



Documento de Trabajo N°1

Una propuesta de crecimiento del ecosistema de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación en Chile

Consejo Asesor Ministerial
2022

TABLA DE CONTENIDOS

1. CONSEJO ASESOR MINISTERIAL 2020-2022	2
2. CARTA MINISTRO DE CIENCIA	4
3. RESUMEN EJECUTIVO	6
4. INTRODUCCIÓN: ¿POR QUÉ CRECER?	8
5. DIAGNÓSTICO	13
5.1. Composición del ecosistema	13
5.2. Comparación internacional del Ecosistema Chileno	19
5.3. Niveles de inversión	21
5.4. Producción del ecosistema	25
6. ¿PARA QUÉ: CUÁLES SON NUESTROS PROPÓSITOS GENERALES?	30
7. ¿CÓMO LO HAN HECHO OTROS PAÍSES?	33
8. UNA PROPUESTA DE CRECIMIENTO PARA CHILE	37
8.1. La complejidad del ecosistema requiere de una combinación de políticas e instrumentos	37
8.2. Ámbitos de Acción de un Proyecto de Crecimiento	40
9. UN MODELO DE CRECIMIENTO RELACIONADO CON LA PROPUESTA	68
10. REFLEXIÓN FINAL	70
REFERENCIAS	71
ANEXOS	75

1. CONSEJO ASESOR MINISTERIAL 2020-2022

Mariane Krause

Psicóloga de la Pontificia Universidad Católica y Doctora en Psicología de la Universidad Libre de Berlín, Alemania. Profesora Titular de la Escuela de Psicología de la Pontificia Universidad Católica. Fue directora del Instituto Milenio para la Investigación en Depresión y Personalidad (MIDAP) y presidenta del último Consejo de Conicyt.

Adrián Palacios

Académico, Doctor en Neurociencia de la Université Pierre et Marie Curie (Paris VI), Profesor Titular de la Facultad de Ciencias, de la Universidad de Valparaíso, investigador del Centro Interdisciplinario de Neurociencia de Valparaíso y del Instituto de Sistemas Complejos de Valparaíso. Ex Vicerrector de investigación de la Universidad de Valparaíso y Ex-presidente de la Comisión Asesora de Ciencia y Tecnología del Consejo de Rectores (CRUCH).

Chantal Signorio

Cientista política de la Universidad Católica del Sagrado Corazón de Milán dedicada a la vinculación y divulgación de la ciencia. Fundadora y directora del Festival Puerto de Ideas, que se realiza en Valparaíso desde 2011, y en Antofagasta desde 2014.

Sylvia Eyzaguirre

Licenciada en Filosofía Universidad de Chile y Doctora en Filosofía de la Universidad Albert-Ludwig de Friburgo, Alemania. Miembro del Consejo Nacional de Educación e investigadora del Centro de Estudios Públicos (CEP), donde se ha especializado en educación.

Rafael Vicuña

Bioquímico de la Universidad de Chile, Master en Biología Molecular Albert Einstein College of Medicine, New York, y Doctor en Biología Molecular, Albert Einstein College of Medicine. Profesor Titular del Departamento de Genética Molecular y Microbiología de la Facultad de Ciencias Biológicas, Pontificia Universidad Católica de Chile. Miembro de Número de la Academia Chilena de Ciencias.

Andrés Jordán

Físico de la Universidad de Chile, Doctor en Astrofísica de Rutgers University. Profesor Titular de la Facultad de Ingeniería y Ciencias de la Universidad Adolfo Ibáñez y director del Instituto Milenio de Astrofísica (MAS).

Pamela Chávez

Ingeniera en Acuicultura de la Universidad de Antofagasta, Máster en Ciencias Microbiología Acuática y Doctora en Microbiología Molecular y Biotecnología de la Universidad de Kyoto, Japón. Posee un Postdoctorado en la Universidad de Hawaii at Manoa y un diploma en Tecnología, Innovación y Negocios de la Universidad Adolfo Ibáñez. Socia de Aguamarina S.A., empresa de biotecnología para la minería.

James McPhee

Ingeniero civil con mención Hidráulica, Sanitaria y Ambiental de la Universidad de Chile y Doctor en Ingeniería en Recursos Hídricos de la Universidad de California. Profesor Titular de la Universidad de Chile y académico del Departamento de Ingeniería Civil. Además, fue director del Departamento de Ingeniería Civil y miembro del consejo académico de la misma unidad. Desde 2017 ejerce como Vicedecano de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad de Chile.

Andrés Couve Correa

Presidente Consejo Asesor Ministerial
Ministro de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación

Leonardo Muñoz Gómez

Secretario Ejecutivo Consejo Asesor Ministerial
Equipo Ciencia y Gobierno, MinCiencia

Colaboradores:

Aisén Etcheverry

Directora Agencia Nacional de Investigación y Desarrollo

Oriana Avilés

Equipo Ciencia y Gobierno, MinCiencia

Paula González

Marcos Maldonado

Valentina Hernández

División de Políticas Públicas, MinCiencia

Andrea Rivera

Equipo Futuro, MinCiencia

Francisco Casas

Daniela Navarro

División Jurídica, MinCiencia

2. CARTA MINISTRO DE CIENCIA

Han transcurrido un poco más de tres años desde que se promulgó la ley que crea el Ministerio de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación. Durante este periodo se diseñó y construyó cuidadosamente una nueva pieza para el Estado que mostró, a través de la articulación del ecosistema, su capacidad para agregar valor al país.

