos llamar el ingeniero diseñador o el diseñador como ingeniero.

Y usamos la palabra "diseño" porque hoy éste ha surgido como una actividad central. Hace 100 años, el diseño era una práctica marginal, entendida en una lógica de ornamento y complemento, asociada al vestuario, la gráfica, la construcción de automóviles y otros artefactos.

La glorificación de Apple y Steve Jobs demuestran el cambio del que hablamos. Una empresa que desde la quiebra pasó a ser una de las más valoradas del mundo, que nos ha golpeado con algo que es más que sus productos, es un ejemplo de la centralidad del diseño. La tragedia de compañías que desaparecen porque tenían fundamentalmente un punto tecnológico de batalla como Polaroid, o algunas que no supieron darse cuenta que venía la red como DEC, son ejemplos de que en el mundo propiamente ingenieril, centrado en la fabricación de componentes y herramientas, falta el diseño.

El diseñador y el emprendedor andan juntos, el primero está en el mundo como observador de la evolución de componentes, de las nuevas dinámicas en las formas de vida. El emprendedor, por su parte, está interesado en producir nuevas ofertas de satisfacción usando lo que el diseñador ve como una mutación cultural. El emprendedor está en el *marketing*.

Al pensar en el diseñador y el emprendedor, no estamos usando la palabra innovador. A nivel de profesión, la innovación es una cualidad de lo nuevo, de lo distinto,

pero las prácticas que están detrás, las disciplinas que lo generan, forman parte del arte del diseñador y del emprendedor. Y decimos arte porque no lo queremos llamar ciencia. Ahora bien, es un arte que requiere, eso sí, un fundamento en las disciplinas y en las ciencias de todas maneras. Un diseñador que no conozca los fundamentos de la tecnología de redes, de la tecnología de los nuevos materiales, de la biotecnología, hoy día va a poder hacer muy poco. Un emprendedor que no esté al día de las avalanchas que se avecinan o las nuevas crisis políticas que pueden cambiar los parámetros sobre los cuales están construidos los sistemas productivos y tecnológicos tampoco va a tener mucho que hacer.

b. El diseñador como artesano

El diseñador es una mutación de una profesión más antigua que es la del artesano. El artesano era un trabajador que se moldeaba con sus materiales, que ensayaba, que no tenía una producción industrial, que reflexionaba sobre las cosas, se pasaba ratos largos con ellas, quería mirarlas. Se dice que Miguel Ángel pasó dos o tres meses mirando el pedazo de mármol del que iba a sacar su Moisés. El artesano modela su herramienta y su cuerpo con el material, y danza con ella y hace que emerja. Miguel Ángel no construyó un Moisés sino que lo hizo emerger.

El diseñador hace lo mismo. Es una persona que no se fija sólo en los componentes, sino que está permanentemente en una síntesis que va y viene entre el mundo que el va a afectar y el mundo de los componentes de donde hace proposiciones de sentido. Ahora esas proposiciones no son como si tuviera un infinito catálogo de componentes. Todo diseñador tiene su estilo y éste está muy ligado al tipo de componentes y materiales en que él crea un mundo en el que ensaya. Y en ese sentido tiene un mundo de componentes en el cual tiene su laboratorio de diseño y tiene su sesgo estético en el cual se expresa y en función de eso es capaz de producir propuestas. Y decimos propuestas porque no tiene nunca una última solución, la propuesta va tener que ser conciliada con los que la demandan y eso lo hace perfectamente consistente con la era actual. Propuesta no quiere decir la del consumidor, sino más bien es lo que puede hacer sentido en un época con sus desafíos implícitos que muchas veces no sabemos expresar. Un buen diseñador innovador normalmente no se basa en estudios de *focus group*, porque esos estudios responden a necesidades que se enmarcan en lo tradicional. El buen diseñador busca con sus ensayos responder más al ser de una época.

c. El emprendedor como transformador

El emprendimiento se ha puesto de moda. Está en muchas de nuestras conversaciones y en las preocupaciones sobre el futuro de la economía y el desarrollo del país. Pero basta un ir y venir para que nos demos cuenta de que todavía no entendemos bien de qué se trata.

Vale la pena preguntarse, en primer término, por qué se ha puesto de moda ahora. Porque resulta a lo menos paradojal que en la era llamada "del conocimiento", el emprendimiento tenga tal nivel de protagonismo.

Si miramos hacia atrás, vemos que hace 30 años el énfasis estaba puesto en tener una profesión, en aplicar conocimiento y desarrollar una carrera. Pero esta idea ha ido perdiendo sentido con el surgimiento de una nueva economía –marcada por el cambio tecnológico acelerado– en la que el período de vida de los conocimientos profesionales tradicionales se reduce cada vez más. Frente a esta incertidumbre, que se traduce en inseguridad en la vida laboral o en la necesidad de reinventarse permanentemente, el emprendimiento ha surgido como una respuesta, cambiando la idea de "hacer carrera" por la de llevar adelante un negocio y una identidad.

A nuestro juicio, el emprendimiento es, antes que todo, un rasgo de la naturaleza humana y surge del hecho de estar constantemente sometidos a la posibilidad de que eventos inesperados nos cambien el mundo. Y que nuestro mundo cambie significa que el espacio de posibilidades y los roles e identidades que se nos ofrecen se transforman radicalmente, lo que implica oportunidades para algunos y amenazas para otros, porque se abren o cierran puertas, ciclos o vidas. Una catástrofe natural (como los terremotos en Chile) o un hecho político significativo (como el fin de la Unión Soviética o el ataque a las Torres Gemelas) son eventos de este tipo. Pero también lo pueden ser hitos más cotidianos e individuales, como el encuentro con una persona, una nueva pareja o la lectura de un libro que nos cambian la vida.

Vemos aquí que –como hemos dicho antes en este documento– las posibilidades del ser humano dependen de sus narrativas sobre el mundo, y que éstas, a su vez, dependen de encuentros e interpretaciones. Por lo tanto, si nuestro desafío es hacer frente a un mundo de cambios permanentes, lo que requerimos es un talante emprendedor que nos transforme en mejores navegantes de esta aventura. Y eso, si bien incluye la capacidad de inventar y desarrollar empresas, va mucho más allá de los negocios, porque implica renovar la vida social mediante un producto o un servicio, o a través de un logro político, una institución o un evento cultural.

El emprendedor es, en definitiva, un hacedor de historia, un transformador de la cultura.

Lo que requerimos en primer lugar, entonces, es liberarnos de la idea de que el mundo consiste en una cosa fija que podemos representar mentalmente, generando modelos que nos permiten hacer predicciones sobre la realidad y controlarla. Esa es la idea que nos ha llevado a apostar todo al conocimiento y ese es el gran peligro de nuestros tiempos, porque, tarde o temprano, va a significar que nos veamos sorprendidos por los eventos que nos cambian la vida.

