

**CTCI**

CONSEJO NACIONAL  
DE CIENCIA, TECNOLOGÍA,  
CONOCIMIENTO E INNOVACIÓN  
PARA EL DESARROLLO

# BASE PARA LA ESTRATEGIA NACIONAL CTCI 2021



SANTIAGO, ABRIL 2021

CONSEJEROS

Álvaro Fischer Abeliuk,  
*Presidente*

Claudia Bobadilla Ferrer  
Juan Carlos de La Llera Martín  
Rodrigo Jordán Fuchs  
Bárbara Saavedra Pérez

Equipo de la Secretaría  
Ejecutiva que participó en  
este documento:

Katherine Villarroel Gatica,  
*Secretaria Ejecutiva*

Jaime Álvarez Gerding  
Natalia Mackenzie Felsenhardt  
Paulina Peña Romero  
Virginia Herrera Castillo  
Ana Luisa Véliz Céspedes



Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons Atribución— NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional. Para ver una copia de esta licencia, visite <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>. Esta licencia significa que no se permite un uso comercial de la obra original ni de las posibles obras derivadas, la distribución de las cuales se debe hacer con una licencia igual a la que regula la obra original. Usted debe darle crédito a esta obra de manera adecuada, proporcionando un enlace a la licencia, e indicando si se han realizado cambios. Puede hacerlo en cualquier forma razonable, pero no de forma tal que sugiera que usted o su uso tienen el apoyo del licenciante.

# Tabla de Contenidos

Introducción .....	5
Resumen ejecutivo .....	9
1. Elementos para construir una visión .....	12
1.1    Sociedad del conocimiento	
1.2    Desarrollo sustentable	
1.2.1    Conservación de la biodiversidad	
1.2.2    Cambio climático	
1.3    Contexto social y marco ético	
1.4    Crecimiento condicionado	
2. Antecedentes y fundamentos .....	17
2.1    Antecedentes	
2.1.1    Rol e historia del consejo	
2.1.2    Antecedentes sobre consejos	
2.1.3    Antecedentes sobre estrategias internacionales de CTI	
2.2    Fundamentos	
2.2.1    La evolución de los modelos que explican la generación de conocimiento e innovación	
2.2.2    Anticipación y futuro	
2.2.3    Conocimiento y reflexión: Relación entre STEM y SSH	

3. El ecosistema .....	32
3.1 Operación del ecosistema de CTIE	
3.1.1 El arpegio	
3.1.2 El flujo de conocimiento	
3.1.3 Masas críticas	
3.1.4 El rol del sector público y del sector privado	
3.2 Lineamientos para un ecosistema robusto	
3.2.1 Diversidad	
3.2.2 Conexión	
3.2.3 Desafíos societarios	
3.3 Capacidades humanas	
3.4 Desarrollo tecnológico para Chile	
3.5 Caracterización y evaluación del ecosistema CTIE	
4. Un relato para el futuro .....	45
4.1 Tendencias globales	
4.1.1 Revolución de la información	
4.1.1.1 Revolución digital	
4.1.1.2 Revolución biológica	
4.1.1.3 Convergencia	
4.1.2 Sustentabilidad planetaria	
4.2 Desafíos	
4.2.1 Disyuntivas	
4.2.2 Desafíos de futuro	
4.2.2.1 Desafíos societarios	
4.2.2.2 Desafíos País	
4.3 Un relato de futuro	
Referencias bibliográficas .....	63

# Introducción



La presente Base para la Estrategia Nacional de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación (CTCI), o simplemente la “**Base**”, preparada por el Consejo Nacional de Innovación para el Desarrollo (CNID), está diseñada como una etapa previa a la Estrategia misma.

Por una parte, hemos estimado necesario que la elaboración de la primera Estrategia de CTCI, hecha al amparo de la ley que creó al Ministerio de CTCI y que ordenó la creación del Consejo de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación (CTCI), debería realizarse con el Consejo plenamente instalado e integrado por todos sus miembros. Como ello aún no ha ocurrido –su actual composición es parcial y transitoria– este ejercicio previo sirve de apoyo a la Estrategia definitiva.

Por otra, esta **Base** hace planteamientos sustantivos que aportan a la elaboración de la futura **Estrategia** del Consejo, dando cuenta de la evolución de **enfoques** y perspectivas nacionales e internacionales de cara a los **desafíos** y **oportunidades** actuales y futuros, que no necesariamente deberán formar parte de la Estrategia como tal.

Dichos **planteamientos** surgen de lo que este Consejo y Consejos similares en el mundo han elaborado en torno al **impacto** que la ciencia, la tecnología e innovación (CTI) tienen en el desarrollo de los países, incluyendo en ello al **emprendimiento** de base científico-tecnológica.

Además, la Ley 21.105 que crea a este Consejo, nos mandata a integrar en las Estrategias que se elaboren a la investigación en Artes y Humanidades, extendiendo de esa manera el ámbito anteriormente señalado. Por esa razón, en esta Base se incluyen planteamientos relativos a esas disciplinas, que aunque no son definitivos, pretenden establecer distinciones y relaciones que resultan pertinentes al momento de elaborar la futura Estrategia. Por esa razón, hemos hecho una distinción entre CTCI, esto es, Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación, que incluye a las Artes y Humanidades, y lo que en adelante denotaremos como CTIE, que se referirá solo a Ciencia, Tecnología, Innovación y Emprendimiento.

Con todo, la estructuración de esta Base ha sido diseñada como un punto de partida para esta nueva etapa del Consejo, y para que su pauta temática y jerárquica sirva de guía a la futura Estrategia (ENCTCI) que el Consejo elabore.

Su contenido está formulado a través de cuatro capítulos:

- Los Elementos para construir una Visión estratégica.
- Los Antecedentes y Fundamentos que se tuvieron en cuenta para estructurar su contenido.
- El Ecosistema, como noción base para comprender el funcionamiento e interacción entre Ciencia, Tecnología, Innovación y Emprendimiento (CTIE), así como los lineamientos necesarios para que su operación tenga el impacto requerido.
- Un Relato de Futuro, que examina las grandes tendencias, las Plataformas Habilitantes y los Desafíos Societarios que el país requiere acometer, desarrollar y enfrentar hacia el futuro, y que constituyen los espacios de contribución de una ENCTCI. Este capítulo incluye además un relato que aglutina políticamente al país en torno a una autoimagen que se enlaza con los elementos de la visión planteada.

En el capítulo destinado a los elementos para construir una **VISIÓN**, se adopta una mirada de largo plazo, que junto con estar orientada al **futuro**, está conectada con la **realidad actual** del país, tanto en las materias directamente relacionadas con la **CTCI**, como con la particular coyuntura asociada a la nueva **institucionalidad** que el país comienza a construir.

Los **ANTECEDENTES Y FUNDAMENTOS** que sustentan la presente **Base** examinan la historia de nuestro Consejo y la naturaleza de Consejos y Estrategias similares en otras partes del mundo. A partir de ellos, se identifican tres fundamentos que sirven al propósito y contenido de una **ENCTCI**. Estos son: la evolución de los **modelos** que explican la generación de **conocimiento** y la **innovación** y dan marco a las políticas de **CTCI** y **CTIE**; la manera que proponemos para aproximarse al futuro; y la relevancia tanto de la comprensión de los **fenómenos naturales** y sus aplicaciones, como de la reflexión sobre el **ser humano y el mundo**.

Luego se describe al Ecosistema como la noción central para llevar adelante una futura **Estrategia**, cuyo propósito es lograr la plena incorporación del país a la **sociedad del conocimiento**, y que ello constituya una parte sustantiva de su **estrategia de desarrollo futuro**. A lo largo del documento, el énfasis se puso en la interacción de Ciencia, Tecnología, Innovación y Emprendimiento, (**CTIE**). Desplegar un Ecosistema

requiere reconocer la complejidad de los fenómenos que lo acompañan, y eso precisa de **marcos conceptuales** y **lineamientos** adecuados para entenderlo, **caracterizarlo** y **evaluarlo**. Al igual que en el capítulo anterior, se presenta un recuento de la **evolución conceptual** y **operativa** con que se han examinado los ecosistemas en el mundo, para así comprender mejor sus alcances.

Finalmente, en el **RELATO DE FUTURO**, se analizan **grandes tendencias** que nos permiten analizar el **panorama tecnológico** actual, así como sus **desafíos**, tanto en sus **categorías conceptuales** como en sus desarrollos más promisorios. Se analiza la incidencia que ello tendrá en la contribución de la **CTCI** al país como al mundo. Eso incluye un conjunto de **plataformas habilitantes** que el país necesita instalar, y problemas y desafíos específicos que resultan interesantes de acometer, cuya solución no solo tendrá impacto interno sino que también puede ser exportado al resto de los países.

El adecuado balance entre el desarrollo de un **Ecosistema CTCI** poderoso, la búsqueda de soluciones a los **Desafíos País** y el **Relato** que entusiasme a la ciudadanía para incorporar plenamente a **Chile en la Sociedad del Conocimiento**, es el fundamento que estuvo presente tras la elaboración de esta **Base**.

Abril 2021.

# Resumen ejecutivo



Este documento elaborado por el actual Consejo Nacional de Innovación para el Desarrollo, sintetiza una serie de antecedentes, fundamentos y planteamientos que buscan aportar a la elaboración de la Estrategia que será construida durante el año 2021, con el nuevo Consejo Nacional de CTCI.

Como objetivo estratégico, se propone la **plena incorporación del país a la sociedad del conocimiento a través del fortalecimiento de un ecosistema de CTCI robusto, interconectado y de excelencia**. Para lograr este objetivo, se plantean elementos necesarios para la construcción de una visión estratégica, que incluyen el desarrollo sustentable, un compromiso con los principios de equidad, inclusión y dignidad como contexto social y marco ético, y la convicción de que la trayectoria de crecimiento económico del país debe ser condicionada a dichos elementos.

Para el desarrollo del documento se consideró la historia del CNID, complementada con diversas experiencias internacionales, tanto de consejos similares, como de estrategias de desarrollo de CTI de mediano y largo plazo. En este contexto, el documento propone una noción de **Ecosistema de CTCI**, la cual permite comprender la creación y transferencia de conocimiento generada por sus distintos actores, haciendo una distinción entre el ecosistema de Ciencia, Tecnología, Innovación y Emprendimiento de base científico-tecnológico (CTIE) tradicional, del Ecosistema de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación (CTCI) el cual suma a las disciplinas de investigación proveniente de las Artes y las Humanidades. Frente a una realidad híbrida emergente –una en que lo humano, la máquina y la naturaleza están inmersas en un proceso de co-evolución–, es que se postula la necesidad de conectar las disciplinas científico-tecnológicas (STEM) con las relacionadas con las Artes y las Humanidades (AyH), atendiendo y respetando la naturaleza distintiva de ambas.

El concepto de Ecosistema que se plantea releva como esencial el flujo del conocimiento, entendiendo que este opera en lógicas muy distintas a las de intercambio de un mercado tradicional: por ejemplo, no hay derechos de propiedad bien definidos, ni un sistema establecido de precios. Así se busca identificar las distintas formas de relacionarse entre los actores, y reconocer el hecho de que no es posible anticipar el valor que surgirá del conocimiento y que propiciarlo requiere tanto del Sector Público como del Sector Privado.

Por otra parte, dado el compromiso que tiene el Consejo con la mirada de largo plazo, se reconoce la importancia de la disciplina de la **Anticipación** tanto prospectiva

como emergente, permitiendo incorporar en el análisis los impactos de la disrupción tecnológica, la convergencia de distintas disciplinas y tecnologías y los cambios valóricos que provienen de fenómenos culturales y sociales.

Esta noción se complementa con los tres lineamientos fundamentales que se buscan en el ecosistema –**diversidad, conexión y desafíos societarios**–, los cuales condicionan la capacidad de adaptación, la fertilización cruzada entre diversas disciplinas, la robustez, resiliencia y legitimidad del ecosistema.

Finalmente, se plantea un **relato de futuro que busca, por un lado, hacer de la CTCI parte del imaginario de la ciudadanía y por otro, hacer de la Estrategia, un Proyecto País**. Para ello, se considera clave que este relato se sitúe en el marco de las tendencias globales y los desafíos actuales y potenciales. En ese contexto, se propone hablar de desafíos de futuro como la manera de hacerse cargo de los efectos que generan las tendencias globales. Entre estos se consideran los desafíos que compartimos como sociedad mundial, tales como cambio climático y envejecimiento, y aquellos que, siendo propios de Chile, pueden constituirse en una oferta de valor global y local con el aporte de las CTCI (Astronomía y sus “spillovers”, Energía Solar, Hidrógeno Verde, Monitoreo Marítimo-Terrestre y Cambio Climático, entre otros).

# 1. Elementos para construir una visión



En el siglo XXI el **conocimiento** es un pilar indispensable para impulsar el **progreso** de las sociedades. No es el único, ni se basta por sí solo, pero sin él, el progreso y el desarrollo no se consiguen. El objetivo de este documento, y ahí se concentra su énfasis, es proponer que la estrategia procure que el país se incorpore a la **sociedad del conocimiento**, fortaleciendo para ello a la **CTCI**, en el marco de un **desarrollo sostenible e inclusivo**. De la **convicción** que el país exhiba al respecto dependerá el grado de éxito que tenga para alcanzarlo.

La **Visión**, cuyos elementos se proponen a continuación, requiere ser sostenida con firmeza y sin claudicaciones, apoyada permanentemente por una mirada de **largo plazo**.

## 1.1 Sociedad del conocimiento

La **sociedad del conocimiento** es aquella en la que el uso del conocimiento sistemáticamente adquirido permea gran parte de la vida ciudadana. En la actualidad, ello ocurre de múltiples maneras: conocimiento incorporado a los **bienes y servicios** que las sociedades producen y las personas intercambian; conocimiento instalado en las diversas modalidades que la población utiliza para **movilizarse, comunicarse o asociarse**; conocimiento implícito en las crecientes opciones existentes para el **esparcimiento artístico, cultural, deportivo**, o de cualquier otra naturaleza, en las que sus ciudadanos pueden involucrarse. En todas esas actividades, procesos o productos, el conocimiento es la piedra angular en la que se sustentan.

Dicho conocimiento se adquiere y se introduce a la sociedad por medio de cuatro pilares:

- **ciencia** que **crea** conocimiento
- **tecnología** que **aplica** ese conocimiento
- **innovación** que genera **valor** a partir de los dos anteriores, y
- **emprendimiento** que **implementa** todo ello productivamente.

La visión que sostenga la futura estrategia requiere desplegar esos **cuatro pilares** con fuerza, para que la incorporación de Chile a la sociedad del conocimiento impacte efectiva y positivamente en su **creación de valor** y, como consecuencia de ello, en su ulterior desarrollo.

Adicionalmente, hay otras fuentes de **conocimiento**, cuyas orientaciones, metodologías y propósitos están más orientadas a proposiciones **normativas, interpretativas, expresivas o creativas**. Tienen que ver con las **reflexiones** que merece la **condición humana**, su **sentido y propósito**, y las formas en que se desenvuelve la convivencia en sus comunidades. Ellas normalmente se agrupan en las llamadas **Artes y Humanidades**, o **A&H**. Sus actividades son complementarias a las anteriores, y su despliegue es vitalmente necesario para agregar **riqueza** de miradas al desarrollo anteriormente descrito. La relación entre ambas no ha sido adecuadamente **examinada**, y este documento hará algunas consideraciones pertinentes al respecto, así como propuestas iniciales respecto de la manera cómo **articular** esa relación. Las futuras Estrategias deberán profundizar en ello.