Hoy estamos en un momento distinto, en el cual esa pieza debe incorporarse como un engranaje central en el motor de desarrollo del país. Corresponde, por lo tanto, consolidar a MinCiencia en su rol de promotor y coordinador de la I+D+i+e, de promotor del uso de evidencia en la toma de decisiones, en la articulación de capacidades para resolver desafíos globales/locales y en la respuesta a emergencias, y de cómo estas temáticas se comparten con la ciudadanía. Para ello es fundamental elaborar una estrategia que incorpore estos elementos para diseñar el crecimiento del sistema, asegurando que ese crecimiento tenga un impacto en el desarrollo del país.

El presente documento, elaborado por el Consejo Asesor Ministerial, persigue ese objetivo. Lo hace en base a un diagnóstico de la situación en Chile y de acuerdo con la experiencia internacional. Esta última muestra que los países que han logrado construir un sistema que se integra al desarrollo socioeconómico y cultural del país lo han hecho con esfuerzos sostenidos en el tiempo, con políticas de Estado que se extienden por varias décadas; y que lo han hecho en base a más y mejor I+D+i+e, acoplado el conocimiento a la productividad y competitividad del sector privado, y estableciendo capacidades para abordar desafíos estratégicos.

Es evidente que la tarea de establecer cómo crecer es mucho más compleja que definir una meta de inversión. Para abordar esta tarea debemos tomar en consideración nuestras capacidades instaladas, aquellos aspectos donde tenemos limitaciones, aquellas áreas donde aparecen oportunidades, y establecer plazos ambiciosos pero viables. Debemos tomar también en consideración que un proyecto cuyo objetivo sea impactar el desarrollo del país no puede diseñarse solo en base a proyectos, ni solo en base a los instrumentos con que contamos hoy. Debe considerar, por lo tanto, una batería de mecanismos de financiamiento directo, indirecto, fortalecimiento de la gestión y consideraciones regulatorias, con nuevas iniciativas y visión de largo plazo.

El proyecto de crecimiento nos debe indicar por dónde avanzar, e igualmente importante, de qué calibre deben ser las intervenciones. Nos debe entregar, además, la expansión en inversión necesaria, quiénes deben realizarla y en qué momento.

Aquí se presenta un plan que considera más y mejor I+D, encadenamiento productivo, desafíos estratégicos y fortalecimiento de la gestión. El plan requiere de un incremento sustancial tanto de la inversión pública como privada, que podría alcanzar el 0.8% del Producto Interno Bruto en ocho años (2030), con un 50/50% de participación público/privada, y con un énfasis inicial en incentivos para el sector productivo.

No nos debe sorprender que la estrategia sea coherente con las acciones del primer MinCiencia, pues el diagnóstico nacional es muy compartido, la experiencia internacional bien conocida, y la visión de instalación se basó en un ecosistema rico y diverso y en el encadenamiento de la generación y transferencia de conocimiento.

Esperamos que este plan, que no pretende ser la última palabra, sea una contribución y gatillo para provocar un renovado debate sobre cómo la CTCL contribuye al desarrollo del país.

Andrés Couve Correa
Ministro de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación
2019-2022

3. RESUMEN EJECUTIVO

El Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación (CTCI) tiene como su base fundamental una comunidad científica pequeña y productiva, de calidad y conectada internacionalmente, pero que no ha contado con las capacidades para impactar la economía del país. En este contexto, el Comité Asesor Ministerial ha querido aportar con elementos orientadores, en busca de consensos intersectoriales, para proponer un **Proyecto de Crecimiento Estratégico para la CTCI** a nivel nacional, que logre articular la generación de conocimiento, el desarrollo tecnológico, la innovación y el emprendimiento de base científico-tecnológico, a fin de favorecer el desarrollo del país en términos económicos, sociales y culturales, incidiendo positivamente en el bienestar de las personas.

En la perspectiva del crecimiento en la inversión en investigación y desarrollo (I+D), los países que han logrado superar el gasto en torno al 1% del Producto Interno Bruto (PIB), lo han hecho con un fuerte financiamiento desde el Estado hacia proyectos con una orientación específica, con un fuerte y creciente componente privado y con esfuerzos sostenidos que muestran cierta independencia de los ciclos socioeconómicos y políticos.

Esta propuesta, elaborada por el Consejo Asesor Ministerial, propone como base, en el periodo 2023-2030, la expansión en instrumentos existentes (capital humano¹ y proyectos de I+D+i²), el fortalecimiento de iniciativas de investigación en las Universidades, nuevos instrumentos y/o programas tales como Convenios de Desempeño institucionales en CTCI para Institutos Tecnológicos y de Investigación Públicos, y Convenios de financiamiento para el funcionamiento de Servicios para Infraestructura Científico-Tecnológica (SICT) y robustecimiento de iniciativas para avanzar hacia una economía del conocimiento. Sobre esta base se propone, además, sustentar el crecimiento del Sistema hacia actividades orientadas estratégicamente de acuerdo a metodologías actualizadas y validadas como las recientemente propuestas por el MinCiencia.