Teniendo como punto de partida esta nueva forma de enfrentarnos al mundo, podemos ver que el emprendimiento requiere, al menos de tres habilidades o sensibilidades esenciales:

i. En primer término, una predisposición emocional especial. Es decir, un talante anímico que nos abra a la aventura, a tomar riesgos, a no dejarnos poseer por los miedos y a estar consciente de que la vida es un constante 'ensayo y error', un permanente ir acomodándose y adaptándose. Ello implica también una sintonización con espacios y preocupaciones sociales, porque el que tiene mejores redes sociales, el que está más atento a

las transformaciones de su entorno, tiene más posibilidades de acomodar su identidad o su producción a los cambios del mundo.

ii. En segundo lugar, un sentido histórico de los eventos, porque los espacios de posibilidades dependen en gran medida de orientaciones que se definieron o decisiones que se tomaron mucho tiempo antes. Podemos ilustrar esto con un ejemplo muy actual. Nadie se imaginó en el siglo XIX, cuando surgió la civilización del petróleo y el automóvil, que en el siglo XXI íbamos a estar enfrentados a los problemas que el uso de combustibles fósiles generan en el clima o la calidad de vida de las ciudades. Pero nos damos cuenta que, miradas desde otra perspectiva, todas estas complicaciones son también oportunidades de emprendimiento para energías o tecnologías verdes que no podían surgir (al menos no con la fuerza de hoy) en un mundo dominado por la abundancia del petróleo y el desconocimiento de sus efectos nocivos.

iii. Y por último, dar espacio y cultivar la imaginación. Estamos convencidos de que una sociedad donde la imaginación no cumpla un papel fundamental no va a tener la capacidad de innovación que requerimos. Porque la imaginación es la capacidad de jugar en busca de nuevas formas de ver y vivir el mundo, y ello sólo es posible a partir de la receptividad del pasado y de la sensibilidad para detectar anomalías en el presente. En esta dimensión, el arte, la literatura, la historia y las humanidades juegan un rol esencial.

Las prácticas del diseñador y del emprendedor pueden estar encarnadas en personas distintas, como ocurrió en el caso del mouse de computador que expresa la relación entre Douglas Engelbart y Steve Jobs, o pueden estar presentes en la misma persona. Lo relevante es que ambas dimensiones se requieren para que la innovación ocurra en todo su potencial.

d. Desafíos para la educación

Así, si el espacio de posibilidades está dado por la historicidad, por las orientaciones sociales y por la imaginación, entonces, cultivar todo eso es cultivar el emprendimiento. Y para hacernos cargo de esa tarea –como planteamos en otras secciones de este documento– se requiere un cambio profundo en la educación: convertir a las escuelas y a las universidades en instituciones encerradas en lo vocacional es precisamente lo opuesto de lo que hoy es lo más necesario.

No negamos que muchas actividades requieren altos niveles de conocimientos profesionales. Pero vemos que en todas las dimensiones del quehacer humano se requiere, por sobre todo, el entrenamiento y la actitud necesarios para buscar oportunidades que agreguen valor para la sociedad y para movilizar a otros hacia la consecución de ese nuevo valor, ya sea como ciudadanos, empleados o empresarios.

Una educación preocupada del emprendimiento en el sentido que hemos descrito es adecuada para todos y para ello se requiere inyectar un nuevo núcleo de disciplinas emprendedoras, parte de las cuales se derivan de las humanidades. Esto supone cambios en tres rubros:

i. Aprender a escuchar las preocupaciones de los otros e identificarlas con ciertas narrativas históricas, porque vivimos inmersos en tradiciones y no basta que entendamos

mejor el espacio dentro de tal o cual narrativa, sino que debemos ser capaces de conectarnos con las narrativas de los demás.

ii. Aprender a administrar compromisos y a generar y mantener confianza.

iii. Aprender a leer el mundo para ver cómo y dónde reside el poder, entendiendo el poder como el arte de construir continuamente relaciones materiales novedosas hacia valores que le importan a la mayoría de una comunidad.

Desde el punto de vista del diseño, en tanto, la educación requiere hacerse cargo al menos de cinco dimensiones:

i. el diseño está invadido por lo tentativo y lo exploratorio. En lugar de la arrogancia del constructor que ve en su acción un acto fundacional, el diseñador tiene que ser dialogante y preocupado por lo local o lo individual. El teléfono celular es un claro ejemplo de esto: los diseñadores se han preocupado de que, al final, cada usuario pueda configurar su aparato y le dé un uso personal.

ii. el diseñador debe entender que todo diseño es simbólico e identitario. Con ello queremos decir que más allá de la función, el diseño también dice algo de quienes utilizan lo diseñado. Quienes fabrican vestuario femenino hace tiempo que tienen instalada esta noción, saben que una prenda otorga identidad a quien la usa y también es sensible a los contextos, no nos vestimos de igual manera un día lunes que un día domingo.

iii. Diseñar también implica hacerse cargo de un mundo que ya está ahí. Y en ese sentido, todo diseño es un rediseño o más bien todo diseño es una intervención y, por lo tanto, es una mutación sucesiva de prácticas. El diseñador debe estar consciente de ello.

iv. Todo diseño tiene consecuencias éticas. No se trata sólo de resolver problemas técnicos, sino que implica hacernos cargo de una sociedad que tiene una serie de preocupaciones y que tiene una ética.

v. Finalmente, todo diseñador debe tener una capacidad para interpretar el mundo, formas de vida, componentes que forman las cosas y configuran los mundos en los cuales las personas van a habitar. Esta práctica no se puede poner en un papel ni en una herramienta de diseño gráfico, tampoco se resuelve "preguntándole a las personas": es fundamentalmente una habilidad poética del vivir y el habitar el mundo.

En síntesis, para este siglo XXI requerimos una educación para el asombro, el compromiso, la innovación, y la creación de identidad, una educación que construya una vida comprometida con el mundo que habitamos. Una educación que en todo ello sea una oferta de realización para nuestros niños y jóvenes.

4.
EDUCACIÓN PARA LA NUEVA ADOLESCENCIA

No es necesario afinar mucho el oído para escuchar una de las frase más frecuentes en la boca de los adultos: "el mundo actual de los jóvenes, digamos aquellos entre los 14 y los 18 años, es muy distinto al que nosotros vivimos". Hay algo de verdad en esto, pues hoy los estudiantes hacen un recorrido distinto al nuestro en su viaje por el mundo: experimentan grados y formas de autonomía históricamente inéditos; disponen de nuevas maneras de distraerse y; tienen a su alcance el mundo entero para establecer relaciones. Esto ha ido en parte redefiniendo lo que significa su adolescencia, moviendo en una y en otra dirección lo que llamamos madurez, haciendo un nuevo rayado para una cancha que creíamos conocer muy bien.

Hoy los jóvenes caminan por nuevas geografías digitales. Estos nuevos espacios, que se han consolidado en los últimos siete u ocho años, han cambiado la ecología de las relaciones entre nuestros estudiantes. En ella se comunican de manera simple, emocional y rápida, se encuentran y se exhiben, juegan, pelean, oyen y comparten música, ven películas y despliegan una amplia gama de interacciones grupales y sociales. Están constantemente conectados, incluso durante sus clases.