## 1.2 Desarrollo sustentable

El desarrollo **tecnológico** que el mundo ha alcanzado, los niveles de población que la tecnología permite sostener, y los requerimientos de **recursos naturales, biológicos y culturales** que ese desarrollo utiliza, han ido imponiendo una carga creciente sobre la **biósfera habitable**, modificando de manera tangible sus equilibrios. Ello constituye una amenaza a los **servicios ecosistémicos** que esa biósfera entrega a la especie, y sobre los cuales se funda el **sustento** de la vida humana.

Por esa razón, una **ENCTCI** debe hacerse cargo de los **Objetivos de Desarrollo Sustentable** a los que el país se ha acogido. Ellos están insertos en un marco más general, que incorpora los **acuerdos globales** convenidos por una mayoría de países para enfrentar el futuro, entre los que se encuentra el nuestro. Estos procuran mitigar los problemas detectados, de modo que eso permita dar **sustentabilidad** de largo plazo a las estrategias de desarrollo que cada uno se haya fijado individualmente.

Entre los elementos que deben ser tomados en cuenta para lograr un desarrollo **sustentable**, y que se incluyen para la construcción de la **Visión** propuesta, están los siguientes:

### 1.2.1 — Conservación de la biodiversidad

La **biósfera** es el sistema geofísico que permitió el desarrollo y soporta la vida en nuestro planeta. La vida fue evolucionando con el **entorno físico** en el que estaba

inserta y al que se encontraba expuesta. La multiplicidad de especies que viven en la Tierra como resultado de esa **co-evolución** tiene ciclos vitales íntimamente relacionados entre sí mediante complejas estructuras y procesos ecológicos. Estas, a su vez, entregan contribuciones o **servicios ecosistémicos** que, directa o indirectamente, proveen bienes y servicios necesarios para la vida humana. La mutua dependencia de todo ello –que la ciencia ha permitido ir desentrañando– le confiere un valor intrínseco a la **conservación de esa biodiversidad**, por lo que ella debe formar parte de los objetivos de desarrollo sustentable de la ENCTCI.

### 1.2.2 — Cambio climático

Una forma en la que se manifiesta la carga que la acción humana ejerce sobre la biósfera es el aumento de los **gases efecto invernadero**, entre ellos el **CO<sub>2</sub>**, producto del uso de combustibles fósiles como fuente de energía, y el **metano**, producto de la crianza de bovinos, entre otras causas. Estos inducen una modificación en el **clima del planeta**, como el **aumento** de la temperatura media, el **derretimiento** de reservas de hielo que elevan el nivel del mar, afectando zonas costeras habitadas, y una mayor frecuencia de eventos **climáticos extremos**, que provocan gran daño en los lugares donde estos ocurran, entre otros. Lograr **absorber** esos gases en una cuantía mayor a su **emisión**, es decir, conseguir **reducirla**, o bien, generar **adaptaciones tecnológicas** para enfrentar las cambiantes condiciones que el cambio climático impone, o utilizar tecnologías que **mitiguen** sus efectos mientras la reducción se logra, requiere una acción decidida y concertada de las naciones en pos de esos objetivos. Eso implica que el desarrollo de la **CTCI**, y la de nuestro país en particular, necesita seguir avanzando con convicción hacia esos **objetivos**.

## 1.3 Contexto social y marco ético

La **visión** presentada, y las restricciones a las que la actividad económica debe someterse para que el crecimiento resulte **sustentable**, precisan además que la **Estrategia** incorpore a su análisis el actual momento institucional que vive el país, el **contexto social** en el que se desenvuelve, y las exigencias **éticas** a las que los actores que participan en su desarrollo deben someterse.

Esto implica un compromiso con la **inclusión, equidad** y la **dignidad** de las personas, en un marco **ético** exigente. Asimismo, se requiere una adecuada comprensión

de la íntima relación existente entre el **ecosistema CTCI** y el **ecosistema de la biósfera**, que procure que los delicados equilibrios que conectan a ambos no se vean alterados en direcciones deletéreas para la vida humana.

Es en este contexto donde se hace especialmente relevante compatibilizar las disciplinas asociadas a **ciencia, tecnología, ingeniería y matemática (STEM)**, que **describen** y **aplican** los fenómenos observables, basadas en conocimiento obtenido mediante el método científico, con la investigación en aquellas disciplinas asociadas a las **artes y humanidades**, así como a ciertas formas de desarrollo **de las ciencias sociales** (agrupadas todas bajo la sigla en inglés SSH) que procuran reflexionar sobre la **condición humana** y sus formas de **convivencia**, para que el contexto social y el marco ético dialoguen apropiadamente. Promover el desarrollo de ambas, pero reconociendo sus diferencias metodológicas y de objetivos forma parte de los elementos de la visión que esta Base propone para una futura **Estrategia**.

## 1.4 Crecimiento condicionado

El **desarrollo sustentable**, requiere imponer **condiciones** a las actividades productivas, de modo que resulten **compatibles** con lo recién indicado. La generación de valor, necesaria para mejorar las condiciones de vida de la población, requiere preservar dicha **sustentabilidad**, de ahí la necesidad de introducir mecanismos que induzcan a los **agentes económicos** a someterse a ellas.

La perspectiva que se adopte para el **crecimiento económico** debe ser compatible con la conservación de la **biodiversidad** y el enfrentamiento al **cambio climático**, condicionando el primero a los requerimientos de estos últimos, y al marco ético mencionado en el apartado anterior.

Finalmente, el desafío de redactar una nueva Constitución en el que el país se encuentra sumido, representa una excelente oportunidad para proponer que se introduzca en su redacción un reconocimiento al conocimiento científico universalmente aceptado, y a sus derivaciones, como el fundamento fáctico a utilizar al momento de diseñar e implementar las políticas públicas. Ello permitiría dar un cauce institucional a la visión que aquí se ha entregado.

## **2. Antecedentes y fundamentos**



El propósito de esta sección es presentar aquellos **antecedentes** considerados necesarios para construir la presente **Base** y los **fundamentos** en los que se sustenta su diseño.

Entre los antecedentes se encuentran una breve historia y rol del Consejo (futuro **CNCTCI**), una mirada a los tipos de Consejos de CTCI que es posible encontrar en otros países, y la manera en que estos formulan sus estrategias.

En cuanto a los fundamentos, estos describen la evolución de los modelos que explican la generación de conocimiento e innovación en el mundo, y su influencia en las políticas públicas relativas a ciencia, tecnología e innovación (**CTI**). Incluyen el **rol** y los enfoques de **anticipación** y **convergencia tecnológica** en la formulación de las estrategias, y la relación entre el conocimiento asociado a las **Artes y Humanidades** con aquel asociado a la **CTI**, como elementos cuya interacción es necesaria para lograr un **desarrollo armónico e integral** del país. En el capítulo 4 se desarrollarán esos enfoques así como el rol que juegan en la **Estrategia**.

## 2.1 Antecedentes

### 2.1.1 — Rol e historia del consejo

El **CNCTCI** tiene su origen en el acuerdo político de comienzos del siglo XXI, que hace una apuesta para el desarrollo futuro del país basado en la **innovación**. El primer Consejo Nacional de Innovación para la Competitividad de Chile (**CNIC**) se formó en 2005.

Se gestó a partir de una iniciativa del Presidente Ricardo Lagos, preocupado de que el desarrollo del país no dependiese únicamente de sus **recursos naturales**. Su visión implicaba incorporar más **conocimiento** a su **matriz productiva**. Para ello, el royalty que se aplicaría a la minería debía destinarse a la **innovación**.

El primer Consejo estuvo constituido por catorce miembros, logró juntar en una misma mesa a actores del mundo de la **investigación**, del **sector productivo** y del **sector público** y estaba presidido por **Edgardo Böeninger**. Generó los **lineamientos estratégicos** para avanzar hacia una economía más diversificada, cuyo crecimiento estuviese basado en la **innovación**, permitiendo que los primeros recursos del **Fondo de Innovación para la Competitividad** se orientaran a ese propósito.

De esas propuestas iniciales surgió la recomendación de crear un Consejo permanente. Ello fue sintetizado en el Informe Final del CNIC, conocido también como “**Libro verde**”, publicado en noviembre de **2005**.

Luego en 2006, durante el primer gobierno de la Presidenta Michelle Bachelet, el CNIC se instala como una entidad pública cuya principal tarea era la de proponer y actualizar la **Estrategia Nacional de Innovación**. La preocupación básica de sus primeros años fue comprender, fundamentar y concitar el apoyo transversal en la definición del rol del Estado en materia de innovación. Esto suponía que, reconociendo que la innovación - a diferencia de la ciencia y la tecnología - descansa fuertemente en la acción del sector **emprendedor** como un motor fundamental de su despliegue, el Estado igualmente tiene un rol que jugar, dado que el mercado no opera de manera perfecta. Las **orientaciones** del CNIC que fundaron la **institucionalidad**, así como las **políticas** de CTI, se basaron en el **marco conceptual** de las fallas de mercado, las fallas del Estado, y las fallas sistémicas.

La estrategia y las políticas de CTI que derivaron se estructuraron sobre la base de tres grandes pilares: el desarrollo de **capital humano**, el apoyo a la **ciencia y la tecnología**, y la importancia de la **innovación y el emprendimiento**, entendiendo que promover su interconexión permitiría multiplicar la oferta de bienes y servicios que incorporan **conocimiento**, y de esa manera se podía mejorar la calidad de vida de la población.

Estos pilares temáticos descansaban en dos ejes transversales: **selectividad**, a través de una política de **clusters**, e **institucionalidad**, tanto en **educación superior y ciencia** como en **innovación y emprendimiento**.

Este marco se plasmó en los llamados libros blancos del CNIC, “**Hacia una Estrategia Nacional de Innovación para la Competitividad**, volúmenes I y II”, generados en 2007 y 2008 respectivamente, elaborados por un **Consejo** compuesto por 11 miembros del sector privado y 10 del sector público, presidido por Nicolás Eyzaguirre.

A continuación asumió como Presidente del Consejo Eduardo Bitrán, que refrendó ese marco y la visión del Consejo en la “**Agenda de Innovación y Competitividad 2010-2020**”, publicada en marzo de 2010. Ella da cuenta de los **avances y desafíos pendientes** de la estrategia de 2008, realizando una evaluación internacional de la estrategia. Además, profundiza sobre el rol de las universidades, el rol crítico de ciertas plataformas habilitantes y abre nuevos espacios de conversación con el sector empresarial.

Posteriormente, durante el primer gobierno del Presidente Sebastián Piñera, la presidencia del Consejo la asumió Fernando Flores. En este período se dio un giro respecto del marco conceptual precedente, planteando que la **innovación** constituía un fenómeno humano de carácter permanente, orientado a la **adaptación al cambio**.

Se planteaba que, más que tendencias de mercado, se requería identificar fenómenos de **cambio global**, y explorar las posibilidades que eso abría para que Chile creara **valor**, aprovechando los contextos **emergentes** que modifican preferencias y prácticas. Se relevó la necesidad de cultivar una **actitud innovadora**, desafiando la cultura nacional tradicional, gestando programas piloto que luego fueron incorporados al Sistema.

Se estructuraron las orientaciones en tres grandes focos de preocupación: **viabilidad planetaria**, redefinición de la **vida y la muerte** y una **nueva educación**, en el marco de un mundo **cambiante, hiperconectado y diverso**.

Este nuevo enfoque se registró en el libro “**Surfeando hacia el futuro**” publicado el 2013.

En 2014, cuando asume su segundo gobierno la Presidenta Michelle Bachelet, se conforma un nuevo Consejo, presidido por Gonzalo Rivas. Se cambió su nombre de Consejo de Innovación para la Competitividad a Consejo de **Innovación para el Desarrollo, CNID**, y con ello se consolidó el cambio de énfasis en sus orientaciones.

Así, las **CTI** se entienden como actividades que “aportan a la **comprensión de estos tiempos** y los efectos de los **cambios en curso**”, las que deben procurar “disminuir la **tensión entre crecimiento, inclusión y sostenibilidad**, a mejorar nuestro **bienestar**, abrir nuevos espacios de **oportunidad** a nivel **individual y colectivo**, enfrentar retos propios y desde allí **generar valor para el mundo**”.

Se abordó la selectividad bajo la lógica de **grandes desafíos** país y también se incorporó el concepto de **laboratorios naturales** –como singularidades del país cuyo potencial de creación de valor radica en desarrollar la CTI– que ya había sido identificado en el período anterior. Entre esos desafíos se incluyeron la **minería sustentable**, la **logística de puertos**, la **sostenibilidad de recursos hídricos**, y la **resiliencia frente a desastres**.

La **Estrategia** que surgió en ese período se tituló “**Un nuevo pacto para el desarrollo inclusivo y sostenible**”, en la que se identificó la necesidad de transitar desde una equivalencia unívoca entre desarrollo y crecimiento económico, a la incorporación de la **sostenibilidad** y la **inclusión** como objetivos a alcanzar y que requieren armonizarse con aquel del crecimiento.

Una vez asumido el segundo gobierno del Presidente Sebastián Piñera, la ley que crea al **Ministerio de CTCI** incorpora la existencia de un **CNCTCI** en su orgánica.

En agosto de 2019, se conforma un **Consejo transitorio** integrado por 4 consejeros y un presidente (Álvaro Fischer). El régimen permanente considera un Presidente y 14 Consejeros que duren 4 años, renovables por mitades cada dos años, procurando con ello dar **continuidad intergubernamental** a sus políticas.

En Diciembre de 2019 este Consejo transitorio elabora un “**Libro Blanco**” titulado “**CTCI para Chile**”, como etapa anterior a la preparación de una **ENCTCI**, con el objetivo de reiterar los argumentos que hacen de la CTCI una pieza clave en el desarrollo del país.

La nueva institucionalidad para la CTCI, estipulada en la Ley 21.105, reafirma el rol del Consejo como “**órgano asesor presidencial autónomo**” que tiene “**la misión de asesorar al Presidente o Presidenta de la República en el análisis prospectivo de las tendencias de desarrollo globales y nacionales**” además de “**la elaboración y revisión, con mirada sistémica y de largo plazo, de la Estrategia Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación para el Desarrollo**”.

## 2.1.2 — Antecedentes sobre consejos

Tal como ocurrió en nuestro país, la creación de este tipo de Consejos Nacionales en otros países provino de la necesidad de sus gobiernos de contar con **orientaciones estratégicas de largo plazo** que les permitieran actuar con mayor **coordinación y gobernanza** en sus ecosistemas de ciencia, tecnología e innovación. Ello se vio acentuado por el creciente número de agentes e instituciones que conforman dichos ecosistemas, y por el hecho que su acción, para ser efectiva, requiere de una cierta continuidad, que los independice de los **ciclos políticos de sus países**.