¹ Capital humano considera instrumentos tales como Explora, Becas de postgrados, Diplomados CTCI, Inserción de investigadores en los cuatro sectores mencionados, Fortalecimiento de doctorados nacionales.

² Proyectos de I+D+i considera instrumentos y/o programas de ANID, Innova, FIA, FIC-R e iniciativas de otros ministerios, tales como Defensa, SUBTEL, entre otros.

Como resultado presentamos los incrementos necesarios en el gasto público, aspectos regulatorios y un modelo que proyecta el gasto en I+D en el Sistema Nacional (% PIB) para alcanzar un **0,8% del PIB en 2030 con una composición 50/50% público-privada como meta intermedia, y un 1% del PIB al 2040 con una composición público-privada 40/60%.**

La tarea en cuestión es nada menos que un formidable desafío país y, por lo tanto, requiere de un amplio consenso político. Consideramos que esta propuesta supera las discusiones basadas exclusivamente en el indicador de gasto en el área respecto del PIB, que debe ser, a todas luces, la consecuencia de un proyecto país de política pública.

4. INTRODUCCIÓN: ¿POR QUÉ CRECER?

Existe un diagnóstico consensuado sobre las brechas de Chile con relación a investigación y desarrollo, innovación y emprendimiento de base científico-tecnológico, y sobre la necesidad de hacer crecer las actividades en el país para que impacten nuestro futuro. Sin embargo, adolecemos de un plan estratégico que aborde esas brechas y sustente dicho crecimiento. Frente a esto, el Comité Asesor Ministerial ha querido aportar con elementos orientadores, en busca de consensos intersectoriales, para proponer un **Proyecto de Crecimiento Estratégico para la Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación (CTCI)** a nivel nacional, que logre articular la generación de conocimiento, el desarrollo tecnológico, la innovación y el emprendimiento de base científico-tecnológico, a fin de favorecer el desarrollo del país en términos económicos, sociales y culturales, incidiendo positivamente en el bienestar de las personas. En este sentido, se espera que este proyecto de crecimiento impacte en: (1) el desarrollo económico del país, ya que se requiere de CTCI para mejorar nuestra productividad y competitividad a nivel global e incrementar nuestros ingresos como país; (2) la resolución de problemas nacionales, porque necesitamos de CTCI para superar escollos sociales, políticos, distributivos, de salud, ambientales, etc., que dificultan el desarrollo del país; y (3) nuestro posicionamiento en el escenario científico-tecnológico internacional, pues conlleva efectos positivos en nuestras relaciones exteriores.

La investigación científica ha tenido un impacto profundo en el desarrollo de los países a lo largo de la historia. Durante la revolución industrial de los siglos XVIII y XIX, los avances tecnológicos, como la utilización de la energía a vapor y la electricidad, transformaron de forma radical la vida de las personas trayendo mayor bienestar. El automóvil, los antibióticos y la aviación tuvieron efectos igualmente extraordinarios en el siglo XX, cambiando la forma en que trabajamos y nos movilizamos, aumentando la esperanza de vida y la velocidad del desarrollo económico y social, especialmente en los países desarrollados.

La revolución en las tecnologías de la información y las comunicaciones que comenzó en la segunda mitad del siglo XX cambió la forma en que nos vinculamos, impactando no sólo las relaciones sociales, sino también la forma de trabajar, estudiar, comunicarse e informarse. Ya en el primer cuarto del siglo XXI estamos en pleno desarrollo de la cuarta revolución industrial, con avances importantes en las áreas de la robótica, inteligencia artificial, nanotecnología, biotecnología, entre otros, que tienen el potencial de cambiar incluso la esencia de nuestra especie. Así, las ciencias, la tecnología y la innovación nos han permitido comprender mejor el universo que habitamos y actuar sobre este para lograr mayor bienestar.

Ahora bien, aunque el progreso tecnológico ha permitido mejorar la calidad de vida de las personas, este también ha tenido impactos negativos, entre los que destacan la degradación del medio ambiente, la inequidad, el desigual acceso a los beneficios de la revolución tecnológica, entre otros. El último informe del Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC siglas en inglés) señala que es altamente probable que el aumento de la temperatura superficial del planeta supere los 1,5°C en la próxima década producto principalmente de la actividad humana, por lo que es necesario incorporar el conocimiento disponible para desarrollar soluciones orientadas a la adaptación y mitigación de los efectos del cambio climático a nivel global. Los gases de efecto invernadero inciden directamente en el aumento de la temperatura del planeta, situación que hoy se ha convertido en una de nuestras principales amenazas. Los países que más contribuyen a la emisión de estos gases son precisamente aquellos cuyas primeras fases de desarrollo se centraron en la industrialización manufacturera y que hoy tienen altos estándares de vida y una población numerosa. El cambio climático nos enfrenta, por lo tanto, a un desafío de tal envergadura que solo podremos abordarlo de forma efectiva colectivamente y utilizando apropiadamente nuestra principal herramienta: conocimiento científico aplicado a nuevas fuentes de energía limpia y a las diversas exigencias de la necesaria adaptación y mitigación de sus efectos adversos.