Los adultos nos vemos desafiados frente a esta nueva manera de vivir, la hemos llamado hiperconectividad. Desde nuestra preocupación entendemos que ella acarrea peligros no menores, como también los vivieron generaciones anteriores en contextos diferentes, aunque quizás con otros ritmos y otras escalas. Pero hay que poner un énfasis nuevo y entender la apertura de oportunidades, porque así como la red supone amenazas a la privacidad o puede ser incluso un espacio para la violencia, hoy es más sencillo investigar, explorar un tema hasta su detalle más pequeño, acceder a textos valiosos de manera gratuita, ver conferencias interesantes y, como hemos mostrado en otras secciones de este documento, incluso tomar cursos formales de educación superior. Y todo a costos muy bajos o incluso gratis.

Clasificamos a nuestros jóvenes en tribus urbanas, como un reflejo más intenso de la vieja búsqueda de la identidad, la cuerda siempre tirante entre ser único, pero con otros. Porque si algo no ha cambiado es que entre los 14 y los 18 años los jóvenes invierten mucho esfuerzo en esta búsqueda. Y los domina, además, un ánimo de confrontación. Los frentes son varios y sus fronteras confusas: los padres, los profesores, los dirigentes públicos, el sistema, etc. Incluso parecen luchar consigo mismos, con la exigencia de tener una identidad

propia y que ésta sea reconocida como válida.

Sin embargo, pareciera haber algo más de fondo, algo que los desencaja y desmotiva y que ellos proyectan como un enojo contra el sistema. Nuestra intuición es que la dislocación que viven los estudiantes no es muy distinta a la que vivimos el resto. Habitamos hoy un mundo desprovisto de certezas, pisamos tierra movediza, y la enseñanza insiste –y así también los adultos nostálgicos de lo sólido– en intentar transmitir que lo valioso es lo cierto. Intuimos que muchos estudiantes perciben esta grieta, quizás sin poder nombrarla, y que su desazón se agranda con el absurdo de tener una sola vía para transitar hacia el futuro (educación superior, particularmente universitaria) y respecto de la cual, además, perciben importantes injusticias o grandes diferencias de oportunidades y expectativas que dependen fundamentalmente del origen (familia, colegio, región, etc.).

Lo claro es que mientras más grande sea la grieta, mayor puede ser la desmotivación que pesa sobre nuestros estudiantes.

Podemos resumirlo todo constatando que el mundo en el que están inmersos nuestros jóvenes va en una dirección mientras la enseñanza va en otra. Porque mientras vivimos en un mundo en permanente cambio que requiere estar preparado para la aventura, la enseñanza sigue encerrada en la ilusión del control y la predicción basadas en el conocimiento. Porque en lugar de mostrarles el mundo en que el deberán construir su futuro, la enseñanza sigue basada en contenidos de pretendida validez eterna. O porque en lugar de servir como espacio para la recepción de tradiciones y una cultura que les ayuden a fundar su identidad, el colegio es sólo un repositorio de datos del pasado que es necesario memorizar y recitar de vez en cuando.

Puesta en ese escenario, la escuela les aburre con toneladas de información que no parecen útiles, con códigos y normas que no van con los tiempos y con una promesa de futuro que cada vez le resulta más difícil cumplir. Los jóvenes son sensibles a esta falta de honestidad y la castigan.

Queremos decir con claridad que el principal problema o brecha entre el estudiante y el sistema educativo, es la motivación. Y nuestra juventud pide a gritos un rescate.

Este pedido, a veces poco claro y a momentos opaco, es un tremendo acto de valor, pero no hemos sabido responder a él, lo que contribuye a acrecentar la distancia y la desconfianza de los jóvenes frente al mundo adulto, en especial con el sistema pedagógico.

Los adultos somos los responsables de esta situación y es urgente que nos hagamos cargo de ese mal ánimo generacional. Pero debemos advertir de entrada que hablamos de un cambio que no se resuelve incorporando una serie de 'cursos' de habilidades no cognitivas en la enseñanza, aunque puedan estar en la línea correcta. La respuesta para tener una mejor educación no está en tener más horas de clases para lograr "traspasar" más contenidos a los estudiantes. Tampoco en agregar a la masa de conocimientos que hoy se entrega a los alumnos (donde domina lo científico-técnico) un *set* de nuevos conocimientos "emocionales".

Las predisposiciones anímicas no pueden ser transformadas desde discursos cognitivos, psicológicos o morales, sino más bien desde un espacio que les haga percibir a los jóvenes un mundo más rico y dinámico que el que alcanzan a ver, y en el que

constantemente se abren y cierran posibilidades. Porque es allí donde deben construir su vida, enfrentar contingencias e inventarse una carrera[48] y una identidad, las que nunca pueden ser ajenas a las preocupaciones de las demás personas.

En un mundo en permanente cambio como el que vivimos, un aspecto principal de la educación tiene que ser preparar para esa aventura que nos ocurre siempre con otros. Y podemos decir que crear este tipo de espacios, que emerge como una conversación cada vez más relevante, es posible.

Este Consejo exploró tal posibilidad a través de la iniciativa *Chile Va!: Encuentro de jóvenes con la ciencia y la tecnología.* Lo propio de esta instancia es el compartir generacional, las conversaciones con maestros, no desde lo cognitivo sino de la experiencia de hacerse en el mundo, y un involucramiento con la ciencia y la tecnología adentrándose en sus dominios. Y por último, y no menos importante, se trata de un espacio en el que se les hace sentir que efectivamente son el futuro de Chile, en construcción desde ahora, y que confiamos en ellos.

Por eso vemos con urgencia que este tipo de instancias se replique y profundice para ir cultivando una educación de apertura de mundos y de aprendizaje de habilidades en diversos ámbitos, no sólo en el científico-tecnológico.

[48] En Chile persiste aún la ilusión de que el ingreso a la educación superior supone el inicio de una carrera profesional. Y persiste, además, la creencia de que esas carreras tienen una estabilidad (de empleo e histórica) que los hechos se encargan de desmentir todos los días.

ANEXO
LABORATORIOS NATURALES PARA UNA CIENCIA DE CLASE MUNDIAL

José Miguel Aguilera,
Presidente de Conicyt

Rugbistas neozelandeses, boxeadores filipinos y pilotos de rally finlandeses son ejemplos de deportistas de países pequeños que son potencias mundiales en ciertos deportes. ¿La razón? Explotan alguna ventaja o singularidad propia. Los rugbistas maoríes pesan sobre 100 kilos y corren 100 metros en menos de 11 segundos, creando un *momentum* imparable en sus corridas; pocos le pueden ganar en el rugby. Filipinas tiene un programa público-privado que busca talentos jóvenes para el boxeo y los entrenan hasta alcanzar una clase mundial; aquí se explota una política-país focalizada. Por último, los finlandeses aprenden a conducir muy tempranamente y lo hacen en caminos sin pavimentación y en pistas cubiertas de hielo y nieve casi todo el año; hay una tradición adquirida y una masa crítica que permite entusiasmar con el rally automovilístico. Todos estos ejemplos son productos de lo que llamaremos "laboratorios naturales".