Según la definición de la **OCDE**, estos Consejos –genéricamente, de Investigación e Innovación– son **organismos públicos permanentes**, enfocados hacia la **toma de decisiones** respecto de la política de las **Instituciones de Educación Superior** y de las **Instituciones de Investigación Pública**, y han sido ordenados explícitamente por ley o estatutos a realizar uno o varios de los siguientes objetivos:

- i) Proporcionar **asesoramiento sobre políticas**.
- ii) Supervisar la **evaluación de políticas**.
- iii) **Coordinar** áreas de políticas relevantes para la investigación pública.
- iv) Establecimiento de **prioridades políticas**.
- v) **Planificación** conjunta de políticas.

En cifras de la OCDE, el 89% de países OCDE poseen Consejos Nacionales de CTI, de los cuales el 90% de ellos genera recomendaciones, un 74% desarrolla prioridades estratégicas, un 48% evalúa reformas de políticas y está mandatado para coordinar las relaciones al interior del gobierno y con otros actores del ecosistema, y un 23% asigna presupuestos de investigación e innovación.

El rol de dichos Consejos, sus niveles de influencia y sus formas de operar son diversas y heterogéneas, variando en distintos países. Una manera de clasificar estas características define 3 dimensiones: el **alcance** del Consejo, que refiere a los dominios de política CTI que abarca, su **capacidad ejecutiva** relacionada con el potencial de los Consejos para hacer cumplir las actividades asignadas y su **capacidad coordinadora** caracterizada por el tipo de personas que conforman el Consejo, el tipo de representación que se espera de ellos y en qué calidad actúan.

En Chile, el CNCTCI tiene un **alcance** que cubre tanto **ciencia y tecnología**, como **innovación y emprendimiento**. Asimismo, al incluir al **conocimiento** en su quehacer, se reconoce tanto aquel propio de las **ciencias naturales** y una parte sustantiva de las **ciencias sociales** –proveniente del método científico como aquellos pertenecientes a las **A&H**–, cuyas fuentes son más bien normativas, interpretativas, expresivas o artísticas. En cuanto a su **capacidad ejecutiva**, este Consejo se relaciona directamente con la Presidencia y el Ministerio de CTCI a nivel de asesoramiento, entregando un marco orientador estratégico al diseño de las políticas de CTCI.

Resulta relevante para el país contar con un Consejo que plantee **orientaciones estratégicas** que contribuyan a la formulación de **políticas públicas** pro CTCI coordinadas con una mirada de largo plazo. Eso permite separar la conformación de un **marco estratégico**, de la **proposición** que se haga en materia **de políticas**, y de la posterior formulación y **ejecución** de **programas específicos**. De esa manera, el Consejo que hace proposiciones a nivel estratégico, puede luego actuar como agente **verificador** de la materialización de las políticas propuestas por el Ejecutivo, con independencia de este.

Para que ello ocurra, dicho Consejo debe contar con:

- i) un nivel de **autonomía** que le permita representar al Ejecutivo un eventual desvío de la estrategia acordada, o para contrarrestar la **inconsistencia dinámica** de las políticas de gobierno;
- ii) un nivel de auditoría y de evaluación que se haga cargo de los **problemas de agencia** que puedan surgir, y que cuente con los recursos necesarios para que dichas evaluaciones se puedan realizar.

### 2.1.3 — Antecedentes sobre estrategias internacionales de CTI

Tal como ocurre con los **Consejos**, las **Estrategias de CTI** en distintos países son diversas en cuanto a su **alcance**, **enfoques**, **marcos de políticas** y **períodos de vigencia**.

Respecto del **alcance**, la mayoría de las estrategias abarcan a la **ciencia**, la **tecnología** y la **innovación** de manera conjunta. Sin embargo, en países como Suecia, se ha escogido mantener la estrategia de **innovación** separada de aquella relativa a la **investigación** - aunque manteniendo una conexión y coordinación permanente entre ambas - para reconocer las distintas disposiciones **intencionales** con que sus actores realizan su tarea, y también para evitar que la innovación constituya solo un “apéndice” de la investigación y del quehacer de las universidades.

Asimismo, hay naciones que plantean “**relatos**” que acompañan a las **Estrategias**, para enfatizar aspectos específicos que desean relevar. En el caso de Nueva Zelanda, su Plan Estratégico “**A Nation of Curious Minds**”, pone un fuerte énfasis en la importancia de la **vinculación** entre **ciencia** y **sociedad**, a través del fomento de la **curiosidad** y la **educación STEM**, pues supone que una ciudadanía involucrada con las STEM, y una

fuerza de trabajo competente en dichas áreas impulsada por la curiosidad, es lo que se necesita para cumplir con los desafíos sociales y ambientales que ese país se ha propuesto.

En cuanto al **enfoque**, en general las Estrategias procuran conectar los **desafíos societarios** generales del país con los **desafíos** que enfrentan los cuatro pilares del **Ecosistema**, de modo que sea el **fortalecimiento** de la creación y aplicación de **conocimiento** lo que contribuya al desarrollo del país. Para ello fomentan la atracción de **talento**, la **internacionalización** de los contactos y el fortalecimiento de la retroalimentación entre **investigación, innovación y emprendimiento**.

En lo que se refiere a los **marcos de política**, en general las **Estrategias de CTI** se enfocan en la **competitividad** del país, procurando aumentar la capacidad de **absorción** y de **aprendizaje** que provea el **sistema de innovación**, construyendo **redes** que faciliten el **emprendimiento** y estimulen la alineación y coordinación de los diversos actores del **ecosistema**.

Adicionalmente, en un contexto de **desafíos globales** que van más allá de lo económico, las estrategias CTI han ido transitando hacia marcos que posicionan al **medio ambiente**, la **inclusión, equidad** y los **desafíos societarios** en el centro de su planteamiento. Esto se hace más evidente cuando se examinan las metas de **crecimiento sostenible** propuestas por la agenda 2030 de la ONU, pues ellas requieren que las **estrategias CTI** adopten estos enfoques para ser cumplidas. Es así como, por ejemplo, países como Reino Unido, al alinear su estrategia de **investigación e innovación** con la estrategia **industrial**, plantean objetivos tales como **liderar** el mundo en desarrollo, fabricación y uso de tecnologías, sistemas y servicios con **bajas emisiones** de carbono.

Finalmente, respecto de la **temporalidad**, o período de vigencia de la Estrategias, la mayoría es de largo plazo, y busca trascender los períodos de un gobierno específico. Por ejemplo, **Finlandia** presentó en el 2017 una Estrategia con miras al 2030, cuyo esquema concatena los objetivos de **largo plazo** que plantea, con aquellos que el **gobierno de turno** alcanza a impulsar en su período. Pero, además, va adaptando esos objetivos más inmediatos enlazándolos de manera consistente con la **mirada más larga** que se incorpora hacia el período siguiente, procurando evitar que se produzca la **inconsistencia dinámica** que daña la continuidad y persistencia que dichas Estrategias requieren.

En nuestro país, el **CNCTCI** elaborará una Estrategia que utilizará como **Base** los elementos que se entregan en el presente documento. Su alcance, como ya se ha dicho,

incluirá a los cuatro **pilares** de la sociedad del conocimiento –ciencia, tecnología, innovación y emprendimiento, a lo que se agrega la **reflexión** que todo ello merezca desde las **humanidades**–, establecerá un **relato** que colabore a dar penetración a sus propósitos, su **enfoque** estará orientado hacia un Ecosistema cuyo **impacto** mejore la calidad de vida de la población –en especial a aquellos **problemas societarios** identificados como los más pertinentes– y propenderá a generar una **sociedad inclusiva y sustentable**.

## 2.2 Fundamentos

### 2.2.1 — La evolución de los modelos que explican la generación de conocimiento e innovación

Los modelos que explican la generación o creación de conocimiento de base científico–tecnológica han evolucionado desde las versiones que asumen que esta ocurría de **manera lineal** –de los centros de investigación donde se crea conocimiento a las empresas donde este se aplica, generando de paso **innovación**– hacia una concepción sistémica de todo el proceso. En la **concepción sistémica** participan **múltiples actores**, desde el **Estado** que promueve la investigación y el desarrollo, mediante aportes entregados bajo diversas fórmulas, hasta otros **agentes públicos y privados** que juegan distintos roles a lo largo de toda la cadena. La interacción y retroalimentación permanente entre ellos, reforzando o corrigiendo los logros intermedios, es lo que se traduce eventualmente en bienes y servicios que tienen un **impacto económico** en la sociedad.

En efecto, la literatura ratifica lo anterior, pues distingue dos modos de generación de conocimiento e innovación en materia de investigación científica, denominados **Modo 1** y **Modo 2**. El **Modo 1** supone una **lógica lineal**, que se inicia y organiza a partir de la investigación por disciplinas al interior de las **universidades**, la que luego continúa con la generación de **tecnología**, y, eventualmente, de **innovación**, en esas mismas instituciones. El **Modo 2** cuestiona el anterior, planteando que la ciencia no sólo se realiza en la academia, sino también fuera de ella, y que las interacciones entre las distintas disciplinas y actores participantes conforman un **sistema complejo**. Asimismo, quienes realizan investigación no sólo son responsables de su quehacer, sino que deben además **legitimarlos**, para lo cual deben participar de la reflexión respecto del impacto de su tarea y persuadir a la sociedad de su importancia.

Por su parte, en los modelos que explican la **innovación**, se puede observar una evolución similar. En una **primera etapa** se asume que la **innovación** de base **científico tecnológica** deriva de la I+D que se realiza al interior de las empresas –al estilo de las grandes multinacionales como General Electric, IBM, Ford, Glaxo– o es recogida por aquellas, a partir de las desarrolladas por las **universidades**. En una **segunda etapa**, se reconoce el carácter interactivo de la multitud de actores participantes –universidades, empresas, agencias estatales, centros de investigación, entre otros– todos los cuales se incorporan a las redes de innovación. Esto da lugar a la idea de **I+D+i**, y a los llamados **sistemas de innovación**.

El concepto de **Sistema Nacional de Innovación**, con foco en la formación de redes y el aprendizaje interactivo a nivel nacional fue acuñado por Lundvall (1985). Avanzando hacia el enfoque de Ecosistemas de Innovación se pone énfasis en la creación de **valor económico, social y ambiental**, y en la colaboración que tiene que existir entre los actores que lo conforman. Por otra parte, el prefijo “**Eco**”, hace referencia al carácter **adaptativo** que estos sistemas deben tener, que les permita acomodarse de mejor forma a las cambiantes circunstancias que enfrentan.

En este contexto, se entiende que la **creación de valor** es el objetivo final del **ecosistema de CTI**, y este valor es **económico, social y ambiental**. También asume que la sociedad es el sustrato en el que este ecosistema se desarrolla, siendo a la vez desde donde se nutre y a quien aporta valor.

La evolución que han tenido los **marcos de políticas** CTCI está directamente vinculada con los cambios de **enfoques** antes descritos. Las políticas asociadas al modelo de innovación lineal y Modo 1, se concentran en el financiamiento de I+D por **misión** o **curiosidad**, y en la generación de incentivos para que el sector privado **transforme** este **conocimiento** en bienes y servicios, promoviendo la introducción de **espacios corporativos** para la ciencia y la tecnología en las empresas, de tal modo que se asegure crear masa **crítica**. En general, todo lo que se asume que resulta clave para un crecimiento económico basado en el **avance científico**.

Con el surgimiento del concepto de **Sistema Nacional de Innovación** y el Modo 2, se suman instrumentos que promueven la **conexión** entre los distintos actores con el objeto de impulsar la **competitividad** del país, pues las diferencias que al respecto hay entre las diversas naciones, se entiende vinculada a la **riqueza** de relaciones que ocurran dentro del Sistema.

En la actualidad, el **desarrollo** tiene que conjugar crecimiento con **sustentabilidad, inclusión y equidad**. Como la estrategia de CTCI que se escoja no será necesariamente **neutral** respecto de esos objetivos, ello deben ser establecidos de manera explícita. Además, dado que la sociedad incorpora **nuevos actores** con **diversos roles** que se vinculan de múltiples maneras con la CTCI, la Estrategia requiere tener en cuenta su presencia para abordar y representar adecuadamente los **desafíos** y **oportunidades** que **compartimos** como sociedad. Ello ha sido recogido en los enfoques de **Innovación Transformativa** de **Schot** y **Steinmüller**, y en la direccionalidad a través de las Misiones como propone **Mazzucato**. El reporte **Dasgupta** incorpora el capital natural y su preservación al momento de tomar grandes decisiones económicas, reconociendo que la naturaleza sostiene la economía y que el crecimiento no es sustentable si es a costa de su degradación.

## 2.2.2 — Anticipación y futuro

Este Consejo nació desde una preocupación por el futuro. En los últimos años ha hecho un esfuerzo constante por investigar los avances de la disciplina de la **anticipación**, como una manera de conducir esa discusión.

Su importancia se debe a que el **impacto económico** y de creación de **valor** que para la sociedad tiene el funcionamiento del Ecosistema, es el resultado de una compleja combinación de **anticipación** y **serendipia** de hallazgos.

**Anticipar** es un ejercicio importante que reconoce la incertidumbre propia del futuro.

Los modos de **anticipación** se pueden clasificar en dos grupos. El primero, mediante la **prospectiva**, que procura extrapolar las tendencias existentes, y el segundo, auscultando el fenómeno de **emergencia**, que busca reconocer la novedad emergente en el presente mediante la **imaginación** rigurosa de **futuros ficticios**. Así, se abre la mirada a cambios que la prospectiva no incluye –ella solo proyecta en base a datos del pasado– puesto que lo emergente no tiene historia.

En cualquier caso, para **extrapolar** correctamente las tendencias actuales es necesario utilizar **parámetros** cuya estimación nunca tiene la **precisión** requerida. Y aun si esa precisión mejorase, ella tiene un límite. Es necesario, por lo tanto, hacerse cargo de la inanticipable evolución de los fenómenos **sociotecnológicos**.

Estos varían permanentemente como resultado de los avances científicos y las impredecibles **disrupciones tecnológicas** que surgen, ya sea a partir de **serendipias**, o por la **convergencia** de las **innovaciones** que aparecen, modificando con ello las trayectorias previamente extrapoladas.

Pero, además hay grandes cambios que provienen de fenómenos **culturales** y **sociales**. La creciente **secularización** de la humanidad, por ejemplo, provee un sustrato muy diferente para el desarrollo y adopción de tecnologías, particularmente en el ámbito de la **biotecnología** y sus aplicaciones en torno a la **reconfiguración del significado** de la **vida** como fenómeno. Por otro lado, junto con la evidencia sobre el impacto que la humanidad está imponiendo sobre el **clima** y la **biodiversidad**, y la creciente constatación que la supervivencia de la especie depende de los **servicios ecosistémicos** que la biósfera le ofrece, ha surgido la necesidad de proteger el entorno, precisamente porque esa evidencia así lo aconseja. La permanente imbricación entre lo **tecnológico** y lo **social** debe ser tomada en cuenta, tanto para la mirada **prospectiva** como para la identificación de lo **emergente**.

Todo lo anterior indica que los ejercicios de **anticipación** que se hagan deberán combinar la **extrapolación** de las tendencias existentes, es decir, la **prospectiva**, con las **disrupciones** que se insinúan, en direcciones distintas a esas extrapolaciones, es decir, incorporar al análisis los fenómenos de **emergencia**.