En relación con la actividad económica, no es fácil sistematizar la evidencia respecto de la estimación del retorno de la inversión del gasto en I+D. Sin embargo, los informes que se han realizado dan cuenta de un impacto positivo. Por ejemplo, un informe para Science/Business en 2017 estimó que el rendimiento promedio de la inversión pública en I+D en países desarrollados habría sido de alrededor del 20% durante la década anterior, mucho más alto que el de acciones, bonos u otras clases de activos. La recuperación de la inversión puede evidenciarse ampliamente en todos los ámbitos de la economía. El Proyecto del Genoma Humano de EE.UU., que trazó un mapa del genoma de nuestra especie en la década de 1990, es un buen ejemplo. Según el informe, por cada dólar invertido se reembolsaron 141 dólares en nuevos medicamentos, productos, servicios y empleo. Asimismo, la inversión de la Unión Europea durante 30 años en tecnologías móviles, financiando más de 380 proyectos de investigación y en los años 80 y 90 presionando por estándares de tecnología transfronteriza, catalizó el crecimiento de los mercados de telefonía móvil en todo el mundo.

En este contexto, es evidente que la inversión en CTCI es de crucial relevancia para el desarrollo de los países, como se puede constatar en el escenario mundial, donde dicho desarrollo es proporcional a la inversión en actividades de investigación, tecnología e innovación. Consecuentemente con este hecho, la Agenda 2030 de la ONU establece la importancia de la CTCI para el desarrollo de los países a escala global.

Una fórmula virtuosa de crecimiento que comprende un proceso que se inicia con la generación de nuevos conocimientos y que culmina con la utilización de éstos para agregar valor a variados productos y servicios, con el consiguiente beneficio para la población. Los países más desarrollados tienen un mayor nivel de I+D+i+e no porque sean más ricos, sino al revés: son más ricos porque apostaron por esta fórmula como estrategia de desarrollo.

Resulta claro, entonces, que la innovación y los avances tecnológicos pueden conducir a una mayor productividad, que es clave para el crecimiento económico y para la generación de empleos. La productividad crea un círculo virtuoso, porque a medida que ella aumenta, las empresas se vuelven más rentables, tienen mayores posibilidades de invertir y disminuyen los costos de producción. La producción de conocimiento vinculado a la innovación y emprendimiento impulsa también a los países a ser más competitivos en una economía de escala global. Asimismo, su circulación contribuye al funcionamiento de las democracias. De hecho, la inversión en CTCI resulta fundamental para el progreso social y aporta al desarrollo sostenible mediante la construcción de sociedades más ecológicas e inclusivas.

Es alentador constatar que países de la OCDE (España, Grecia, Portugal y Turquía), que en algún momento mostraron un gasto en I+D respecto al PIB similar al que exhibe Chile en la actualidad, emprendieron este camino a través de acciones e iniciativas de políticas públicas que se tradujeron en un gradual y sostenido aumento del gasto en I+D, alcanzando resultados ampliamente satisfactorios. En efecto, muchos de los países que han logrado incorporar los beneficios que genera la I+D+i+e, lo han hecho mediante tres lineamientos centrales. **Primero, un esfuerzo gradual y sostenido para contar con más y mejor I+D llevada a cabo por diversos actores. Segundo, la activa incorporación y rol que juega el sector productivo, en relación con la inversión en I+D para fortalecer y dinamizar el sistema. Y tercero, la orientación estratégica de parte del sistema, manteniendo a la vez una sólida base de investigación libre.**

En el caso de Chile, la falta de inversión en CTCI se relaciona con una matriz productiva y exportadora poco diversa y de insuficiente valor agregado. Una mayor inversión en CTCI permitiría, por una parte, impactar la economía chilena a través del aumento de valor agregado en nuestra producción y, por otra, atender a problemas sociales, educacionales y culturales que hoy limitan nuestras posibilidades de desarrollo.

El país dio un paso decisivo a fines del año 2018, cuando se creó el Ministerio de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación (MinCiencia). La principal tarea del nuevo Ministerio, en su etapa inicial, fue establecer una nueva institucionalidad para el sector. Además de darle una estructura orgánica a las distintas secciones que

comprenden el Ministerio (Subsecretaría, Divisiones, Seremis, Consejo Asesor Ministerial, etc.), se han instalado otros actores relevantes del ecosistema, tales como la Agencia Nacional de Investigación y Desarrollo (ANID), el Consejo Asesor Presidencial de CTCI, y el Comité Interministerial de CTCI, entre otros.

Asimismo, junto con establecer un creciente sistema de coordinación y asesoría científica, en cumplimiento del mandato que figura en la ley que le dio origen, el MinCiencia lideró un proceso ampliamente participativo que culminó en la primera Política Nacional de CTCI, la que se ha presentado como una “hoja de ruta para avanzar en la dirección de una sociedad del conocimiento y de un desarrollo integral y sostenible”. Esta política consta de cuatro ejes, uno de los cuales apunta precisamente al fortalecimiento del ecosistema CTCI, con acciones como un Plan Nacional de Centros de Excelencia, un Plan de Desarrollo de Talentos, una Agenda de Innovación y Emprendimiento de base científico-tecnológica y la implementación del Comité de los Institutos Tecnológicos y de Investigación Públicos, entre otras. Por otro lado, la generación de la Primera Política Nacional de Inteligencia Artificial y la Primera Política de Igualdad de Género en CTCI. El conjunto de estas iniciativas constituye un soporte programático esencial para guiar y acompañar el desarrollo del país en materias de CTCI por la vía de la inclusión, igualdad y diversidad.