Tendemos a pensar que la única manera de tener ciencia de clase mundial es desarrollando **ventajas competitivas** que no tenemos y que sí tienen los países desarrollados con larga tradición científica: poseer un gran número de científicos, universidades y centros de investigación con instalaciones de punta, modernos equipamientos y financiamiento abundante (aunque nunca suficiente para los científicos). Un segundo momento de reflexión nos muestra que existen otros *drivers* para la investigación científica: la asociatividad de los laboratorios con la industria tecnológica, la protección temprana y eficaz de la propiedad de los descubrimientos e innovadores insaciables que dan valor al nuevo conocimiento transformándolo en productos y servicios. En ambas reflexiones aparecen barreras de entrada que son casi insuperables para cualquier país en desarrollo como el nuestro. Ambas nos llevan hacia una conclusión fatalista: sencillamente, tales países no pueden competir con las potencias científicas.

Y, ¿por qué sí pueden hacerlo los países pequeños que destacan en ciertos deportes respecto de las grandes potencias deportivas? Quizás porque a veces las **ventajas comparativas** -aquellas que son únicas sea por condiciones naturales, sea por políticas focalizadas tanto públicas o privadas, o por tradiciones enraizadas en la población- pueden lograr éxitos similares o superiores en ciertas áreas a los de las grandes potencias. Tal éxito es posible cuando las ventajas comparativas son explotadas en un espacio que llamaremos laboratorio natural.

En Chile tenemos una tradición científica en diversas áreas. Hemos hecho intentos, y seguimos haciéndolos, por entender el mundo en que vivimos en diálogo con otros países. Tales intentos no han sido ajenos a los propósitos de crear una identidad como país y sociedad, y de descubrir oportunidades. Ahora bien, si queremos fortalecer ese camino y destacar hoy en el ámbito científico, pareciera que la ruta pasa por identificar dónde tenemos ventajas comparativas que podamos compartir con científicos de talla mundial en calidad de pares. ¿En qué ámbitos tenemos esas ventajas comparativas que nos permitan atraer a nuestro país científicos del más alto nivel?

Y, atención, los beneficios al explotar nuestras ventajas comparativas no serían sólo científicos. Lo interesante de tener ciencia de nivel mundial es que trae aparejado el desarrollo de una infraestructura local de apoyo tecnológico de alto nivel en comunicaciones, procesamiento avanzado de datos, instrumentación y servicios de ingeniería, como también puede beneficiar la enseñanza en ciencias y matemáticas y aportar al turismo científico. Otra ventaja sería la descentralización. Un buen número de oportunidades únicas para hacer ciencia de punta se encuentran en regiones y su implementación exitosa no solo daría ímpetus a la ciencia sino que contribuiría a desarrollar una identidad regional propia y a dar valor a los recursos autóctonos. Con la atracción de científicos foráneos se crearían nichos científicos de excelencia y masas críticas que de otra manera necesitarían mucho tiempo para su establecimiento. Por último, explotar nuestras ventajas comparativas puede abrir una oportunidad para desarrollar investigación transdisciplinaria, pues la apertura de un espacio así requiere del aporte y la integración de múltiples enfoques.

En relación con lo que hemos dicho hasta aquí podemos llamar **laboratorio natural** a una singularidad (o anomalía) que puede prestarse para la investigación científica por distintas razones:

1. Ser una locación única a nivel mundial, que puede abarcar desde un territorio hasta un hito geográfico o geofísico, y que, como tal, presenta ventajas comparativas para la investigación científica en el amplio significado del término. Los ejemplos abundan: la Antártica, las zonas sísmicas, los sitios arqueológicos (en Perú) y paleoantropológicos (como en Kenia y Tanzania), ecosistemas singulares (en Galápagos y Costa Rica) e incluso zonas de desastres como Bhopal en India o ahora Fukushima Daiichi en Japón, para el estudio de las consecuencias en la salud humana debidas a la contaminación ambiental, química y radioactiva, respectivamente.

2. Haberse constituido una masa crítica o tradición en alguna disciplina científica específica que a través del tiempo ha alcanzado impacto internacional por sus aportes significativos a la ciencia y la tecnología. Un caso emblemático fue la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales (FCEN) de la Universidad de Buenos Aires en Argentina, que albergó a dos premios Nobel de esa nacionalidad (Bernardo A. Houssay en fisiología, 1947 y Luis Leloir en química, 1970).[49] Allí se formaron y contribuyeron no solo investigadores argentinos, sino también estadounidenses, japoneses, ingleses, franceses, españoles y de diversos países latinoamericanos.

[49] Otro argentino, César Milstein, también ganó el Nobel en fisiología (1984), y aunque egresó de la FCEN en 1952, la mayor parte de su carrera como investigador la realizó en la Universidad de Cambridge.

3. La definición e implementación de una política pública enfocada a un problema u oportunidad de relevancia nacional cuya trascendencia excede este ámbito. Por ejemplo, el combate contra la desnutrición infantil. O, también, el desarrollo de biocombustibles en Brasil, país que se adelantó por décadas en la generación de energía a partir de recursos renovables gracias a una política pública sostenida y a disponer de recursos naturales abundantes y baratos (caña de azúcar) para el desarrollo de las tecnologías de producción de etanol.

Los laboratorios naturales parecen tener características opuestas a los *clusters* de la innovación.[50] Se basan en ventajas comparativas y no competitivas, y en muchos casos son específicos de una locación y no fácilmente reproducibles o posibles de implementar. Otra característica importante es que estamos en un momento en que la ciencia no reconoce fronteras y en que las instituciones y agencias de financiamiento de países del Primer Mundo están atentas a colaborar en iniciativas científicas de alto impacto dondequiera que estén las condiciones dadas. La participación de centros internacionales de reconocido prestigio con su aporte de organización, infraestructura y científicos es clave para constituir un laboratorio natural en el Tercer Mundo.[51] Esto significa que los países huéspedes deberán invertir en muchos casos en infraestructura básica local y en dar facilidades para el trabajo de científicos foráneos (visas, exención de ciertos impuestos, donación de terrenos, etc.)

PUNTO DE PARTIDA: LA ASTRONOMÍA

Actualmente se lleva a cabo en Chile un experimento singular. Por primera vez en la historia de la ciencia un país emergente dispone de acceso a instalaciones de punta para hacer investigación científica de clase mundial: los mejores y más potentes telescopios tanto ópticos como de radioastronomía están instalados en Chile. Y esto aumentará, pues para el año 2018 en suelo chileno estará el 68% de la mejor capacidad mundial de visión del Universo (cuyo valor a esa fecha excederá los USD 5.000 millones). Esto tiene toda una historia. Desde hace varias décadas se reconoce que el norte de Chile tiene características únicas a nivel mundial para la astronomía: es un laboratorio natural. Y gracias a esa gran ventaja comparativa los astrónomos chilenos pueden ser actores relevantes a nivel mundial en el desarrollo de esta ciencia.