Anticipar —**extrapolando** el presente e imaginando sus futuras **disrupciones**— es un ejercicio fundamental para navegar en medio de la incertidumbre. En resumen, **planificar** para lo que sabemos, **imaginar** para lo que no sabemos, y acompañarlo de un sano **escepticismo**, que nos recuerde que nuestra existencia se da en un universo **complejo y emergente**. Esta manera de “**usar el futuro**” para la toma de decisiones en el **presente**, hace necesario identificar los valores que hoy condicionan las decisiones que tomamos. En consecuencia, en el marco de esta Base, tenemos que reconocer el contexto ético y las consideraciones de sustentabilidad que se derivan del **cambio climático** y la pérdida de **biodiversidad**.

### 2.2.3 — Conocimiento y reflexión: Relación entre STEM y SSH

El conocimiento —entendido como la recolección de información del entorno, que integra la comprensión del **mundo** que nos rodea y la **reflexión** sobre el sentido de lo

humano— es un rasgo característico de la época actual. Se genera de **diversas** maneras, dependiendo de la actitud intencional del agente participante.

Por una parte, están quienes tienen la intención de describir las **regularidades** de los **fenómenos** del entorno, sea este **natural** o **social**. Para ello efectúan cuidadosas **observaciones** de ellos y formulan **hipótesis** causales que los expliquen, las que posteriormente **validan** o **refutan** mediante la **evidencia empírica** o experimental, siempre sometiéndolas al escrutinio de sus **pares**. El resultado es el **conocimiento científico**. El método descrito se denomina **método científico**.

Por otra, están quienes observan el mundo, en especial los fenómenos humanos, con una **intencionalidad distinta**. Algunos procuran reflexionar respecto del “**deber ser**” de lo humano y de la sociedad humana, más que sobre su descripción, lo que indica un afán **normativo**; otros ponen un mayor énfasis en la **interpretación** del fenómeno humano; asimismo, hay quienes investigan la relación de los fenómenos humanos de manera **expresiva** o **artística**. En esta aproximación se debate acerca de cómo es, y sobre todo, cómo debe ser la **cultura** humana, cómo deben organizarse las relaciones entre las personas y cuál sería el sentido **último** de la existencia. Este es el lugar de la práctica e investigación en **Artes y Humanidades**.

El conocimiento de carácter científico aspira a la universalidad de los modelos que describen los **fenómenos** que estudia, aunque estos estén siempre sometidos a su posible **refutación** empírica. Esa vocación por la universalidad es la que permite que sus **aplicaciones tecnológicas** sean utilizadas por todas las comunidades humanas, que el valor de las **innovaciones** a que ellas den lugar sean aprovechadas en los diversos países del globo, y que las personas puedan acceder a todas ellas a través de las implementaciones productivas que se hagan. Eso genera un **impacto económico** en la sociedad y posibilita la mejoría de las condiciones de **vida** de la población.

La utilización tanto de la **matemática** para describir los fenómenos naturales, como de la **ingeniería** para desarrollar las aplicaciones tecnológicas, agrupa a estas disciplinas bajo el acrónimo **STEM**, por sus siglas en inglés (**Science, Technology, Engineering and Mathematics**).

Por su parte, el grupo que genera **conocimiento** asociado a una postura **normativa**, **interpretativa**, **expresiva** o **artística** de la vida humana, incluye a una multitud de

disciplinas, desde aquellas abocadas a interpretar el **comportamiento** individual y social, las dedicadas a reflexionar sobre el **sentido** de lo humano, hasta aquellas que buscan develar esta comprensión en las diversas formas de **expresión** y creación **artística**. Estas disciplinas se agrupan bajo el acrónimo **SSH** por sus siglas en inglés (*Social Sciences and Humanities*). En español normalmente se las refiere como **Artes y Humanidades (A&H)**.

La distinción recién expuesta no aclara la ubicación precisa de las **Ciencias Sociales**. Sin ahondar en las sutilezas que esa precisión requiere, es posible afirmar que las Ciencias Sociales se encuentran en ambas. Quienes adoptan una mirada **científica** del comportamiento humano, como fenómenos cuyas **regularidades** son posibles de investigar a pesar de la enorme dificultad para hacerlo, desarrollan disciplinas que forman parte del primer grupo. Quienes interpretan los fenómenos de comportamiento social humano, procurando darles un sentido, o realizan reflexiones respecto de cómo debe ser la vida humana y cómo debe desplegarse su **convivencia**, se tienden a ubicar en el segundo.

Hoy, vuelve a emerger en el horizonte de la discusión la necesidad de contar con ambas, es decir, con **Ciencias Naturales y Sociales**, así como con **Artes y Humanidades**. Ambas, desde distintas **perspectivas**, modalidades e **intenciones**, se preguntan sobre lo que distingue a la especie de la realidad **híbrida emergente** –una en que lo **humano**, la **máquina** y la **naturaleza** están inmersas en un proceso de co–evolución– y se cuestionan el sentido y significado del curso de la **historia** en medio de nuestra fragilidad y falibilidad como especie. De ahí que las enormes posibilidades que abre el avance **científico-tecnológico** deban ir de la mano de la **reflexión** y búsqueda de **sentido** que aportan las **Artes** y las **Humanidades**.

Por otra parte, la distinción entre las **STEM** y las **SSH** resulta de la diferente postura intencional de sus actividades, de la diferencia de metodologías que utilizan, y de la diferente manera en que ellas **impactan** a la población. El **método científico** establece, al contrastar las hipótesis con la **evidencia empírica**, una forma de **validar**, de entre las distintas explicaciones que se propongan, aquella que mejor interprete el fenómeno bajo estudio, sin perjuicio de reconocer las enormes dificultades que hay tras ello cuando se transita desde las disciplinas más generales, como la **física**, a las más específicas, como las **ciencias sociales**. En cambio, en las **SSH** en general, y en las **Artes y Humanidades**, en particular, casi siempre hay un espacio interpretativo o creativo que no necesariamente admite una validación **unívoca**, aceptada por toda la comunidad. Esa diferencia, de carácter **epistemológico**, ha provocado una separación o **tensión** intelectual entre ellas, generando, en el ámbito de las **políticas públicas**, una

**competencia** por los recursos que el Estado destina a promover su florecimiento, sin que haya podido establecer un criterio claro para efectuar esa asignación.

El impacto más **tangible** de las **STEM** comparado con el impacto más **intangible** de las **SSH** en el mundo productivo ha contribuido a ello, lo que debe invitar a reflexionar sobre las implicancias que su distinta **naturaleza** tiene al momento de asignar los recursos para su promoción.

Una forma de abordar ese problema puede ser diferenciar los criterios para escoger proyectos y asignarles **recursos públicos** y que además ellos respondan a **categorías** de análisis distintas. En ese caso, correspondería asegurarse que los mecanismos y criterios de evaluación atiendan a las distintas naturalezas de las **disciplinas** bajo escrutinio. No parece conveniente promover actividades con esa **diversidad de intenciones, métodos**, resultados e impactos y someterlas a esquemas similares para **discernir** las adjudicaciones. Ello solo conduce a un juego tipo **suma-cero**, y ahonda las tensiones entre disciplinas que deben ser consideradas tan **complementarias** como importantes para el desarrollo de las sociedades en el siglo XXI.

Esta es una materia sobre la que se hace necesario debatir y concordar, y sobre la cual este Consejo seguirá **reflexionando**.

# 3. El ecosistema



El **Ecosistema** es la herramienta y el enfoque que utilizan los países para incorporarse y desarrollar la **sociedad del conocimiento**, porque permite potenciar la creación y **transferencia** de conocimiento producida en sus distintos **nodos**.

El propósito final de la sociedad del conocimiento es la generación de valor **social**, a través de la provisión o el intercambio de bienes y servicios que contengan **conocimiento**, sean ellos de carácter **utilitario, comercial, educacional, cultural, deportivo, filosófico o artístico**.

En este capítulo nos enfocaremos principalmente en el ecosistema de Ciencia, Tecnología, Innovación y Emprendimiento (CTIE), y en el **conocimiento** incorporado en los **bienes y servicios** a disposición de la población, los que se obtienen a través de la interacción virtuosa de cuatro pilares:

- **ciencia**, que **crea** conocimiento,
- **tecnología**, que lo **aplica**,
- **innovación** que agrega **valor** a partir de las dos anteriores, y
- **emprendimiento** que **implementa** todo ello productivamente.

## 3.1 Operación del ecosistema de CTIE

### 3.1.1 — El arpegio

Cada uno de esos **cuatro pilares**, adecuadamente estimulados, se combinan de manera virtuosa para generar valor que mejora las condiciones de vida de la población. Promover su **interacción** fluida para que se genere **transferencia** de **conocimiento** entre ellos es el objetivo del Ecosistema. De allí que se utilice la metáfora del arpegio para describirlo, pues las cuatro notas de un arpegio suenan **armónicas** en cualquier orden en que se toquen.

En el “Libro Blanco” del CNID, publicado en 2019, se describió al ecosistema de CTIE de la siguiente manera: “El **ecosistema** está formado por una gran diversidad de **nodos** que propician la **excelencia** y estimulan la **participación** y creatividad de distintos actores, para desarrollar las **cuatro notas del arpegio**, esto es ciencia, tecnología, innovación y emprendimiento. Asimismo, se requiere que este genere una

vasta y creciente **red compleja de conexiones** e interdependencias entre ellos, que les permita **interactuar** entre sí con gran fluidez, para que de la **explosión combinatoria** de aquellas posibles conexiones, surjan los intercambios que entrelacen y enriquezcan las actividades de unos con las de otros, de modo que el resultado final sea la **creación de valor** para la sociedad” (CNID, 2019).

Cada una de las notas del arpegio da lugar a una postura intencional distinta de parte de quienes las tocan. En la ciencia tiende a prevalecer la **curiosidad**, en la **tecnología** la **aplicación utilitaria**, en la **innovación** la **generación de valor**, y en el **emprendimiento** la motivación de **implementar productivamente** todo lo anterior en bienes y servicios. Esas diferentes posturas inducen y facilitan la transferencia de conocimiento de unos nodos a otros, pues cada uno aprovecha para su propio interés el conocimiento surgido en el resto, **retroalimentándose** todos de manera permanente. La facilidad y **fluidez** con que todo ello ocurra, la **excelencia** con que se realice la actividad en cada uno de ellos, y la **densidad** de la red de conexiones que se establezca entre esos nodos, son los **factores críticos** para que el Ecosistema logre traducir su acción en **impacto económico** y de **calidad de vida** para la sociedad.

Esos cuatro pilares son **complementarios**. Así como la producción de **bienes** y **servicios** utilizando sofisticadas **tecnologías** impulsa la aparición de nuevas y complejas **preguntas científicas**, los descubrimientos científicos sustentan, a su vez, la aparición de **innovaciones tecnológicas** que mejoran la **eficiencia** en la producción de bienes y servicios y aumentan su valor.

La sociedad requiere que estos cuatro pilares del ecosistema se desarrollen sin oposición entre ellos, y que la **transferencia de conocimiento** se promueva de manera **abierta** al interior del ecosistema, en contacto permanente con los ecosistemas de otros países.

### 3.1.2 — El flujo de conocimiento

El ecosistema opera de manera **no lineal**, por lo que no resulta obvio **anticipar** la forma en que los insumos que alimentan un nodo se traducen posteriormente en algún producto en otro nodo, ni cómo esos productos se transforman luego en resultados **tangibles**, ni menos de qué manera todo ello **impactará** en la sociedad y viceversa.

Este **ecosistema** no funciona como un **mercado** tradicional de **transacción competitiva** de bienes y servicios. En este hay **derechos de propiedad** bien

establecidos, opera en un ambiente sin (o con pocas) **externalidades**, en el que la **información** de las preferencias de consumo está **dispersa** entre muchos actores sin que nadie las conozca completamente, y en el que el sistema de **precios** es el que aglutina esa información dispersa para encontrar los **equilibrios** y generar las transacciones que maximizan el **beneficio social**.

En el ecosistema **CTIE** lo que se **transfiere**, modifica o intercambia es **conocimiento**. Desde quienes lo **crean** hacia quienes lo **aplican**, o desde quienes transforman lo anterior en **innovaciones** que crean valor, hacia los **emprendedores**, o desde estos últimos hacia quienes lo crean, a partir de nuevas preguntas que ese emprendimiento plantea. Dicho de modo más general, lo que un ecosistema procura generar son intercambios de conocimiento entre el **contenido** de sus nodos y las diferentes **intenciones** de sus actores, en las más diversas **combinaciones** posibles, pero dentro de los **marcos normativos** y **éticos** establecidos por la sociedad.

Y aunque en este ecosistema la información también está **dispersa** entre muchos actores, no hay **derechos de propiedad** bien establecidos. Las **patentes** solo aparecen en las etapas más **tardías** del proceso, y eso está ocurriendo cada vez con menor frecuencia, amagada su conveniencia por la velocidad con que el conocimiento se genera. La gran cantidad de **externalidades positivas** que produce el ecosistema justifica los **subsidios** que se le otorgan, y es la razón por la que normalmente no hay **precios** de transacción del conocimiento, ni formas de **apropiarlo** que den lugar a un sistema de precios. El Estado tiene la misión de propiciar un ecosistema que dé fluidez a la **transmisión** de conocimiento, a pesar que aquellos que participen no puedan **anticipar** el valor que surgirá de ella.

### 3.1.3 — Masas críticas

Para que el ecosistema genere transferencia de conocimiento de manera virtuosa se requiere que tenga una masa crítica de actores, tanto en **cantidad** como en **diversidad** de disciplinas, **competencias** y **roles**. La alta cantidad de actores genera una **explosión combinatoria** de conexiones, y la diversidad de disciplinas asegura que ellas recorran una mayor variedad de **áreas del saber** y campos de acción.

Adicionalmente, para que la **combinación** de cantidad y **diversidad** no provoque un antagonismo mutuo, es decir, que al procurar diversidad no se sacrifique a actores en disciplinas donde los hay en abundancia y calidad por otros de áreas distintas

sin la calidad requerida, es necesario que los actores participantes superen un umbral de **calidad** mínimo. Esa es tarea de las **agencias** encargadas de promover el Ecosistema, para lo cual deben procurar que los recursos sean asignados respetando las particularidades de cada disciplina y la naturaleza de los diversos actores, en concursos **competitivos**, y con mecanismos y criterios que cuenten con **flexibilidad**, para así poder realizar las modificaciones que resuelvan los **errores** detectados y la **adaptación** a nuevos contextos.

### 3.1.4 — El rol del sector público y del sector privado

El **sector público** juega un papel crucial en el establecimiento del **Ecosistema**. Como la creación de **conocimiento** se realiza mediante recursos entregados competitivamente por el **Estado** a grupos de investigadores instalados en universidades o en centros especializados, el resultado de sus pesquisas constituyen **bienes públicos**. El **Estado** también cumple un importante rol en la **promoción y articulación** de los otros pilares del arpegio –tecnología, innovación y emprendimiento– aunque en ellas el **sector privado** está en condiciones de participar más activamente que en la investigación impulsada por la **curiosidad**.