No obstante, es necesario complementar estas hojas de ruta con un proyecto de crecimiento estratégico. Ahora, desde un punto de vista sistémico, todo plan de este tipo debe iniciarse con un diagnóstico del estado del ecosistema y su nivel de productividad, con un *benchmarking* de sistemas deseables, estableciendo brechas. Debe contar, además, con un diseño y con un plan de implementación y seguimiento para que la CTCI impacte de manera efectiva en el desarrollo del país.

Este documento tiene el propósito de proponer lineamientos que permitan orientar el crecimiento del Sistema Nacional de CTCI asegurando que ese crecimiento tenga un impacto en el desarrollo del país. Su planteamiento fundacional es la apuesta por un proyecto que nos permita transitar desde una comunidad científica pequeña y productiva, pero en gran medida desvinculada del quehacer económico y social, hacia una comunidad diversa, dinámica y conectada, que tenga impacto en el desarrollo del país basado en el conocimiento y entregue soluciones a nuestros problemas más críticos.

A partir de este fundamento es razonable formular preguntas sobre la forma que este crecimiento podría adoptar, sobre la combinación de políticas públicas necesarias para orientarlo y sostenerlo, y sobre las capacidades que las instituciones que participan del Sistema debieran construir progresivamente para gestionar los recursos disponibles, con el fin de distinguir los orígenes y destinos de la inversión

necesaria para sostener el crecimiento. **Consideramos que esta propuesta supera las discusiones basadas exclusivamente en el indicador de gasto en I+D respecto del PIB, que debe ser, a todas luces, la consecuencia de un proyecto país de política pública.**

La propuesta de crecimiento estratégico que aquí presentamos se basa no solo en mantener y hacer crecer los programas públicos existentes, sino también en crear nuevos mecanismos e incentivos para aumentar la inversión pública y privada en I+D+i+e. La propuesta tiene el propósito de encaminarnos hacia un desarrollo del país basado en conocimiento, para construir un Chile sostenible, integral e inclusivo. En su elaboración se han tomado en cuenta los instrumentos de política pública disponibles y la perspectiva de combinación de políticas para orientar y sostener el crecimiento del sistema, así como también la experiencia internacional. Se espera que, como resultado de este proyecto de crecimiento, el gasto en I+D respecto del ingreso global de Chile debiera evolucionar desde un 0,35% en 2018 (70% correspondiente a gasto público) a un 0,8% del PIB en 2030, con un aumento del aporte del sector privado, desde el actual 30% a un 60%. **La tarea en cuestión es nada menos que un formidable desafío país y, por lo tanto, requiere de un amplio consenso político.**

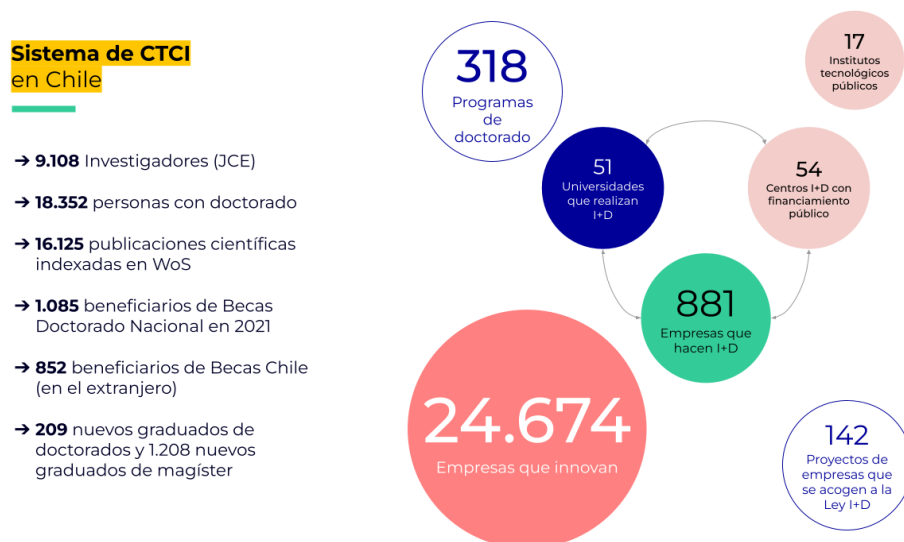
5. DIAGNÓSTICO

Para proponer un proyecto de crecimiento primero debemos conocer cuál es el sistema que absorbería dicho crecimiento. El Sistema Nacional de CTCI está compuesto por los organismos públicos, instituciones públicas de investigación y desarrollo e instituciones de educación superior estatales, así como también por las personas e instituciones privadas que realizan, fomentan o apoyan actividades relevantes relacionadas con ciencia, tecnología, innovación y emprendimiento de base científico-tecnológico.

5.1. Composición del ecosistema

El ecosistema se caracteriza por estructurarse en torno a una comunidad científica pequeña y productiva, radicada principalmente en universidades, centros e institutos de I+D junto con empresas que declaran desarrollar iniciativas de I+D y de innovación de base científico-tecnológica.