Si tomamos debida cuenta del desarrollo astronómico internacional que se ha dado en suelo chileno, podemos ver que este laboratorio natural funciona gracias a las excepcionales condiciones ambientales para la observación astronómica, el aporte de las instituciones internacionales en infraestructura y científicos, y el decidido apoyo del Estado. Su impacto ya se hace ver en el interés de buenos alumnos por estudiar astronomía, el aumento de los estudiantes de doctorado y la proliferación de departamentos de Astronomía

[50] Hablamos de "clusters" en el sentido que le da Michael Porter en su artículo "Clusters and the new economics of competition" de 1998, es decir, concentraciones geográficas de compañías e instituciones interconectadas en un campo o industria particular, y cuyas relaciones son importantes para la competencia en tal ámbito.

[51] De otra manera solo constituiría una "colaboración internacional", de la que ya existen varios ejemplos.

en universidades chilenas. La astrofísica nacional es hoy la disciplina cuyas publicaciones tienen el mayor impacto en ciencias.[52] Y en 2012 se elaboró un documento que describe una hoja de ruta para promover el desarrollo tecnológico y la innovación en el campo de la astronomía.[53]

LA BÚSQUEDA DE LABORATORIOS NATURALES

Si se desea tener ciencia de excelencia en suelo chileno una alternativa sería "*astronomizar*" otras disciplinas conformando un relato de sus condiciones particulares como laboratorios naturales y abriéndolos como espacios de posibilidades. Lo cierto es que aparecen varios candidatos potenciales a laboratorios naturales, pero esta lista evidentemente no agota todas las posibilidades y corresponde a los investigadores nacionales relevar otras oportunidades que caben dentro del concepto anteriormente expuesto.

La ventaja para investigar en energía solar en el norte de Chile se da por razones similares a las de la astronomía, ya que se accede a un gran flujo de energía solar por los cielos despejados y limpios. Santiago, por su parte, ha sido elegida por una institución europea para el estudio integrado de temas relevantes en "megaciudades" de países emergentes, como son la migración campo-ciudad, la segregación poblacional, el uso de suelo y del transporte público, la contaminación ambiental y el manejo de residuos. También tenemos un amplio laboratorio natural para estudiar el desarrollo temprano del hombre americano en los ambientes hostiles de los bordes costeros del desierto y en la Patagonia. Cabe recordar que la cultura Chinchorro y sus momias anteceden por casi 3 mil años a sus símiles de Egipto, y que el asentamiento humano más antiguo en el continente americano, cuya data es de aproximadamente 13 mil años, está en Monteverde cerca de Puerto Montt. Nuestra variada geografía y geomorfología son nichos donde la vida se da en condiciones extremas de altas o bajas temperaturas, excesiva salinidad, alta concentración de compuestos azufrados, o mínima humedad. La genómica de los llamados microorganismos extremófilos puede contener secretos importantes para su aplicación en biominería, la producción de fuentes sustentables de energía y de materias primas industriales. Desde el punto de vista de la sismología y la ingeniería antisísmica, somos uno de los países con mayor frecuencia de temblores y terremotos del planeta, y donde se ha liberado más del 40% de la energía sísmica en los últimos 100 años. Los ecosistemas sub-antárticos albergan una gran biodiversidad de musgos y líquenes que es reconocida como única a nivel mundial. Y

[52] La cantidad publicaciones y las referencias que otros científicos hagan de ellas son indicadores de la actividad científica, denominados "bibliométricos", que son ampliamente utilizados en la actualidad para evaluar la investigación científica. En diciembre del año 2012 Conicyt publicó un estudio bibliométrico de la investigación científica chilena en el periodo 2006-2010 que le encomendó a SCImago Research Group. El estudio destaca como fortalezas las Ciencias de la Tierra y Planetarias; y Astronomía y Astrofísica, si bien tales fortalezas son muy dependiente de la colaboración internacional, afirma.

[53] Este esfuerzo, publicado como "Astronomy, Technology, Industry, 2012", fue conducido por el Programa de Astronomía de Conicyt, y contó con la participación del Consejo Nacional de Innovación para la Competitividad. La ruta propuesta busca no solo fortalecer la astronomía específicamente, sino también aprovechar las oportunidades, en diversas industrias, que nos ofrece el altísimo interés extranjero por invertir en infraestructura astronómica en nuestro país debido a la calidad de nuestro cielos.

también están los glaciares y los ecosistemas del Pacífico sur-oriental para monitorear el cambio climático. Chile posee uno de los pocos climas que favorecen la producción de alimentos que forman parte de la llamada "dieta mediterránea" que se reconoce como elemento importante para una alimentación saludable. Los 4.000 kilómetros de costa hacen del mar y sus recursos biológicos y energéticos una fuente de oportunidades insospechadas con vista al futuro.

Si bien los ejemplos citados anteriormente corresponden mayoritariamente a locaciones o territorios (Laboratorio Natural tipo 1, según clasificación anterior), en el caso de masas críticas emergentes se podrían citar algunas en las áreas de la biología y del procesamiento de datos acompañado de modelamiento matemático (Laboratorio Natural tipo 2). En cuanto a laboratorios naturales basados en una política pública enfocada en un problema de relevancia nacional se vislumbran como candidatos a ser laboratorios naturales la educación preescolar, y la búsqueda de soluciones a la obesidad y sobrepeso infantil y juvenil, entre otros.

La lista podría ampliarse, siempre y cuando nos abramos a la aventura que no teme a la revelación de nuestras anomalías y que busca reconocer en ellas nuestras posibles ventajas comparativas. Chile entero podría aparecer como un largo, rico y diverso laboratorio natural.

ÚLTIMAS INSINUACIONES

EL DESAFÍO DE UN EJERCICIO PERMANENTE

El fin de este documento no es, en ningún caso, un final. Tal como hemos dicho en los primeros párrafos: este es un punto de inicio, una invitación a abrir conversaciones sobre el futuro de Chile. En algunas de ellas nos hemos aventurado y lo aprendido se traduce –aunque quizás de manera incompleta– en estas páginas. En otras, sin embargo, no avanzamos lo suficiente, ya sea porque consideramos que estaban más allá de nuestras posibilidades o bien porque estimamos que sólo podían abrirse una vez generado un nuevo marco de mirada como el que hemos explorado aquí. En estas páginas de cierre queremos dar cuenta de aquello que sólo podemos dejar insinuado.

La primera conversación es la que se refiere a la institucionalidad para la innovación. En ella trabajó durante varios meses una comisión especial nombrada por el Presidente de la República[54] y nuestra proposición básica es que, junto con un nuevo mapa organizacional, es necesario pensar la institucionalidad desde la necesidad de coordinar conversaciones para, sobre esa base, sustentar el desarrollo de políticas capaces de cultivar mundos más ricos para la innovación. No nos referimos a conversaciones entre individuos, sino más bien a la creación de redes y a la participación en diferentes instancias que puedan surgir en la medida en que nos hacemos cargo de distintas preocupaciones o dinámicas que afectan nuestros mundos.