La **disposición** del **sector privado** a participar en el Ecosistema depende fuertemente de la profundidad y diversidad de la **base tecnológica** que haya alcanzado su actividad en el país. Ello, a su vez, depende de la **densidad científico-tecnológica** que el país haya logrado.

La **secuencia** en general es que inicialmente el **Ecosistema** precisa de un **impulso estatal** muy marcado. Luego, una vez que este alcance una **masa crítica**, las herramientas **científico-tecnológicas** disponibles servirán de apoyo al **sector privado** para que aumente la **densidad** tecnológica de su quehacer. Posteriormente, y una vez que el sector privado, a su vez, alcance una masa crítica apropiada, el proceso se **retroalimenta** virtuosamente entre ambos, y el porcentaje de participación privada en el Ecosistema tiende a transformarse en **predominante**.

Lograr las **masas críticas** necesarias requiere de políticas de **largo plazo** que **persistan** en el tiempo, para lo cual el Estado debe tener la **convicción** necesaria y la **consistencia intertemporal** requerida respecto del valor e importancia que un **Ecosistema** adecuadamente instalado tiene. Ese es el camino para que el país se incorpore plenamente en la **sociedad del conocimiento**.

## 3.2 Lineamientos para un ecosistema robusto

Para **fortalecer** el Ecosistema CTIE –y también para integrarlo al ecosistema CTCI– es necesario seguir ciertos lineamientos que le confieran **robustez** de resultados, **eficiencia** en el gasto y que **orienten** a la inversión. Ellos son la **diversidad** en su interior, la **conexión** entre sus nodos y los **desafíos societarios** que se proponga acometer, para conseguir que el ecosistema se relacione con la comunidad ciudadana en la que está inserto.

### 3.2.1 — Diversidad

Para que el ecosistema cumpla apropiadamente la función de **transferencia de conocimiento** entre sus distintos nodos, de modo que ello conduzca a la **creación de valor** para la sociedad, es necesario que la **diversidad** de disciplinas y competencias, roles y trayectorias de los actores que participan en la creación, utilización y divulgación del conocimiento estén bien representadas, para que así la **fertilización cruzada** entre ellas **enriquezca** su quehacer.

Por esa razón, el **mérito** no puede ser un obstáculo para que esa diversidad se dé. Si ello así ocurriese, es decir, si solo un **subconjunto** de las disciplinas se desarrolla con el mérito o la **calidad** suficiente para recibir el apoyo estatal, se deberán tomar las medidas necesarias para **corregir** ese estado de cosas.

Para lograr cumplir con esa diversidad, es fundamental que el **sistema de educación nacional** permita el acceso sin discriminación a una formación orientada a las **competencias** del siglo XXI. Así, las **nuevas generaciones** tendrán la oportunidad de acceder a todas esas disciplinas, y desarrollar el pensamiento **crítico, creativo y reflexivo** necesario. De esa manera podrán enfrentar de manera efectiva el futuro incierto y en constante **cambio** que caracteriza a las sociedades modernas. Valorar la diversidad de intereses, trayectorias y roles de los participantes del Ecosistema, y reconocer su importancia para **adaptarse** a situaciones emergentes e imprevistas, debe ser uno de los lineamientos permanentes del **Ecosistema**.

### 3.2.2 — Conexión

Para que la diversidad de disciplinas al interior del Ecosistema genere una virtuosa **fertilización cruzada** de conocimientos, y para que las variadas **posturas intencionales** de sus participantes se combinen entre sí, **enriqueciendo** los distintos

propósitos con que cada uno actúa –curiosidad, aplicabilidad, innovación, generación de valor, producción– es necesario que los diversos nodos de ese Ecosistema estén estrecha y fluidamente **conectados**.

Esa conexión debe ser tanto **doméstica** como **global**, pues son las interacciones entre los diversos actores, **nacionales** y **extranjeros**, las que multiplican las opciones de crear valor en un escenario que no reconoce fronteras. Esto releva la necesidad de crear y fomentar espacios de intercambio, de propiciar la **serendipia** y la **aleatoriedad** para que existan más **encuentros improbables** y más **convergencias virtuosas**.

Asimismo, la conexión entre disciplinas permite el intercambio de conocimiento tanto tácito como explícito, fomentando el trabajo **multidisciplinario**, **interdisciplinario** y **transdisciplinario** que promueve la colaboración y el aprendizaje, logrando **sinergias** en distintos ámbitos que benefician la formación de un ecosistema sólido y robusto.

### 3.2.3 — Desafíos societarios

El **Ecosistema** está inserto en la sociedad, y para que su relación resulte fructífera, ella debe ser **bidireccional**.

Por una parte, es necesario que la sociedad reconozca la **importancia** que este tiene en el proceso de **creación de valor**, que es el que alimenta y permite las mejores **condiciones de vida** a las que ella aspira. Una sociedad que esté consciente de la prioridad del **arpegio** ciencia–tecnología–innovación–emprendimiento para generar nuevas fuentes de creación de valor y pretender un sólido **desarrollo económico**, impulsará a las **autoridades políticas** a materializar esa importancia, asignando las **prioridades** requeridas y los **recursos** necesarios.

Por otra, para que ese **vínculo** entre la **sociedad** y el **Ecosistema** de **CTIE**, y de **CTCI** se sostenga en el tiempo, este debe plantearse el desafío de resolver **problemas societarios** que preocupan a la población, de modo que los recursos que recibe de la sociedad sean reciprocados mediante las **soluciones** que este encuentre a esos problemas.

Para lograr la identificación de los **desafíos societarios**, así como los **dilemas éticos** asociados a estos, la comunidad de investigadores, tecnólogos, innovadores, emprendedores, humanistas, artistas y filósofos debe estar inmersa en la **sociedad** que habita. Es especialmente aquí donde el ecosistema debe extenderse desde la **CTIE** a **CTCI**,

e incluir la reflexión y aporte que las **Artes y Humanidades** otorgan a ese debate, en especial en lo relativo a las formas de **convivencia social, dilemas éticos y estructuras de poder** que están presentes en la dinámica social. A su vez, cuando eso ocurre, las **reflexiones, posturas, proyectos y conclusiones** generadas quedan a **disposición** de la sociedad, lo que ayuda a potenciar el pensamiento **creativo, crítico y reflexivo** en las personas. Como resultado de todo ello, el Estado podrá tomar decisiones mejor informadas.

La **ciencia** y la **tecnología**, así como sus actividades afines, no solo debe **conectarse** con la ciudadanía explicando **qué hace** y **cómo funciona**, sino también debe escuchar las **demandas, intereses y preocupaciones** de la sociedad para entender dónde y cómo actuar. Su validación social requiere que ambos procesos ocurran simultáneamente.

Esto no significa que la actividad del **Ecosistema** se rija por las **cambiantes** demandas circunstanciales que plantea la **ciudadanía**. Más bien, lo que se busca es que más allá de su actividad rutinaria, el Ecosistema mantenga como **propósito final**, como **visión de futuro**, una cercana **conexión** con los **grandes problemas** que aquejan a la sociedad, y que ella perciba que su actuación puede aliviarlos.

La construcción de un **nexo bidireccional** entre la **CTIE**, la **CTCI** y la **sociedad** debe constituir el **propósito permanente** de quienes **diseñan** las **políticas** y establecen sus **marcos** en estas materias.

### 3.3 Capacidades humanas

El Ecosistema de **CTIE** no es solo una estructura de nodos y conexiones en el que interactúan **ciencia, tecnología, innovación y emprendimiento**. Por sobre todo, es una vasta red de investigadores, técnicos, divulgadores, innovadores y emprendedores –entre otros–, que en conjunto constituyen una parte importante de las **capacidades humanas** del país, tanto **técnicas** como **avanzadas**.

Por esa razón, cualquier esfuerzo que se haga para **promover, mejorar** o profundizar la transferencia de conocimiento en el Ecosistema –tanto de **CTIE** como de **CTCI**–, y, por esa vía, impulsar la **generación de valor** en el país, debe ir necesariamente acompañada de una política de **capacidades humanas** que lo materialice. Ese **capital humano** requiere estar cada vez mejor preparado, con estudios de especialización y **post grado** en sus respectivas áreas y disciplinas, si ellas tienen un carácter más académico,

o bien, precisa tener **experiencia** en la implementación de **procesos innovativos**, si se trata de empresas productivas u otro tipo de organizaciones.

Esa mejor preparación se consigue sofisticando la oferta del **sistema técnico profesional**, así como los programas de formación de **post grados** –magísteres y doctorados– del sistema **universitario nacional**, y perfeccionando el acceso a programas de formación **en el exterior**. Para que ambos sistemas –nacional e internacional– no entren en **competencia**, afectando al primero, es necesario impulsar iniciativas de colaboración, como por ejemplo los programas de posgrado de **dobles titulaciones** entre universidades nacionales y universidades extranjeras de reconocido prestigio. Con ello se promueve un mejor desarrollo de la oferta local, y además se complementa la formación del estudiante proveyéndole de experiencias externas **enriquecedoras**, por la diversidad y **variedad** de miradas a que eso los expone. Todo ello sin perjuicio de mantener, adicionalmente, un **competitivo** sistema de financiamiento a la formación en el extranjero para quienes sean admitidos en los programas más **exigentes** de los mejores **centros de formación** extranjeros.

El aporte de las **capacidades humanas** al Ecosistema nacional puede darse con independencia de si la persona se encuentra desarrollando su actividad profesional en el país o en el exterior, puesto que el **valor** que genera está dado por las **conexiones** y la **fluidez** que aporte a la transferencia de conocimiento, lo que puede darse en ambas circunstancias. Imponer obligaciones para “**devolver**” las inversiones que el país le entregó, y hacerlo de manera presencial y física en su país de **origen**, puede no ser la mejor manera de maximizar el retorno de esa inversión. Es necesario mantener una **pragmática flexibilidad** al respecto.

Asimismo, las **capacidades humanas avanzadas** necesitan estar complementadas por **capacidades humanas técnicas**, cuya experticia se oriente hacia las labores de **implementación productiva**. Para ello, el sistema de **educación superior** requiere ofrecer una **amplia gama** de opciones de formación **técnica**, adoptando las **mejores prácticas** de los países exitosos en estas materias, de modo que el ecosistema se vea alimentado por capital humano preparado, acorde a las necesidades de todo el **espectro** de actividades.

## 3.4 Desarrollo tecnológico para Chile

Para que el **progreso** de las naciones se tangibilice, es necesario –aunque ciertamente no suficiente– que se cree **valor**. Sin embargo, la creación de valor se encuentra constreñida por las **limitaciones** naturales que enfrenta el crecimiento del **capital humano** y el **capital físico**. Para superar ese problema se debe recurrir a la **tecnología**, pues ella, a partir del conocimiento científico, encuentra maneras de generar una **mayor producción** de bienes y servicios para una **misma provisión** de capital humano y físico.

Vista así, la tecnología debe ser entendida como **aplicación de conocimiento**, no conocimiento “empaquetado”. Cuando esas **nuevas** aplicaciones se traducen en bienes y servicios valiosos para las personas, se está en presencia de “**innovaciones**”. Las innovaciones inducen en los **emprendedores** el afán por implementarlas productivamente, cerrando un ciclo que busca impactar **positivamente** en la calidad de vida de la población. Este **ciclo virtuoso** de creación, aplicación, innovación e implementación de conocimiento, que transforma lo anterior en **bienes y servicios** para las personas, es uno de los que le da sentido y justifica el esfuerzo que el **Estado** despliega en la **promoción** de la CTIE, y en particular, de la **tecnología**.

A su vez, la **tecnología** es la herramienta que permite dar **sostenibilidad** al proyecto humano. Enfocada correctamente, permite **mitigar** los problemas que su propio uso genera, haciendo posible que las aspiraciones de **progreso** de la población, posibilitadas por esa tecnología, no se vean afectadas por el **deterioro** del entorno que ocurriría si, paralelamente, no se **combate**, también **tecnológicamente**, sus efectos nocivos. Los desafíos que plantea, por ejemplo, el **cambio climático**, la **conservación de la biodiversidad** o la **economía circular** solo se pueden enfrentar si se modifica el **formato productivo** vigente, introduciendo nuevas tecnologías que sustituyan a los **combustibles fósiles**, que **mitiguen** los daños que la producción de bienes y servicios provoca al entorno, o que transformen los **residuos** generados por procesos productivos en materias primas de otros, según sea el caso.

De allí que el **desarrollo tecnológico** esté en el corazón de cualquier proyecto de futuro que el país se plantee, y forma parte crucial de las Estrategias de CTCI que este Consejo elabore de ahora en adelante.

Renunciar como país a que el desarrollo tecnológico juegue un rol fundamental en nuestro desarrollo **no es**, hoy en día, una **respuesta aceptable**, como quizás lo fue a

fin del siglo anterior y, en menor medida, a comienzos de este. No lo es desde el punto de vista **político, geopolítico, social, ambiental, o ético**. A pesar que el sistema de **I+D+i** chileno ha tenido falencias para mostrar su impacto en el desarrollo de nuestra sociedad, la **evidencia** que su relevancia tiene en el **crecimiento y desarrollo** de los países –resulta elocuente la experiencia que los países más **avanzados** pueden exhibir al respecto– es demasiado potente como para minimizarla.

### 3.5 Caracterización y evaluación del ecosistema CTIE

Existe un relativo consenso en utilizar **tres grandes dimensiones** para **caracterizar** un **Sistema de Innovación**.

La primera se refiere al **conocimiento** generado, tradicionalmente representado por indicadores como número de patentes otorgadas o total de publicaciones científicas indexadas. La segunda es la **económica o financiera**, representada por indicadores como el gasto en I+D o el presupuesto público destinado a esas materias. Y la tercera es la de **capital humano** involucrado en el sistema, que utiliza indicadores como número de investigadores por millón de habitantes o número de PhD en la industria.

Sin embargo, el enfoque de **Ecosistema de CTIE** requiere incluir otras dimensiones relevantes que enriquezcan su comprensión, que se hagan cargo de la existencia de nuevos actores y sus distintas formas de interacción, y que den mejor cuenta del funcionamiento **dinámico** del ecosistema. Esto permite considerar, además de las distintas formas de **creación de valor** que el ecosistema genera, dimensiones como la **socio-ambiental**, es decir, las **reglas sociales**, formales e informales, que caracterizan el **comportamiento** de sus actores, lo que requiere **extender** el análisis al ecosistema de **CTCI**.

El modelo de Uzi de Haan (2008), por ejemplo, propone examinar el **capital financiero, humano, social, de emprendimiento** y de **conocimiento** con el que cuenta el Ecosistema, para luego estudiar su **articulación** y entender el **resultado** de su cometido, abriendo el espacio a **indicadores** específicos. Entre estos están el nivel de **confianza y colaboración**, la densidad de las **redes de inversionistas de riesgo**, la actitud emprendedora, la orientación al logro, la tolerancia al riesgo y la **valoración de la CTCI**, entre otros.

Además, está claro que no basta una **fotografía** del estado del Ecosistema, sino que es necesario entender su comportamiento **dinámico**. Eso incluye examinar las **trayectorias** recorridas y las **direcciones** hacia las que van los distintos actores del ecosistema. Este análisis reconoce una diversidad de estados en las distintas áreas del saber de acuerdo a su nivel de madurez. A la vez, eso aporta a la comprensión de las **interacciones** que ocurren, o no ocurren, en su interior, y el **comportamiento** de los diversos actores involucrados.