Figura 1. Sistema Público Nacional de CTCI en Chile, identificación de los actores involucrados y algunos de los principales mecanismos de apoyo para estos



Fuente: Elaboración propia en base al Plan de Talentos del MinCiencia, Encuesta Gasto y Personal en I+D (año de referencia 2018), datos obtenidos de www.datainnovacion.cl, Encuesta Trayectoria Doctorados en Chile (año de referencia 2019), Encuesta Nacional de Innovación (años de referencia 2017-2018), Encuesta Trayectoria de Profesionales con Grado de Doctor en Chile, datos procesados por Información científica - ANID a partir de Web of Science y datos obtenidos en función de las listas de resultados de selección de Becas Chile.

Nota 1: JCE: Jornada Completa Equivalente, que corresponde a la razón entre las horas dedicadas a la I+D y las horas totales trabajadas. Indicador de la actividad científica estandarizado para las estadísticas de la OCDE de acuerdo con el Manual de Frascati, 2015.

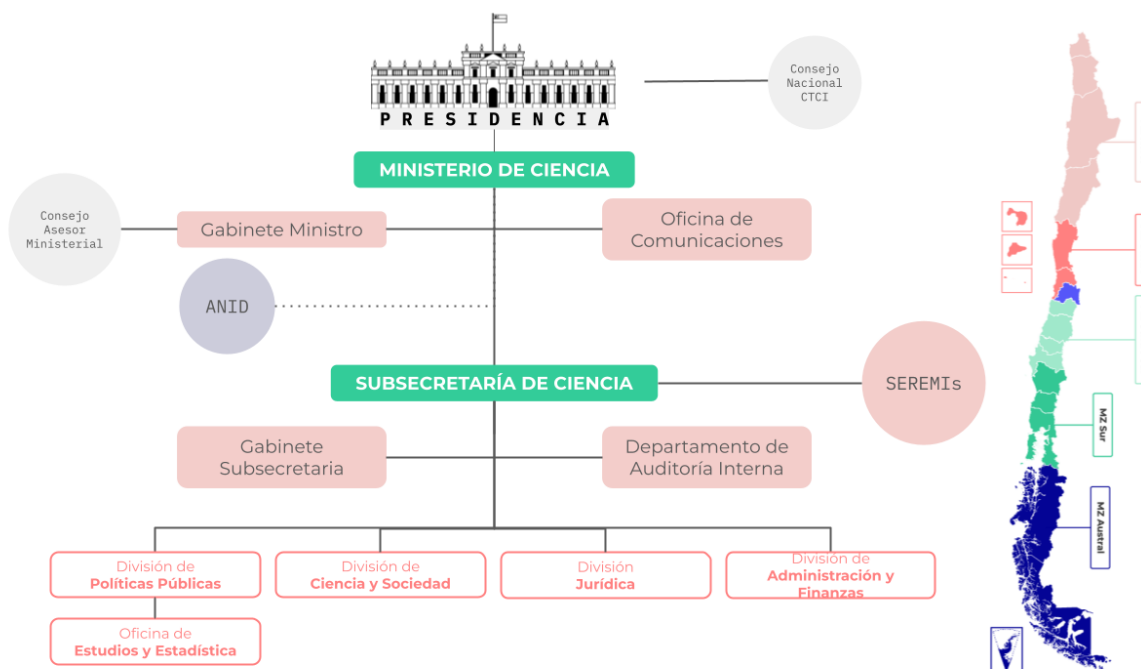
Nota 2: El número de empresas que innovan se obtuvo a partir de datos de la Encuesta Nacional de Innovación 2020 (años de referencia 2017-2018).

El Sistema Público Nacional de CTCl está compuesto de los organismos públicos, instituciones públicas de investigación y desarrollo, e instituciones de educación superior estatales que realizan, fomentan o apoyan actividades relevantes relacionadas con ciencia, tecnología e innovación. Dentro de estas materias se comprenden las actividades relacionadas con la formación de recursos humanos altamente calificados y técnicos especializados; la investigación básica aplicada, y la generación de conocimiento en las diversas disciplinas del saber; el desarrollo, transferencia y difusión de tecnología; y la innovación en todas sus dimensiones. El Sistema se sustenta en la colaboración, la coordinación y la cooperación de sus integrantes, buscando complementarse con otros actores de ciencia, tecnología e innovación a nivel nacional e internacional.

La institucionalidad pública del Sistema Nacional de CTCl se estructura en torno a tres ámbitos:

- Ciencia, tecnología, innovación, emprendimiento de base científico-tecnológica, y formación de capital humano altamente calificado, a cargo del MinCiencia y de la ANID.
- Fomento productivo, emprendimiento e innovación productiva o empresarial, desarrollo tecnológico para fines productivos y fortalecimiento de capital humano para este ámbito, a cargo del Ministerio de Economía y de la Corporación de Fomento de la Producción (Corfo).
- Formación de técnicos y profesionales, y del conocimiento y el cultivo de las ciencias, las artes y las humanidades en las instituciones de educación superior, a cargo del Ministerio de Educación.