Tomemos un ejemplo: el envejecimiento, entendido como el aumento de la esperanza de vida, y también como el cambio en la composición etaria de la población. Hoy, esta conversación no aparece como una urgencia a coordinar. Sin embargo, podemos ver las tensiones entre distintos valores que ella contiene. Sin duda a la mayoría de nosotros nos gustaría vivir más años y más sanos; pero una vida más larga puede tener repercusiones

[54] La Comisión Asesora Presidencial sobre Institucionalidad en Ciencia, Tecnología e Innovación funcionó del 22 de enero al 15 de mayo de 2013 con el objetivo de elaborar una propuesta de modernización de la institucionalidad de la ciencia, la tecnología y la innovación. En ella participaron también algunos miembros del Consejo Nacional de Innovación.

sobre la economía, los mercados laborales, las relaciones familiares o sobre los equilibrios entre las distintas generaciones que debemos traer al presente y enfrentar. No cabe duda, por ejemplo, que una mayor esperanza de vida llevará a un retraso de la edad de jubilación en el mundo más allá de la norma de los 65 años. Este impacto lo tendremos que afrontar en Chile estemos preparados o no para ello.

Este caso nos muestra algo más que las amenazas u oportunidades que pueda significar: que la política de innovación y su institucionalidad no deberían estar ajenas a este tipo de conversaciones, porque son ellas las que están contribuyendo a definir el futuro.

La preocupación del CNIC debiera ser que estas conversaciones ocurran –alertando, en primer lugar, sobre los impactos que posiblemente veamos con fuerza hacia 2020 ó 2030– y participando en ellas con una mirada holística de largo plazo.

Otra tarea que hemos dejado pendiente es la reflexión acerca de cómo la necesidad de coordinar conversaciones puede afectar la organización del Estado. La creciente complejidad de nuestras preocupaciones como planeta y como nación hacen que sea muy difícil –acaso imposible– definir una casuística general que ordene instituciones y relaciones. Más bien, junto con los necesarios ajustes administrativos, lo que se demanda es una capacidad transversal para enfrentar las conversaciones caso a caso, que sea flexible y que abra nuevos alcances cada vez que sea necesario.

La mayoría de las conversaciones a las que nos referimos ocurren, en buena medida, fuera de Chile. Ellas, además, son sólo en parte institucionales y muchas veces requieren identificar y generar relaciones con individuos o grupos específicos que están haciendo emerger nuevos espacios de posibilidades, explicaciones y tecnologías. Cada día nos damos mayor cuenta de que esta tarea no puede ocurrir en forma *top-down* desde los estados y que requiere de nuevos esfuerzos de coordinación público-privada.

Es a partir de la participación coordinada en estas conversaciones que será posible también –como hemos insinuado en este documento– desarrollar políticas de innovación orientadas a detectar posibilidades de futuro emergentes en el mundo, catalizar y coordinar relaciones entre actores públicos y privados (a nivel local y global), potenciar las capacidades de individuos y empresas, y ajustar permanentemente las normas y regulaciones para permitir la adopción o desarrollo de nuevas prácticas, productos o industrias. Porque es claro que uno de los grandes desafíos para el éxito de una innovación está en la reconfiguración o incluso construcción de la infraestructura requerida para operar o de los marcos legales que definen sus espacios de acción. La telefonía celular vivió este proceso hace algunas décadas y no nos cabe duda que algo similar pasará con las nuevas posibilidades que prometen la medicina o la biotecnología.

Otra dimensión que se nos develó durante la reflexión y que no hemos desarrollado mayormente en este documento es la del manejo del riesgo y el financiamiento en el ámbito de la innovación. El ejercicio que hemos desarrollado en la sección de *Orientaciones Estratégicas en el ámbito de la energía* nos ha mostrado cómo las dinámicas de cambio tecnológico y de poder están en juego en estas conversaciones globales

de futuro, además de los horizontes temporales en los que debemos analizar el manejo del riesgo y el financiamiento.

Así, por ejemplo, cuando un producto está en los laboratorios, aún no está en condiciones de garantizar resultados en un tiempo determinado (siguiendo la nomenclatura del capítulo 2, se trata del Horizonte 4). Lo que sí debe garantizar es que haga sentido. En la etapa de pilotos (Horizonte 3), en tanto, el riesgo cambia (porque ya existe seguridad de que la idea funciona), pero queda aún la gran complicación de hacerle un espacio en el mercado y en la cultura.

En la asignación de recursos, el concepto de horizontes temporales también nos puede ayudar a ver que las distintas actividades se mueven con ritmos, requerimientos y proyecciones distintas, que es necesario entender y respetar. Esto, sobre todo al momento de las evaluaciones o el diseño de indicadores que nos digan si los dineros invertidos (sean públicos o privados) están teniendo buen destino, si los proyectos emprendidos tienen buen pronóstico o si las probabilidades de que la innovación ocurra están mejorando o decayendo. Así, mientras un proyecto en el Horizonte 2 tiene que correr contra el tiempo para ganar una posición en el mercado, una idea que está en el Horizonte 3 requiere, más que tiempo, financiamiento que permita llegar a mostrar su validez y posibilidades. La preocupación, en tanto, respecto de la investigación en el Horizonte 4 y 5 debiera estar centrada más bien en los espacios y relaciones en que ésta se realiza, especialmente en la riqueza de interacciones que sus protagonistas tienen con sus pares (locales y globales), con el sector productivo o con la educación en sus distintos niveles.

Como muestra la experiencia internacional, se requieren diversas fuentes de capital para manejar estos distintos niveles de riesgo y horizontes temporales: capitales públicos para la investigación y laboratorios básicos, capitales de riesgo privados o públicos para inversiones de horizontes de mediano plazo (según cada rubro), capitales de financiamiento de largo plazo para el despliegue de proyectos que ya tienen un modelo definido de desarrollo, y finalmente capitales bancarios para constitución y expansión de capital. En Chile ya hemos discutido bastante sobre cómo completar esta cadena de financiamiento y ha habido avances importantes en esa línea en los últimos años precisamente a raíz del impulso generado por las políticas de innovación. Nos faltan, sin embargo, dos grandes saltos.

Por un lado, consolidar una cadena de financiamiento diversificada por distintos niveles de riesgo con capacidades y culturas específicas, pero sobre todo plenamente integrada a las redes globales de innovación. Y por otro, un cambio sustancial en la mecánica presupuestaria del Estado que permita tener proyectos de largo alcance, con fondos que realmente cumplan este objetivo –como fue originalmente concebido el Fondo de Innovación para la Competitividad (FIC)– y que superen la discusión anual, centrada en el corto plazo, que caracteriza hoy a la mayoría de ellos. El Congreso y el gobierno deben trabajar con la comunidad entera en esta materia.

Lo que viene. En esta revisión estratégica hemos escogido algunos campos específicos –la energía, la biología y la educación– para la realización de un primer ejercicio de profundización de las Orientaciones Estratégicas para Chile. Al cierre de tal ejercicio queremos reiterar nuestra preocupación por el cambio cultural, por la integración de las

conversaciones, por la orquestación de los estados de ánimo y por el desarrollo de tópicos que unan a los chilenos en una mirada de futuro de horizonte amplio.