Por otra parte, los recursos invertidos por el Estado en el Ecosistema deben estar sometidos a **evaluación**. Aunque no se pueda anticipar con precisión su impacto *ex-ante*, sí se debe procurar medirlo *ex-post*. Esa medición es **compleja**, porque los resultados se extienden y reparten a lo largo del tiempo, lo que dificulta identificar las **conexiones causales** entre **recursos invertidos** y los **impactos económicos, sociales y ambientales** logrados.

Con todo, es tarea del **Estado** efectuar esas **evaluaciones** de manera rutinaria. Así se podrá recoger del aprendizaje que ese proceso induzca, una mejoría en la **metodología** utilizada y efectuar las **correcciones** que los nodos y las conexiones entre ellos requieren. Ello implica **modificar** los instrumentos utilizados que no rindan lo esperado, **profundizar** el esfuerzo que se haga en aquellos exitosos y **evaluar** los sistemas de evaluación. Todo lo anterior, con el propósito de escudriñar permanentemente el diseño de las **políticas** utilizadas para alinearlas con los **marcos estratégicos**, y **evitar la captura** de cualquiera de los subsistemas por sus participantes.

Un esfuerzo de esa naturaleza requiere una **caracterización** precisa del Ecosistema, incluyendo los cuatros pilares de ese **arpegio**, la investigación en A&H, cuando corresponda, los **recursos** que cada uno de ellos utiliza, las **conexiones** más activas entre sus nodos, y el **capital humano** involucrado, siguiendo los conceptos ya indicados más arriba.

Ese trabajo corresponde al **Ministerio de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación**. Se trata de una tarea vasta y compleja, cuya metodología debe considerar **aproximaciones sucesivas** de cada vez mayor complejidad, que permitan no solo efectuar las **evaluaciones** necesarias, sino que ellas, en conjunto con las **caracterizaciones** efectuadas, sirvan de insumo para las futuras **Estrategias** que el CNCTCI haga periódicamente.

El **impacto global** del Ecosistema dependerá de la **densidad** de sus nodos, de la **calidad** de la I+D+i que en ellos se realice, y del respaldo de una **política de Estado** bien construida. Para que ese impacto se materialice se requiere una mirada de **largo plazo** que le dé continuidad y sostén al proceso, y que además promueva la **multiplicación** de sus **conexiones**, de modo que la **fluida creación y transferencia de conocimiento** entre sus nodos constituyentes efectivamente se produzca. Sin embargo, ese impacto no será posible calcular ex-ante, por lo difícil que es **imaginar** las **disrupciones** que se generarán en el **futuro**, y por la **serendipia** inherente al funcionamiento de un ecosistema **complejo hiper conectado**. Sin embargo, la manera en que proponemos caracterizar el Ecosistema sí permite anticipar grandes direcciones e hitos que den sustento a las decisiones y marco para la evaluación de su desempeño.

Nuevamente, solo un esfuerzo hecho con **perseverancia** y **convicción**, apoyado en una **política de Estado de largo plazo**, que evite las inconsistencias intertemporales, dará los resultados esperados.

# 4. Un relato para el futuro



Para que una **Estrategia de CTCI** resulte exitosa, se requiere la movilización de múltiples voluntades y la focalización de importantes recursos durante un período prolongado de tiempo. No solo la comunidad CTCI debe participar, sino que también se necesita que el resto de la población apoye ese propósito. Así se podrá construir un **ideario transversal**, que haga de dicha Estrategia un **Proyecto País**, aunado por una **mirada de futuro**, basada en un **relato inspirador** que la aglutine.

A continuación, se presentan elementos claves que caracterizan a nuestra época y que nos permiten construir esa **mirada**, así como las características que nuestro país ofrece para sostener el **relato** propuesto, y los **desafíos** y **metas** a plantear para que el resultado sea el anhelado.

## 4.1 Tendencias globales

A medida que la humanidad acumula **conocimiento** –científico, tecnológico, artístico, filosófico, cultural, estético, productivo, entre muchos otros– crecen las **condiciones de posibilidad** que ello otorga a las personas y a las sociedades organizadas. Eso genera un autosostenido proceso de cambios que se acelera en el tiempo. Advertir las **tendencias** que esos cambios asumen no resulta una tarea fácil de describir. Para entenderlas, es necesario no solo observar los **fenómenos**, sino disponer de un **marco conceptual interpretativo** apropiado, de modo que la descripción sea **clarificadora** y **reveladora** de la realidad, y resulte superior a otras **interpretaciones alternativas**. Para ese ejercicio, la disciplina de la **anticipación**, en sus miradas **prospectiva** y **emergente**, constituye una importante herramienta de apoyo.

En particular, los cambios que interesan al momento de construir la **Base** para una **Estrategia**, y que permiten mirar hacia el futuro, son aquellos que la **CTCI** induce en la vida cotidiana de las personas. Las personas tienen **preocupaciones** permanentes, inherentes a su **naturaleza**, surgidas del proceso evolutivo que estableció su **genotipo**: mantenerse vivas, cuidar de su salud, proveerse de alimentos, evitar los peligros, reproducirse, establecer amistades y círculos de colaboración, velar por sus hijos, cuidar la convivencia social, **plantearse metas**, entre tantas otras. Muchas de esas preocupaciones –inicialmente más relacionadas con la supervivencia– siguen estando presentes en las **motivaciones** humanas actuales, solo que se dan en un **entorno** distinto.

Ese entorno se modifica no solo por los cambios que ocurren en la naturaleza circundante. Más importantes son aquellos que las propias personas han ido introduciendo, a través del **conocimiento** que han ido acumulando –traducido en bienes, servicios y modos de organización social, muchos de ellos impulsados **tecnológicamente**– y el cambio de **significado** que todo ello genera en el escenario que las personas se forman de su vida y sus circunstancias. Para las sociedades contemporáneas, el nicho no es solo **geográfico**, sino que es cada vez más **semántico**.

Por ello, escoger un marco conceptual apropiado para interpretar los cambios, entender sus tendencias de largo plazo y anticipar posibles futuros, constituye un aspecto cada vez más importante para transitar hacia una situación de mayor bienestar social.

Ello requiere combinar las permanentes motivaciones humanas para mejorar sus condiciones de vida, con las características del conocimiento acumulado a la que esas motivaciones han conducido. Como dijo Thomas Friedman, “Los grandes avances ocurren cuando lo que es repentinamente posible se encuentra con lo que se ha hecho desesperadamente necesario”.

Este Consejo se propone utilizar como marco conceptual el que entrega la ciencia, orientado por la búsqueda de bienestar material y espiritual que motiva a las personas, enmarcado en las restricciones que nos impone la biósfera, como sustrato en el que se sustenta la vida humana. A partir de esas premisas, ha identificado una gran **revolución transversal** y una importante **preocupación global**, que marcan, y seguirán marcando, el acontecer **humano** por las siguientes décadas.

Por un lado, está la **revolución de la información**, que es **transversal**, y que se da en dos formatos, el **biológico** y el **digital**; por otro, la **sustentabilidad planetaria**, que también se da en dos formas, el **cambio climático** y la **pérdida de biodiversidad** que requieren la acción conjunta de todos sus habitantes.

Sin embargo, es necesario hacer una **distinción** entre ambas. La revolución de la información –digital y biológica– es en sí misma una **impulsora** del cambio. Por otra parte, la sustentabilidad planetaria –**cambio climático** y mantención de los **equilibrios biosféricos**– es una preocupación que surge de la constatación de fenómenos de **alta inercia** y de **escala global** que se despliegan a través de horizontes largos de tiempo. La revolución digital y biológica ocurre con el **telón de fondo** de la sustentabilidad planetaria. Por lo tanto, la manera de abordarlos es diferente. Para la primera, debemos estar más

atentos a lo que de esa revolución puede **emerger**, y tomar decisiones acorde para **intencionar** los **futuros** que quisiéramos ver surgir. La segunda, por su parte, es más factible de estudiarse desde la **prospectiva** y la **predicción** –con límites, por cierto–, y así planificar y diseñar los caminos de acción necesarios para enfrentarla.

## 4.1.1 — Revolución de la Información

### 4.1.1.1 — Revolución Digital

Las teorías matemáticas sobre **información** dieron lugar, hace unos 70 años, al desarrollo de los **computadores**. Permitieron proponer una forma de **representar** la información de manera **discreta** en formato **digital**, además de proveer una **arquitectura** apropiada para el **procesamiento** de esa información en dichos equipos. La digitalización así surgida ha continuado de manera incesante, apoyada en la **tecnología** de los **chips de circuitos integrados** cuya capacidad de proceso ha crecido exponencialmente desde hace 55 años (Ley de Moore). Su uso **cotidiano** por miles de millones de personas, mediante diversos dispositivos –celulares, tabletas, computadores– ha hecho de la **digitalización** un rasgo fundamental de la **civilización actual**.

Ello se puede interpretar como si los **seres humanos** estuviesen construyendo un **universo digital**, paralelo al físico con el que interactuamos diariamente. En ese universo digital se pueden representar los objetos del universo físico, y **utilizar** esa información para beneficio de las personas, se pueden **simular** procesos de diversa índole para hacerlos más eficientes o más adecuados a las necesidades humanas, y se puede facilitar la **comunicación**, la **educación** y la **entretención** de las personas. La **pandemia** de covid-19 surgida en 2020 permitió relevar estos aspectos de la **revolución digital** con gran nitidez. Todo ello acentuará su consolidación futura.

Sin embargo, como todas las nuevas capacidades provistas por los **avances** de la **tecnología**, la revolución digital puede ser utilizada tanto en **beneficio** como en **perjuicio** de las personas y el funcionamiento de las sociedades. La comunidad de naciones se encuentra en medio de una importante **discusión** respecto de sus **potencialidades** y sus **riesgos**, entre los que se encuentran la **propiedad** y el uso de los datos en el marco de la **privacidad** de las personas, la manipulación de la **autonomía individual** por medio de **algoritmos** que anticipen sus deseos y preferencias, o la amenaza laboral que presenta la **automatización**. Cualquier Estrategia futura debe hacerse cargo del estado actual y de los eventuales resultados de ese debate.

#### 4.1.1.2 — Revolución biológica

Por su parte, la **biología moderna** se ha encargado de mostrar, de manera cada vez más clara, que el fenómeno de la vida no es sino la expresión física de **materia inerte complejamente organizada**. Esa organización está basada en componentes moleculares que se repiten en los diversos organismos: ARN, ADN, proteínas, ribosomas, entre muchos otros. Todos ellos surgieron **evolutivamente**, una vez que hubo suficientes elementos de la tabla periódica para que, de los trillones de **reacciones moleculares** posibles entre ellos, hubiera al menos una que diera lugar a ciclos **autoreplicativos**, es decir, a ciclos de reacciones que, partiendo de una molécula, terminaran, luego de varias reacciones, en la misma molécula inicial, **repitiéndose** así hacia adelante. Es lo que ocurre con el **ARN** y el **ADN**. A partir de ellos, y de la **información** que contienen sus nucleótidos, el mecanismo de **selección natural**, mezcla de **azar y necesidad**, permitió la **aparición** y provocó la desaparición de todas las especies que han poblado el planeta.

El que la vida se pueda describir como materia inerte organizada resultado de procesos evolutivos, ha modificado el **paisaje intelectual** contemporáneo. Ha permitido comprender los fenómenos de **interacción** de los organismos vivos con el mundo inanimado, y de todos ellos entre sí, con una **perspectiva diferente**, más iluminadora y fructífera que las anteriores, especialmente al momento de ponerla al servicio de mejorar las **condiciones de vida** de la población.

En particular, ha dado lugar a la aparición de la **biología sintética**, que permite construir componentes vitales **artificiales**, distintos de los surgidos naturalmente, y utilizarlos en distintas instancias para beneficio de las personas. Ha posibilitado el desarrollo de la **biotecnología**, que permite **manipular** la **base genética** de los organismos, y luego combinar ambas con otras tecnologías físicas, como la **nanotecnología**, y abrir así un fértil campo de exploración para que el **ingenio humano** genere valor mediante la **innovación** y el **emprendimiento**.

La **advertencia** indicada para la revolución digital es aún más **válida** para el caso de la revolución biológica. Los beneficios que puedan obtenerse de la revolución biológica, pueden ser contrarrestados de manera **dramática** si no se evitan las aplicaciones que **amenacen** la convivencia o que, eventualmente, pongan en peligro la **supervivencia** de la especie. Por ejemplo, la capacidad para modificar genéticamente la descendencia modificando las **células germinales** de los progenitores por medio de la técnica del **Crispr-Cas9**, o de generar proteínas artificiales con nucleótidos distintos de los conocidos,

son opciones que requieren un exhaustivo examen previo a su utilización. Por lo tanto, ella requiere ser **regulada**, siguiendo criterios **éticos** consensuados por la sociedad, con aporte de **grupos** expertos interactuando con el **sistema político** de los países.

#### 4.1.1.3 — Convergencia

Tanto la revolución digital como la revolución biológica se basan en el concepto de **información: bits** de información discreta, en el caso de la primera, e información contenida en el **ADN** de los organismos vivos en el caso de la segunda. Por esa razón, ambas tienden a **converger** desde la perspectiva de su comprensión. No resulta extraño pues, que en la actualidad se utilice el concepto de virus en ambos casos: los **virus biológicos** son paquetes de **información genética** que utilizan el ARN o ADN de los organismos en los que se introducen para reproducirse, y los **virus digitales** son **paquetes informáticos**, que realizan procesos similares en los computadores que utilizan las personas.

El que el mundo digital y el biológico puedan ser descritos desde un mismo marco conceptual –el de la información– permite la **convergencia** de ambas revoluciones, expandiendo sus **combinaciones** mutuas, multiplicando sus **posibilidades** de uso, abriendo con ello un enorme y fértil campo de **experimentación, innovación y creación de valor** que antes no estaba disponible. Esta convergencia se extiende también a los ámbitos de la **física**, la **química** y la **ingeniería**.

Asimismo, ella genera nuevas **capacidades tecnológicas**, provoca importantes **impactos transversales** y otorga **poderosas proyecciones** en diversos ámbitos de la actividad humana.

Entre las capacidades tecnológicas e impactos, que en algunos casos han dado origen a importantes industrias, se pueden mencionar:

- Ingeniería de células, tejidos, y órganos.
- Interfaz entre biología y máquinas para restaurar o mejorar funciones cerebrales.
- Computación y almacenamiento de datos utilizando ADN.
- Inteligencia artificial en sus más diversas facetas.
- Internet de las cosas.

- Producción física automatizada.
- Control a lo largo de toda la cadena de producción.
- Producción de proteínas para alimento humano, sin utilizar animales.
- Terapia génica.

La **convergencia** es un fenómeno de creciente ocurrencia a partir de tecnologías surgidas de la revolución de la **información**, y jugará un **rol crucial** en el desarrollo de los países. Ello comienza a ocurrir en el sector de la salud, que utiliza la digitalización, la genética, la biología sintética y la nanotecnología para modificar radicalmente la medicina del futuro, pero también en la ciencia de los materiales, que converge con la física aplicada, la nanotecnología y la ciencia computacional. **Chile** debe poner especial atención en ello.