Figura 2. Estructura del Sistema Público Nacional de CTCI



Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo con la Ley N° 21.105 que crea el MinCiencia, los organismos públicos señalados deberán coordinarse entre sí y con el resto de las entidades públicas que forman parte del Sistema, con el fin de desarrollar e implementar aquellas tareas, programas, planes o instrumentos que requieran de su participación o colaboración dentro de sus competencias.

El MinCiencia actúa como órgano rector, y es el encargado de coordinar el Sistema Nacional de CTCI, que incorpora actores públicos y privados. A continuación, se describen brevemente algunas instituciones del Sistema siendo esta una descripción no exhaustiva que contempla a muchos otros actores:

- Consejo Nacional de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación

Consejo encargado de “asesorar al Presidente o Presidenta de la República en el análisis prospectivo de las tendencias de desarrollo globales y nacionales; en la formulación de propuestas destinadas a fortalecer y desarrollar el Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación, en adelante denominado también el “Sistema”; y en la elaboración y revisión, con mirada sistémica y de largo plazo, de la Estrategia Nacional de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación para el Desarrollo, en adelante denominada también la “Estrategia”” (Decreto N° 1 de 2021 [Ministerio de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación]).

- Gobiernos Regionales

A través del proceso de descentralización en curso en el país, los gobiernos regionales han adquirido mayor relevancia en base a lo expuesto en la Ley N° 21.074 de Fortalecimiento de la Regionalización del país y que establece un Comité Regional de Ciencia, Tecnología e Innovación para el Desarrollo quien velará por establecer los lineamientos de una estrategia regional para CTCL que impacte en el desarrollo productivo de la región.

- Consejo Asesor para la Educación Superior

Órgano consultivo dependiente del Ministerio de Educación cuyo objetivo es “asesorar al Ministro de Educación y al Subsecretario de Educación Superior respecto de la elaboración y coordinación de políticas y programas para la educación superior, y en materias destinadas a su desarrollo, promoción, internacionalización y mejoramiento continuo” (Ministerio de Educación, 2021). Es presidido por el/la Ministro/a de Educación y sus miembros son el/la Subsecretario/a de Educación Superior; el/la Subsecretario/a de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación; el Superintendente de Educación Superior; el/la Presidente/a del Consejo Nacional de Educación; el/la Presidente/a de la Comisión Nacional de Acreditación; los/as rectores/as de universidades, centros de formación técnica e institutos profesionales; y los/as directores/as de las escuelas matrices de las Fuerzas Armadas, de Orden y de Seguridad.

- Universidades y otras Instituciones de Educación Superior

- a) Consejo de Rectores de las Universidades Chilenas (CRUCH)

Organismo de colaboración universitaria que reúne a 30 Universidades públicas y privadas tradicionales. De acuerdo con el DFL 2 de 1985 del Ministerio de Educación, tiene como función “procurar un mejor rendimiento y calidad de la enseñanza superior [con especial preocupación en] confeccionar anualmente planes de coordinación de las investigaciones científicas y tecnológicas dentro de los presupuestos que para este fin hayan aprobado las respectivas entidades” (Decreto con Fuerza de Ley N° 2 de 1985 [Ministerio de Educación]).

- b) Consorcio de Universidades del Estado de Chile (CUECh)

Agrupación que reúne a las dieciocho universidades del Estado de Chile, tiene por objetivo “constituir un marco institucional de carácter permanente para desarrollar la coordinación, cooperación y complementación de todas las actividades propias de las universidades estatales, propiciando el espacio común que fortalezca sostenidamente a sus instituciones miembros con impacto en los ámbitos interno y externo” (Consorcio de Universidades del Estado de Chile, s.f.).

c) Red G9

Red compuesta de universidades públicas no estatales, es decir, universidades con rol público, creadas principalmente antes de la reforma de 1981, que tiene como misión “generar bienes públicos en el ámbito de la educación superior, propiciando la creación de un conjunto de mecanismos y acciones de colaboración destinados al mejoramiento de la formación profesional de pregrado, de los programas de postgrado, de la investigación, como asimismo, a la profundización de los procesos de internacionalización de las instituciones que representa, al aseguramiento de la calidad de la actividad universitaria del país y a vincularse con la sociedad en una serie de temas de interés nacional” (G9, s.f.).

d) Agrupación de Universidades Regionales (AUR)

Agrupación que reúne a las universidades regionales del CRUCh, es decir, a todas las universidades que tienen sus casas centrales en regiones, que tiene como objetivo “animar el quehacer intelectual, la inclusión y el desarrollo social, valorar la diversidad y atender la vulnerabilidad, colaborar con el sector productivo, apoyar las políticas y programas públicos, promover la cultura y el rescatar la identidad de los territorios. En esencia, su quehacer promueve la regionalización y el desarrollo” (AUR, s.f.).

e) Corporación de Universidades Privadas (CUP)

Algunas de las universidades privadas se agrupan en la Corporación de Universidades Privadas (CUP) la cual reúne a 13 instituciones. Tiene como misión “Participar e influir activamente en el desarrollo y la toma de decisiones de la educación superior chilena, aportando conocimiento y experiencia para la generación paulatina de mayores valores en la formación de las nuevas generaciones” (CUP, s.f.).

f) Consejo de Rectores de Institutos Profesionales y Centros de Formación Técnica Acreditados (Vertebral)

Asociación gremial de educación superior técnico profesional (ESTP) más grande de Chile que agrupa a 25 instituciones acreditadas en términos de matrícula. Tiene como objetivo “contribuir a que Chile sea un país más equitativo, sustentable y productivo a través del desarrollo de la ESTP” (Vertebral, s.f.).