Esta tarea debe continuar, tanto en la implementación como en el desarrollo conceptual. Y esperamos que la próxima generación de consejeros y de autoridades a cargo de impulsar la innovación tomen el testimonio de esta posta. En ellos ponemos nuestra esperanza radical, porque lo que nos une es el amor por las futuras generaciones.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Allenby, Braden & Sarewitz, Daniel (2011), The Techno-Human Condition, MIT Press, Cambridge.
- Arthur, William (2009), The Nature of Technology: What it is and How it Evolves, The Free Press and Penguin Books, New York.
- Avnimelech, Gil y Teubal, Morris (2007), Innovation and Technology Policy (ITP) for catching up: a Three Phase Life Cycle Framework for Industrializing Economies, Serie Estudios y Perspectivas N°36, CEPAL, Buenos Aires.
- Baldwin, G., Bayer, T., Dickinson, R. et al. (2012) Synthetic Biology: A Primer, Imperial College Press, London.
- Banco Mundial (2012), Bajemos la temperatura: Por qué se debe evitar un planeta 4°C más cálido, Banco Mundial, Washington DC.
- Banco Mundial (2010), Innovation Policy: A Guide for Developing Countries, Banco Mundial, Washington DC.
- Barber, Michael, Donnelly, Katelyn y Rizvi, Saad (2013), An avalanche is coming: Higher education and the revolution ahead, Institute for Public Policy Research, Londres.
- Barker, Richard (2010), 2030 The future of Medicine, Oxford University Press, Oxford.
- Benavente, José M. (2006), Antecedentes para el diseño de una política tecnológica nacional, Serie Documentos de Trabajo 229, Facultad Economía y Negocios Universidad de Chile, Santiago.
- Benoît, Gudin (2009), The making of science, technology and innovation policy: Conceptual frameworks as narratives, 1945-2005, Institut national de la recherche scientifique, Québec.
- Bowen, William (2012), The "Cost Disease" in Higher Education: Is Technology the Answer?, The Tanner Lectures Stanford University.
- Bowen, William (2013), Higher Education in the Digital Age, Princeton University Press, Princeton.
- Brand, Stewart (2010), Whole Earth Discipline: Why Dense Cities, Nuclear Power, Transgenic Crops, Restored Wildlands, and Geoengineering are Necessary, Atlantic Books, London.
- Bridge, Gavin & Le Billon, Phillipe (2012), Oil, Polity Press, Cambridge.
- CADE (2011), Informe Comisión Asesora para el Desarrollo Eléctrico, Santiago.

- CCTP (2011), Chile necesita una gran reforma energética: Propuestas de la comisión ciudadana técnico-parlamentaria para la transición hacia un desarrollo eléctrico limpio, seguro, sustentable y justo, Santiago.
- CEPAL (2012), Cambio estructural para la igualdad: Una visión integrada del desarrollo, Trigésimo cuarto periodo de sesiones de la Cepal, San Salvador.
- Christensen, Clayton (1997), The Innovator's Dilemma: When New Technologies Cause Great Firms to Fail, Harvard Business Press, Cambridge.
- Comisión Asesora Presidencial (2013), Institucionalidad Ciencia, Tecnología e Innovación, Informe Final, Santiago.
- Conicyt (2012), Principales Indicadores Bibliométricos de la Actividad Científica Chilena 2010. Comisión Nacional de Investigación Científica y Tecnológica de Chile, Scimago Research Group, Madrid-Valparaíso.
- Conicyt (2012), Astronomy, Technology, Industry: Roadmap for the Fostering of Technology Development and Innovation in the Field of Astronomy in Chile. Comisión Nacional de Investigación Científica y Tecnológica de Chile, Santiago.
- De Haan, Uzi (2008), "A hotbed for entrepreneurship and innovation: looking for success factors in Israel's High-Tech Clusters", en W. Hulsink and H. Dons (eds.), Pathways to High-Tech Valleys and Research Triangles: Innovative Entrepreneurship, Knowledge Transfer and Cluster Formation in Europe and the United States, Springer, Dordrecht.
- Dreyfus, Hubert (1991), Being-in-the-World: A Commentary on Heidegger's Being and Time, Division I, MIT Press, Cambridge.
- Drexler, Eric (2013), Radical Abundance: How a Revolution in Nanotechnology Will Change Civilization, PublicAffairs, New York.
- Dworkin, Michael, Sidortsov, Roman & Sovacool, Benjamin (2013), "Rethinking the scale, structure & scope of U.S Energy Institutions", en Daedalus Journal of the American Academy of Arts & Sciences, The Alternative Energy Future Vol.2, Cambridge.
- EIA (2013), Levelized Cost of New Generation Resources in the Annual Energy Outlook 2013, U.S. Energy Information Administration.
- Flores, Fernando y Gray, John (2000), El Espíritu Emprendedor y la Vida Wired: El Trabajo en el Ocaso de las Carreras, Revista NEXOS, México.
- Flores, Fernando; Spinosa Charles y Dreyfus, Hubert (2000), Abrir Nuevos Mundos: Iniciativa empresarial, acción democrática y solidaridad, Taurus Editorial, Madrid.
- Flores, Fernando (2012), Conversations For Action and Collected Essays: Instilling a Culture of Commitment in Working Relationships, CreateSpace Independent Publishing Platform, North Charleston.
- Fundación para la Innovación Agraria (2011), Una Visión de la Innovación Agraria en Chile hacia el 2030, FIA, Santiago.

- Gilson, Ronald, Sabel, Charles & Scott,Robert (2008), Contracting for Innovation: Vertical Disintegration and Interfirm Collaboration, Law Working Paper N°118/2008, ecgy.
- Glenn, Jerome, Gordon, Theodore & Florescu, Elizabeth. (2011), State of the Future 2012, The Millennium Project, Washington, D.C.
- Gore, Albert (2013), The Future: Six Drivers of Global Change, Random House, New York.
- Graham, Ruth (2012), Lograr excelencia en la formación de ingeniería: los ingredientes para un cambio exitoso. Trad. Hans Grof Reese: Publicado por la Real Academia Nacional de Gran Bretaña para la Ingeniería.
- Graham, Allison, Blackwill, Robert & Wyne, Ali (2013), Lee Kuan Yew: The Grand Master's Insights on China, the United States, and the World, The MIT Press, Cambridge.
- Grupo Res Pública (2013), 95 Propuestas para un Chile mejor, Grupo Res Pública, Santiago.
- Hagel III, John, Brown, John & Davison, Lang (2010), The Power of Pull: How Small Moves, Smartly Made, Can Set Big Things in Motion, Basic Books, New York.
- Hax, Arnoldo (2012), Informes personales preparados para el CNIC / Modelo Delta. Santiago.
- Hoffman, Reid & Casnocha, Ben (2012), The Start-up of You: Adapt to the Future, Invest in Yourself, and Transform Your Career, Crown Business, New York.
- Howard, Charlotte (2012), "The health of nations", en F. Daniels y John Andrews (eds.) Megachange: The World in 2050, The Economist Newspaper Ltd, London.
- Hwang, Victor & Horowitt, Greg (2012), The Rainforest: The secret to building the next Silicon Valley, Regenwald, California.
- Innerarity, Daniel (2009), El Futuro y sus enemigos. Una defensa de la esperanza política, Paidós, Barcelona.
- Innerarity, Daniel (1999), La Filosofía como una de las Bellas Artes, Ariel, Barcelona.
- INE (2007), Adulto Mayor en Chile, Boletín Informativo del Instituto Nacional de Estadísticas. Santiago.
- INE (2008) Población y Sociedad: Aspectos Demográficos, Instituto Nacional de Estadísticas, Santiago.
- IPCC (2007), Climate Change 2007: Synthesis Report, Intergovernmental Panel on Climate Change, Valencia.
- IEA (2013), Redrawing the energy climate map, World Energy Outlook Special Report, International Energy Agency, France.
- Jasanoff, Sheila (2012), Science and Public Reason, Routledge, London.
- Jasanoff, Sheila (2013), States of Knowledge: The Co-Production of Science and the Social Order, Routledge, London.