#### 4.1.2 — Sustentabilidad planetaria

Así como la **acción humana** ha posibilitado las revoluciones **digital y biológica** recién mencionadas, la acción humana también ha provocado otros efectos, el más notorio de los cuales es el **cambio climático** y la modificación de los **equilibrios de la biósfera** en los que se sustenta la vida humana.

El cambio climático es el resultado del aumento de los **gases efecto invernadero** que genera la economía moderna, los que se acumulan en la atmósfera, produciendo un **aumento** de la **temperatura** media en la Tierra. Eso desencadena una serie de efectos, la mayoría de ellos negativos, como el aumento del **nivel del mar**, afectando poblaciones costeras, o el incremento de eventos **climáticos extremos**, entre otros. Enfrentarlos requiere de **CTCI**, tanto para aceptar ese desafío societario, como para **reducir** emisiones, **mitigar** efectos y **adaptarse** a las nuevas condiciones que ello impone.

El cambio climático actúa como telón de fondo de las revoluciones tecnológicas que se están desplegando. Combatirlo requiere **descarbonizar** la economía, lo que no solo es de alto costo, sino que además implica inmensos **desafíos tecnológicos** en una multiplicidad de **disciplinas**: desarrollar fuentes **alternativas de energía** para el transporte aéreo, marítimo y parte del terrestre, modificar **procesos industriales** que utilizan combustibles fósiles (acero y cemento entre los más importantes), encontrar formas altamente eficientes de **almacenar energía**, entre muchas otras. Para que las

soluciones encontradas sean exitosas, su aplicación debe poder **replicarse a gran escala**, y eso precisa de una actuación **coordinada** de la **comunidad de naciones**, lo que no es sencillo de lograr.

Por eso, ese desafío requiere estar en el centro de la **Estrategia de CTCI** de los países, y **Chile** no constituye una excepción al respecto. Tal como se indicó en los elementos para construir la **Visión**, el **combate al cambio climático** debe también estar acompañado por esfuerzos destinados a **conservar la biodiversidad**, como un objetivo necesario y explícitamente incorporado en la Estrategia. Para lograrlo, la sociedad necesita considerar a la **biósfera** como el espacio en el que se desenvuelve (hasta ahora) la **vida humana**. Es en ella donde ocurren todos los **fenómenos** biogeoquímicos que permiten el desarrollo de la especie, entre los que se cuentan la utilización y fijación de **nitrógeno**, la producción y consumo de **oxígeno**, las redes tróficas de vegetales y animales en mutua dependencia, entre tantas otras. Es por esa razón que conservar las condiciones que preservan los **equilibrios biosféricos** es lo que permitirá **seguir utilizando** los servicios **eco-sistémicos** que ella provee, y que van en directo beneficio de los humanos que la habitan.

Aun cuando en el siglo XXI una proporción creciente de la economía contemporánea esté constituida por **servicios** –financieros, digitales, de entretenimiento, entre otros– todos ellos dependen de **recursos naturales** para su funcionamiento. Lo mismo ocurre con las necesidades de **alimentación, vivienda e infraestructura** que las personas utilizan a diario. La **extracción, provisión y uso** de recursos naturales sigue siendo indispensable para **sustentar la vida** de las personas. Tener acceso a esos recursos sin alterar **peligrosamente** los **equilibrios ecosistémicos** es un gran desafío de nuestra era. Nuevamente, será la **CTIE**, la que permitirá encontrar maneras para desarrollar las actividades **mineras, forestales, agrícolas** y de otra índole, creando trayectorias alternativas que garanticen la conservación de los recursos naturales y de la **biodiversidad**.

La importancia de hacerse cargo de esta tendencia en la **Estrategia** que este Consejo proponga a la **Presidencia de la República**, es además consecuente con los compromisos internacionales adquiridos por el país en materia de sustentabilidad.

## 4.2 Desafíos

A lo largo de este documento se ha reconocido la dificultad de anticipar las **tendencias del futuro**, pero, al mismo tiempo, se ha indicado que es **inevitable** intentarlo, por la necesidad de asegurar la correcta utilización de los **recursos** que el Estado destine a la **CTCI**; a su vez, se ha hecho hincapié en la importancia de promover un **ecosistema** que combine ciencia, tecnología, innovación y emprendimiento, y una reflexión sobre las implicancias de todo ello desde la investigación en **A&H**, en el que se dé una **fluida transferencia** de conocimiento entre sus nodos, para que así aumente la probabilidad de creación de valor.

Una de las maneras que tienen las sociedades para abordar la incertidumbre es ejercitar la anticipación mediante el **ensayo y error**, es decir, apostar a que una gran cantidad de actores realicen sus propias anticipaciones y evaluar luego los resultados. Es lo que el **sector privado** hace permanentemente en el ámbito productivo. En el ámbito de la **CTIE**, el ensayo y error lo realiza el **ecosistema**.

Por otra parte, se ha reconocido la dificultad que el país ha experimentado para instalar esta temática en el **debate nacional**. Eso ha desincentivado a sus gobiernos a promoverla con la fuerza, convicción y mirada de largo plazo necesarias para tener éxito.

A su vez, resulta necesario constatar que con frecuencia el **rol** que la **CTIE** juega en el desarrollo de los países se ve dificultado por visiones que **distorsionan** su valoración y que tienden a ubicarse en dos extremos:

En uno está el **híper-pragmatismo**, consistente en afirmar que no hay tiempo para esperar al desarrollo de mediano y largo plazo de la **CTIE**, porque la necesidad de hacer frente a las constantes **demandas sociales** cuya urgencia no puede esperar, tiene primera prioridad. Como consecuencia de ello, la **inversión en CTIE** se **relega** a lugares secundarios. Esa visión, sin embargo, no advierte que el simple “**asistencialismo**” no resolverá las necesidades sociales en el **mediano y largo plazo**. Ellas solo se resolverán mediante cambios estructurales que generen la **riqueza** necesaria para enfrentarlos, lo que requiere de **CTIE** para implementarse.

En el otro extremo está la visión **híper–romántica** de la CTIE, en particular de la ciencia, según la cual sus avances son **inalcanzables** para personas con talentos normales, y eso estaría aún más acentuado en países con **recursos limitados**, cuyas sociedades se encuentran en **tránsito al desarrollo**. Es una postura que tiende a considerar al quehacer científico tecnológico como una **utopía** idealizada. Eso aleja a la ciudadanía de dicha actividad, y en consecuencia, dificulta su desarrollo.

Ambos extremos –descritos de manera algo caricaturizada– deben ser evitados. Aunque la CTIE es una actividad como tantas otras de la sociedad, su desarrollo requiere de **políticas públicas de largo plazo**, de modo que sus participantes puedan abocarse a ella con ese horizonte en vista. Así, el **esfuerzo societal** implícito en esas políticas, y la **institucionalidad** con que se implementen, inicialmente promovidas desde el **Estado**, podrán integrarse progresivamente a la agenda del **sector privado**. Éste, aprovechando la **profundidad** que haya alcanzado la ciencia y la tecnología, y motivado por el **incremento** de productividad que puede lograr con ella, tendrá crecientes incentivos para incorporarla más íntimamente a su **quehacer**.

La **interacción** entre el sistema de **investigación** del país y las **empresas productivas** se ve especialmente impulsado en el siglo XXI porque la tecnología acelera el constante ciclo de **destrucción creativa**, como propuso **Schumpeter** hace casi 80 años. De hecho, la tecnología juega un rol fundamental en los sistemas económicos y sociales actuales. Ya nos referimos al fenómeno de **convergencia** que está ocurriendo entre las ciencias de la vida, las ciencias físicas, la química y la ingeniería. Pero ello es solo la pequeña punta de un gran **iceberg**. El acelerado proceso de **destrucción** y de continua **creación** de valor en que vivimos –la reciente **pandemia** de covid–19 lo ilustra con singular elocuencia– será intermediado fundamentalmente por el **desarrollo tecnológico**.

#### 4.2.1 — Disyuntivas

El país se encuentra, pues, ante una **doble disyuntiva**: por una parte, enfrenta el dilema de destinar un sustantivo esfuerzo a la **promoción de la CTCI** para avanzar hacia el desarrollo, y que la riqueza que ello genere en el mediano plazo satisfaga las **demandas ciudadanas**, o atender a esas **urgencias políticas** de inmediato, quitándole con ello piso a la promoción de la CTCI con la perseverancia de **largo plazo** que ella requiere; por otra, si efectivamente decide destinar recursos a la **promoción**

de la CTCI, debe escoger entre dos maneras de **anticipar**: una supone hacer un ejercicio centralizado de anticipación, apostando recursos a lo que ese ejercicio arroje y corriendo el **riesgo de equivocarse**; la otra implica utilizar al **ecosistema**, esforzándose para que un número suficiente de sus **apuestas resulten exitosas**, instalando los **incentivos correctos** y una **institucionalidad apropiada**.

Ambas **disyuntivas** –urgencia versus mediano plazo, y selectividad versus ensayo y error– han estado en el **debate público** desde hace un par de décadas, y no han sido resueltas satisfactoriamente.

Respecto de la primera, la disyuntiva entre atender las demandas **políticamente urgentes** o promover **políticas de largo plazo** que darán soluciones duraderas y no transitorias a esas urgencias, este **Consejo** propone seguir el segundo camino. De hecho, su institucionalidad fue diseñada para que sus miembros no se escogieran en sincronía con el **ciclo político**, procurando que su mirada no estuviese marcada por la coyuntura. En efecto, los Consejeros se **renuevan por mitades** cada dos años, pero cada uno sirve por un período de cuatro años. Eso procura evitar que la inconsistencia **dinámica** entre la coyuntura y el largo plazo entorpezca su labor.

En relación a la segunda, es decir, la disyuntiva de la **incertidumbre**, este Consejo considera apropiado actuar **tanto** en el frente de la **anticipación**, haciendo uso de las modernas herramientas que esa disciplina ha puesto a disposición de los países en el ámbito **prospectivo** y **emergente**, como a través del **ecosistema**, procurando la **mejoría continua** de su funcionamiento, de modo que las apuestas que en él se hagan aumenten su **probabilidad de éxito**.

#### 4.2.2 — Desafíos de futuro

Para que resulte políticamente posible **postergar** parte de las urgencias del presente por un proyecto de **inversión de largo plazo en CTCI**, incorporando plenamente al país en la **sociedad del conocimiento** de modo que los **beneficios futuros sostenibles** que provengan de ese esfuerzo superen con creces los **alivios transitorios presentes**, es indispensable **convencer a la ciudadanía** de la importancia y el rol que juega la CTCI para elevar de manera permanente la generación de riqueza del país. Ese empeño es un componente esencial del **éxito** de cualquier **estrategia de CTCI**.

En el resto de esta sección se propondrán caminos que van en esa dirección. Para esos efectos, haremos la distinción entre **desafíos societarios** y los **desafíos país**.

#### 4.2.2.1 — Desafíos societarios

Son aquellos que la mayoría de las sociedades enfrentan, producto de la **tecnología moderna** y la dinámica de problemas nuevos a que ella conduce. A continuación algunos ejemplos:

El **cambio climático** y la conservación de la **biodiversidad**, ya mencionados en otras secciones. Eso conlleva el **desafío energético** de sustituir los combustibles fósiles en todos aquellos procesos en los que todavía está presente, y cuidar el entorno para asegurar que los **servicios ecosistémicos** que la biósfera provee a la especie se mantengan en el tiempo.

El **cambio demográfico**, provocado por el aumento de la **esperanza de vida**, también resultado de la sociedad del conocimiento. Eso implica que **proporciones crecientes** de tercera y cuarta edad deben ser sostenidas por **proporciones decrecientes** de población activa, que el costo de los sistemas de pensiones y de salud de esos adultos mayores **suba exponencialmente**, y que se haga necesario atender a las **nuevas enfermedades** que una vejez extendida provoca.

La necesidad de una **alimentación saludable**, que disminuya el costo e impacto que sobre los **sistemas de salud** tiene una población incorrectamente alimentada. Ello supone la ingesta de ingredientes alimenticios más **sofisticados** y costosos de producir para grandes masas. También, la paulatina sustitución de las actuales granjas-fábricas productoras de **proteínas animales** –estas no resultan éticamente aceptables para las nuevas generaciones, son fuente de enfermedades zoonóticas y muchas veces presentan un balance ambiental negativo por la biomasa requerida para su producción– por **proteínas sintéticas**, por ejemplo. Estos y una multitud de desafíos asociados requerirán de **CTCI** para ser enfrentados.

La **automatización inducida** por la **digitalización**, la **inteligencia artificial** y el uso intensivo de los datos, que sustituirá crecientemente el trabajo humano tradicional por máquinas. Eso traerá desempleo en rubros tradicionales, y nuevos empleos en otros, favoreciendo a los segmentos mejor educados y perjudicando al resto, generando **tensiones y conflictos**.

La **fragmentación social** generada por las redes sociales, que tienden a fraccionar a la sociedad en comunidades que comparten **quejas, creencias o posturas morales**, lo que dificulta la **governabilidad** de los países y la **convivencia social**. Resolverla implica comprender de mejor forma la **dinámica** de las interacciones humanas, sus motivaciones y su sistema de creencias, a partir de un mejor conocimiento de las ciencias del **comportamiento humano**.

La **automatización**, la **fragmentación social** y el impacto que la **inteligencia artificial** pueda tener sobre la **autonomía de las personas**, son desafíos que requerirán articular nuevas maneras de conectar a las ciencias del **comportamiento humano** con las **artes y las humanidades**.

Estos **desafíos societarios** van permeando el tejido social y comienzan a formar parte del escenario al que se enfrentarán los países en las décadas que vienen. La **Estrategia de CTCI** debe considerarlos explícitamente. Eso colaborará a lograr la **necesaria conexión** que debe existir entre la **ciudadanía** y el esfuerzo que la sociedad destine a **promover la CTCI** para insertarse más plenamente en la **sociedad del conocimiento**.

Los **desafíos societarios** que enfrenta la humanidad, provocados en gran medida por las **tecnologías contemporáneas**, no son posibles de resolver volviendo a estadios anteriores de desarrollo. Las necesidades y anhelos de las personas están ancladas a las condiciones de posibilidad que el **nivel tecnológico** actual les ofrece. Estos desafíos se extenderán en el futuro al **ámbito social**, al constatar que la **tecnología complejiza** la convivencia y agrega nuevos problemas, incluidos los **éticos**, a su dinámica. Enfrentar esos desafíos requerirá perseverar en el esfuerzo tecnológico, lo que junto con ofrecer nuevas maneras de satisfacer las **necesidades y motivaciones** humanas traerá nuevos desafíos. La ciudadanía debe comprender que ese **ciclo resulta inevitable**, y que pretender congelarlo en un instante del tiempo, o, peor aún, **retroceder**, solo puede acarrear mayores **problemas y sufrimiento**.

#### 4.2.2.2 — Desafíos país

Estos son desafíos propios del país, dadas sus **peculiaridades** o necesidades, pero cuyas soluciones, por su naturaleza, pueden ser eventualmente exportadas al resto del mundo. Eso les confiere **mayor escala**, y, en consecuencia, **mayor ambición**, lo que permite abordarlos aprovechando la **colaboración internacional**, característica cada vez más utilizada por las comunidades CTCI en el mundo, y, de esa manera, adelantar su solución.

Por otra parte, al abordar desafíos país entendidos como **problemas específicos** de la sociedad, resulta más fácil concordar en la necesidad de destinarles recursos y esfuerzos, sin que eso implique **escoger *ex-ante*** un sector **industrial específico** o una **tecnología particular** que privilegiar. En efecto, dichos desafíos son esencialmente **multidisciplinarios**, y enfrentarlos requiere articular adecuadamente los distintos nodos del ecosistema. De esa manera se evita reavivar el debate sobre **selectividad** que ha tendido a paralizar más que a dinamizar los avances en estas materias.

Para abordar esos desafíos con recursos presupuestarios, dentro del marco institucional del país y de su ecosistema, es necesario precisar sus alcances y definir mediante hitos **medibles** sus objetivos. Eso permitirá monitorear sus avances, corregir sus errores o cancelar aquellos programas que luego de un tiempo prudencial no han alcanzado esos hitos. La literatura denomina a desafíos así descritos como “**misiones**”.

En el **Libro Blanco** “Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación para Chile”, que el Consejo presentó en 2019, se mencionan a modo de ejemplo algunos de esos desafíos, varios de los cuales pueden traducirse en misiones. A continuación se enumeran de manera sucinta:

1 — **Astronomía y sus “spillovers”**. El que Chile concentre en los telescopios instalados y por instalarse **dos tercios** de la capacidad recolectora de datos **astronómicos** del planeta, por la calidad de sus cielos y la seriedad de la institucionalidad que en torno a ella ha construido, es una **ventaja** que el país debe saber aprovechar. Entre los desafíos que pueden ser abordados está el incorporarse a la cadenas de suministro de los **instrumentos de precisión** que ella requiere, y el desarrollo de la **computación de alto rendimiento** dada la enorme cantidad de **datos** que la astronomía genera.

2 — **Energía Solar**. La energía solar será, probablemente, la más importante fuente de **generación de energía del planeta** durante el siglo XXI. El **desierto de Atacama** es uno de los mejores lugares del mundo para generarla. Por esa razón, es también un excelente **atractor** de investigación y desarrollo tecnológico futuro en esa área.

3 — **Hidrógeno Verde**. Al desafío anterior, se adosa la producción de **hidrógeno verde**, generado a partir de energía solar o de energía eólica, como otra fuente de energía sustitutiva de los combustibles fósiles, para el movimiento de cargas pesadas en carreteras y rutas marítimas. Asimismo, ambas fuentes de energía pueden ser

aprovechadas para enfriar los “data centers” –nodos indispensables en el mundo digital– pues el almacenamiento de datos en espacios cada vez más reducidos genera altas temperaturas. La generación de energía solar e hidrógeno verde da lugar, a su vez, al desafío de desarrollar tecnologías para **almacenar** energía de forma costo-eficiente cuando no se utilice de manera instantánea.

**4 — Energía del Mar.** Chile posee en la primera angostura del estrecho de Magallanes entre **14.000 y 18.000 MW** de potencia posibles de ser utilizados, dados por las corrientes que del Atlántico al Pacífico se producen dos veces al día con velocidades de hasta 7 nudos. Perfeccionar la tecnología para hacerlo permite tener soluciones exportables para otras latitudes.

**5 — Santiago500 sin smog.** El desafío de transformar a Santiago en una ciudad sin smog al 2041 – aniversario 500 de su fundación – constituye un esfuerzo multidisciplinario, que requiere de **tecnologías duras y blandas**, susceptible de conseguirse colaborando con otras ciudades que enfrentan un problema similar, como Beijing y Ciudad de México.

**6 — Estrategia Nacional de Inteligencia Artificial.** La importancia que está adquiriendo la inteligencia artificial en el mundo, hace indispensable adoptar una estrategia nacional al respecto, que el Ministerio de CTCI ya está abordando.

**7 — Monitoreo Marítimo-Terrestre y Cambio Climático.** La importancia que ha adquirido el tema del cambio climático, la necesidad de entender mejor la formación de la temperatura del mar y la generación de sus corrientes, son todos problemas que pueden ser abordados de manera preferencial en el extremo austral de nuestro país. Allí se concentran **ecosistemas marítimo-terrestres** en los que la proporción agua respecto de tierra es la inversa de aquellos del hemisferio norte. El desafío interdisciplinario que ello implica es un gigantesco atractor de investigación científica de clase mundial y de tecnología de punta al país.

**8 — Software cuántico.** El incipiente pero prometedor desarrollo de la **computación cuántica**, necesaria para resolver cierta clase de problemas que tomarían demasiado tiempo en computadores clásicos, requiere del desarrollo de **software**. Este es un terreno en el que ningún país ha tenido avances importantes, y Chile podría abordar ese desafío en colaboración con otros.

**9 — Desastres de origen natural.** Chile ha sido sometido a lo largo de su historia a desastres naturales importantes, como terremotos y tsunamis, y ha adquirido gran experiencia en su mitigación. Esa ventaja puede ser aprovechada profundizando las tecnologías necesarias para mitigarlos, así como otro tipo de desastres, y exportar esas soluciones al mundo. Esto está siendo abordado por el instituto tecnológico Itrend, propuesto por el CNID en el año 2016.

**10 — El Agua.** El agua es un elemento indispensable para la vida humana. Su distribución geográfica no es pareja, y el **cambio climático** está modificando esa distribución. Abordar ese problema es **ineludible**. El problema es científico y tecnológico, además de económico. La geografía chilena, que va desde el desierto de Atacama al Cabo de Hornos, acentúa ese desafío, e incentiva la búsqueda de soluciones, que servirán también a otros países.

A estos desafíos se pueden sumar varios otros. Las autoridades deben sistematizarlos, transformarlos en “misiones”, y establecer maneras de discriminar entre ellos para priorizarlos.

## 4.3 Un relato de futuro

A lo largo de este documento, se ha insistido en la necesidad de contar con el **apoyo ciudadano** para que una **Estrategia de CTCI** resulte exitosa. Ella requiere desplegarse en el largo plazo –por ejemplo, 25 años o una generación completa– para que sus frutos maduren, sus beneficios se palpén, y el sacrificio que ello implicó se vea plenamente recompensado. Motivar a las personas con un proyecto común de ese alcance necesita un **relato inspirador**, que se vaya encarnando en el **imaginario colectivo** de la nación y acompañe ese recorrido, de cara al futuro.

El futuro está abierto y lleno de incógnitas. Muchas de ellas son amenazantes. Ante eso, refugiarse en el pasado no es una opción, es solo una **ilusión**. Los problemas que la humanidad enfrenta se resolverán de **cara al futuro** y no **retrocediendo al pasado**. El pasado no ofrece soluciones una vez que se ha adquirido el conocimiento presente. Los problemas se resuelven con nuevo conocimiento que supere al anterior. De hecho, la historia de la especie puede describirse como una de **acumulación de conocimiento para crear valor**. Es cierto, muchas veces ese camino ha conducido a derroteros equivocados. Pero cada vez que eso ha ocurrido, la salida del pantano ha requerido de

más **conocimiento** y de nueva **creación de valor**. No hay otra senda que seguir. Hay que continuar avanzando hacia estadios más **complejos de organización** social y tecnológica.

En el siglo XXI ello se ha hecho particularmente palpable. El conocimiento es tan ubicuo y está tan presente en todo lo que nos rodea, que denotamos a nuestra era como la de la **sociedad del conocimiento**. Para algunos ella solo trae amenazas y problemas. Este Consejo adopta una postura distinta, pues considera que ella aporta generosas y **novedosas** posibilidades para que las personas desarrollen sus **proyectos de vida** utilizando las opciones que el mundo moderno ofrece. La creación de valor permite la acumulación de capital, y, como resultado de ello, la recaudación de impuestos para que el Estado entregue **protección social** a los que lo requieran, dote de **bienes públicos** a la población, y mejore el diseño y la aplicación de **normas de convivencia** que eleven la **calidad de vida** de la población.

Ese futuro es posible y Chile posee las herramientas para alcanzarlo. Sus habitantes requieren convencerse de ello, y construir una **autoimagen** congruente con esa convicción. Para ello, su territorio extremo, sus características **únicas e irrepetibles** para atraer ciencia y tecnología de punta de clase mundial, tienen la fuerza para transmitirlo.

De esa manera, se puede generar una autoimagen del país como una **plataforma científico-tecnológica** para el resto del mundo, que acelere su inserción en la **sociedad del conocimiento**, que lo haga **protagonista** de las conversaciones que marcarán el siglo XXI, y que sea esa la **imagen** que el mundo se forme de Chile.

Como un país largo y angosto, Chile queda definido por sus bordes: el extremo norte por el **desierto de Atacama**, el sur por la **zona subantártica**, el oriente por la cordillera de los **Andes** y el poniente por el **océano Pacífico**. El extremo norte posee los mejores cielos para la **observación astronómica**, además del **desierto de Atacama**, cuyas condiciones extremas atraen el estudio de los organismos vivos que lo habitan y la generación de energía. El extremo sur, además de tener los **ecosistemas marítimo-terrestres** más australes, y las condiciones ideales para estudiar la formación de la temperatura de los océanos y sus corrientes, es la **puerta de entrada a la Antártica**, un continente en el que la humanidad está llevando a cabo un experimento inédito: destinarlo solo a la investigación científica sin que su territorio tenga dueño. De hecho, **Punta Arenas** está llamada a transformarse, de manera natural, en la **capital científica** de ese experimento. Asimismo, para enfrentar el problema del cambio climático se hace cada vez más indispensable entender el papel que los **océanos** juegan en él, y Chile y su

**plataforma marítima** constituye un **gigantesco laboratorio natural** para hacerlo, pues posee un extenso perímetro costero que se proyecta hacia el océano a lo largo de él.

Ayuda y complementa lo anterior, el hecho que tanto el extremo norte como el extremo sur sean lugares cuya **belleza natural, atractivo geográfico**, y, en el caso del extremo sur, la importancia que tiene en la historia de la navegación, la ciencia y la antropología, les confieren un tremendo **atractivo turístico y de significado** para los habitantes del planeta. Esa aptitud turística facilita difundir la imagen de un país plataforma científico-tecnológica para el mundo.

Un relato abstracto de ese tipo, requiere de elementos tangibles que cristalicen la imagen descrita. Diversas ciudades del mundo han logrado capturar el espíritu que desean transmitir a través de **edificios icónicos**, como el Sydney Opera House o el Museo Guggenheim de Bilbao. Chile puede proyectar y construir edificios icónicos que cumplan el rol de cristalizar en su arquitectura la imagen y el relato del país que aspira a ser. El **Centro Subantártico Cabo de Hornos**, cuya espectacular arquitectura desplegada a orillas del canal de Beagle en Puerto Williams está próxima a ser inaugurada, concentrará investigación científica, ecológica y de biodiversidad, de clase mundial, liderada por científicos chilenos en colaboración con investigadores de distintos lugares del mundo. El **Centro Antártico Internacional**, cuya arquitectura ya fue escogida en un concurso internacional, y que se instalará junto al Estrecho de Magallanes en Punta Arenas, será el símbolo de esa ciudad como puerta de entrada a la Antártica. Hay otros edificios icónicos proyectados para el norte del país, cuyo diseño arquitectónico ya ha sido propuesto: el **Centro de Interpretación Astronómica Chajnantor**, en el Parque Astronómico Atacama de la ANID, representativo de la importancia de esa disciplina en el país, y el **Museo de Antropología de Iquique**.

Un **relato** como este, junto a las posibilidades concretas que ofrece el territorio para atraer ciencia y tecnología de punta de clase mundial, y el despliegue de una **Estrategia de CTCI** que aspire a insertar plenamente al país en la sociedad del conocimiento, son los elementos constituyentes de un proyecto de país futuro que puede satisfacer sus permanentes ansias de desarrollo.

# Referencias bibliográficas



---

Cevallos, R., & Merino, C. (2020). National policy councils for science, technology, and innovation: A scheme for structural definition and implementation. *Science and Public Policy*, volume 47(5), Pages 705–718. <https://doi.org/10.1093/scipol/scaa052>

---

Chesbrough, H. (2003). *Open innovation: The new imperative for creating and profiting from technology*. Boston, Mass: Harvard Business School Press. Retrieved from <https://www.nmit.edu.my/wp-content/uploads/2017/10/Open-Innovation-the-New-Imperative-for-Creating-and-Profiting-from-Technology.pdf>

---

Dasgupta, P. & McKenzie, E. (2020). *The Dasgupta Review - Independent Review on the Economics of Biodiversity Interim Report*. Retrieved from <https://www.gov.uk/government/publications/final-report-the-economics-of-biodiversity-the-dasgupta-review>

---

Edquist, C. (2019). Towards a holistic innovation policy: Can the Swedish National Innovation Council (NIC) be a role model? *Research Policy*, volume 48, 869-879. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2018.10.008>.

---

Freeman, C. (1991). Networks of innovators: a synthesis of research issues. *Research policy*, volume 20(5), 499-514. [https://doi.org/10.1016/0048-7333\(91\)90072-X](https://doi.org/10.1016/0048-7333(91)90072-X).

---

Gibbons, M., Limoges, C., Nowotny, H., Schwartzman, S., Scott, P., Trow, M. (1994). The new production of knowledge: The dynamics of science and research in contemporary societies. *Contemporary Sociology* 24(6). <https://doi.org/10.2307/2076669>

---

Haan, U.D. (2008). *A hotbed for entrepreneurship and innovation: looking for success factors in Israel's High-Tech Clusters*. Retrieved from <https://library.wur.nl/ojs/index.php/frontis/article/view/1561/1097>

---

Lundvall, B.-Å. (1985). *Product Innovation and User-Producer Interaction*. Retrieved from <https://vbn.aau.dk/ws/portalfiles/portal/7556474/user-producer.pdf>

---

Mazzucato M. (2018). Mission-oriented innovation policy: challenges and opportunities. *Industrial and Corporate Change*, volume 27(5), 803–815. <https://doi.org/10.1093/icc/dty034>

---

Miller, R. (Ed.). (2018). *Transforming the Future: Anticipation in the 21st Century* (1st ed.). Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781351048002>

---

OECD (2018). *OECD Science, Technology and Innovation Outlook 2018: Adapting to Technological and Societal Disruption*. Retrieved from [https://www.oecd-ilibrary.org/science-and-technology/oecd-science-technology-and-innovation-outlook-2018\\_sti\\_in\\_outlook-2018-en](https://www.oecd-ilibrary.org/science-and-technology/oecd-science-technology-and-innovation-outlook-2018_sti_in_outlook-2018-en) [https://doi.org/10.1787/sti\\_in\\_outlook-2018-en](https://doi.org/10.1787/sti_in_outlook-2018-en)

---

Powell W. & Grodal, S. (2005). Network of Innovators. En: J. Fagerberg, D. Mowery and R. R. Nelson. *The Oxford Handbook of Innovation*, Oxford University Press, Oxford, 56-85.

---

Schot, J., & Steinmueller, W. E. (2018). Three frames for innovation policy: R&D, systems of innovation and transformative change. *Research Policy*, volume 47(9), 1554–1567. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2018.08.011>