- Joseph, Nye (2009), Soft Power: The Means To Success In World Politics, PublicAffairs, New York.
- Jukes, Ian, McCain, Ted, & Crockett, Lee (2010), Living on the Future Edge. Windows on tomorrow, 21st Century Fluency Project, Kelowna.
- Kundra, Vivek (2011), Federal Cloud Computing Strategy, U. S. Chief Information Officer.
- Kurzweil, Raimond (2005), The Singularity Is Near: When Humans Transcend Biology, Penguin Books, New York.
- Lagos, Ricardo y Fuentes, Carlos (2012), El siglo que despierta, Taurus, Madrid.
- Latour, Bruno (2001), La esperanza de Pandora. Ensayos sobre la realidad de los estudios de la ciencia, Gedisa, Barcelona.
- Latour, Bruno (2012), Cogitamus: Seis cartas sobre las humanidades científicas, Paidós, Barcelona.
- Lear, Jonathan (2006), Radical Hope: Ethics in the Face of Cultural Devastation, Harvard University Press, Cambridge.
- Lovins, Amory and Rocky Mountain Institute (2011), Reinventing Fire, , Chelsea Green Publishing, Vermont.
- Lundvall, Beng-Ake (2010), National Systems of Innovation: Toward a Theory of Innovation and Interactive Learning, Anthem Press, London.
- Maturana, Humberto y Varela, Francisco (1984), El árbol del conocimiento: Las bases biológicas del entendimiento humano, Lumen Editorial Universitaria, Santiago de Chile.
- Maturana, Humberto (1997), De Máquinas y Seres Vivos, autopoiesis de la organización de lo vivo, Editorial Universitaria, Santiago de Chile.
- McGonical, Jane (2011), Reality is broken. Why Games Make Us Better and How They Can Change the World, Vintage Digital, London.
- Ministerio de Salud de Chile (2011), Metas 2011-2020. Estrategia Nacional de Salud para el Cumplimiento de los objetivos Sanitarios de la década 2011-2020, Ministerio de Salud, Santiago.
- Moore, Geoffrey (2011), Escape Velocity: Free Your Company's Future from the Pull of the Past, HarperCollins Publishers, London.
- Mongomery, Scott (2010), The powers that Be. Global Energy for the twenty-firs century and Beyond, University of Chicago Press.
- Muller, Richard (2010), Physics and Technology for Future Presidents: An Introduction to the Essential Physics Every World Leader Needs to Know, Princeton University Press, Princeton.
- Muller, Richard (2012), Energy for Future Presidents: The Science Behind the Headlines, W.W. Norton & Company, New York-London.
- Naím, Moises (2013), The End of Power: From Boardrooms to Battlefields and Churches to States, Why Being In Charge Isn't What It Used to Be, Basic Books, New York.

- National Research Council (2009), A new Biology for the 21st Century, National Academy of Sciences, Washington, D.C.
- Nussbaum, Martha (2011), Creating Capabilities: The Human Development Approach, Belknap Press of Harvard University Press, Cambridge.
- Oakeshott, Michael (1999), On History and Other Essays, Liberty Fund, Indianapolis.
- Oreskes, Naomi & Conway, Erik (2013), The colapse of western civilizations: A view from the future, en Daedalus Journal of American Academy of arts and sciences, Vol. 142 N°1, Cambridge.
- OECD (2012), Education at a glance 2012: OECD Indicators, OECD Publishing.
- OECD (2013), Public spending on health and long-term care: a new set of projections: A going for growth report, OECD Economic Policy Papers No.6.
- Porter, Michael (1998), Clusters and the new economics of competition. Harvard Business Review.
- Rao, Arun & Scaruffi, Piero (2011), A History of Silicon Valley: The Largest Creation of Wealth in the History of the Planet, Omniware Group, California.
- Raskin, Amy y Casdin, Eli (2011), The Dawn of Molecular Medicine: The Transformation of Medicine and Its Consequences for Investors.
- Rip, Arie & Van der Meulen, Barend (1996), The post-modern research system. Science and Public Policy 23 (6): 343-352.
- Saxenian, AnaLee (1996), Regional Advantage: Culture and Competition in Silicon Valley and Route 128, Harvard University Press, Cambridge.
- Sedlacek, Tomas (2011), Economics of good and evil: The Quest for Economic Meaning from Gilgamesh to Wall Street, Oxford University Press, New York.
- Sloterdijk, Peter (2006), Esferas III, Biblioteca de Ensayo Siruela, Madrid.
- Smith, Laurence (2011), The New North: The world in 2050, Profile Books, London.
- Solomon, Robert & Fernando Flores (2001), Building Trust: In Business, Politics, Relationships, and Life, Oxford University Press, New York.
- Swanson, Darren & Bhadwal, Suruchi (2008), Adaptive Policies Meeting the Policymakers Challenge in Today's Complex, Dynamic and Uncertain World. MEA Bulletin - Guest Article N° 39.
- UNICEF (2012), Generation 2025 and beyond. The critical importance of understanding demographic trends for children of the 21st century, Occasional Papers no. 1, Division of Policy and strategy..
- United Nations (2001), World Population Ageing: 1950-2050. New York.
- United Nations (2013), World Population Prospects: The 2012 Revision. Key -Findings and Advance Tables, Working Paper No. ESA/P/WP.227. UN, New York.
- Van Santen, Rutger, Khoe, Djan & Vermeer, Bram (2010), 2030: Technology that will change the World, Oxford University Press, New York.
- Victor, David (2011), Global Warming Gridlock, Cambridge University Press, Cambridge.

- Wijkman, Anders & Rockström, Johan (2012), Bankrupting Nature: Denying Our Planetary Boundaries, Routledge, New York.
- Williams, Rosalind (2002), Retooling: A Historian Confronts Technological Change, Massachusetts Institute of Technology.
- Winans, Thomas & Brown, John Seely (2009), Cloud Computing: A collection of working papers, Deloitte LLC.
- World Economic Forum (2011), Advancing cloud computing: What to do now? Priorities for industry and governments. World Economic Forum, Ginebra.
- Yergin, Daniel (2012), The Quest: Energy, Security and the Remaking of the Modern World, Penguin Books, New York.
- Yifu Lin, Justin. (2012), New Structural Economics: A framework for rethinking Development and Policy, The World Bank, Washington D.C.
- Zhavoronkov, Alex (2013), The Ageless Generation: How Advances in Biomedicine Will Transform the Global Economy, Palgrave Macmillan, New York.