- Empresas, emprendimientos y otras instituciones privadas (que también son parte del sistema)

a) Asociación de Emprendedores de Chile (Asech)

Agrupación de emprendedores más grande de Chile cuyo objetivo es hacer de Chile un país con igualdad de oportunidades para comenzar un proyecto o empresa.

b) Confederación de la Producción y el Comercio (CPC)

Organización gremial que agrupa a los principales sectores productivos del país. Su objetivo es “contribuir al proceso de crecimiento económico sostenido en Chile, con el fin de que las personas mejoren su calidad de vida, por medio del fomento del empleo, de la mejora en las oportunidades, del impulso a la iniciativa individual y del respeto a la propiedad privada” (CPC, s.f.).

c) Sociedad de Fomento Fabril (SOFOFA)

Organización gremial que agrupa a otras asociaciones empresariales. Su propósito es “poner a las personas en el centro de la actividad empresarial y hacer de Chile un país de oportunidades” (SOFOFA, s.f.).

d) Asociación de la Industria Eléctrica – Electrónica (AIE)

Uno de los gremios más importantes en el área tecnológica, reúne empresas, instituciones y profesionales de las áreas eléctrica, electrónica, automatización y comunicaciones. Su misión es “contribuir al desarrollo de Chile, representando y fomentando la calidad, el crecimiento e innovación de las industrias tecnológicas en las áreas eléctrica, electrónica, automatización y comunicaciones” (Asociación de la Industria Eléctrica, s.f.).

e) Asociación Chilena de Empresas de Tecnologías de Información (ACTI)

Agrupación de la Industria de Tecnologías de la Información y Telecomunicación que reúne empresas de los rubros de hardware, software, capacitación e integración de sistemas e Internet. Su principal objetivo es promover “el desarrollo de una industria local de clase mundial, que genere valor a nuestros socios y por sobre todo, a nuestro país” (ACTI, s.f.).

- Comunidades educativas

Parte importante del sistema nacional de CTCI incluye las comunidades educativas desde primeras edades pasando por todo ciclo escolar, hasta egresar de educación media. Durante esos años resulta crucial promover la socialización del conocimiento dentro de la comunidad educativa, contribuyendo al desarrollo de competencias en las distintas áreas del conocimiento, la tecnología y la innovación. Esto incluye apoyar y robustecer instrumentos que permitan el desarrollo de estas competencias en todos los actores relevantes de este pilar fundamental: niñas, niños y adolescentes, sus docentes, técnicos, directivos y las familias. Esto implica un proceso de enseñanza aprendizaje no sólo basada en contenidos, sino también en las habilidades y las actitudes, es decir, en el desarrollo de competencias donde las y los estudiantes puedan actuar con curiosidad, buscar oportunidades de investigación, encontrar

alternativas de solución, diseñar y ejecutar un proyecto de investigación, analizar los resultados y sus proyecciones, poder comunicar sus investigaciones en un lenguaje de ciencia y tecnología, ejercer el juicio crítico, aprender con otros, aprender del proceso y desarrollar sus capacidades. El desarrollo de estas competencias es un esfuerzo gradual que debe realizarse de manera coordinada para que se logre una interfaz eficiente entre el mundo educativo y el de la investigación para lo cual se considera prioritario (1) promover el desarrollo profesional docente y la formación de comunidades educativas en torno a la CTCL, (2) contribuir al desarrollo de recursos y experiencias educativas en este ámbito y (3) promover la investigación e innovación en las comunidades escolares.

5.2. Comparación internacional del Ecosistema Chileno

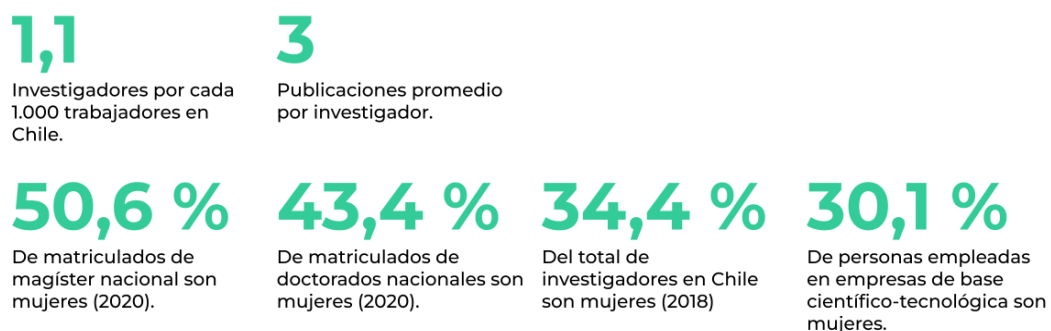
En términos de la cantidad de personas que se forman o se dedican a actividades relacionadas con la CTCL, se observa que, en Chile, al año 2019 (MinCiencia, 2021a), unas 190 mil personas cuentan con grado de magíster, mientras que unas 18 mil cuentan con grado de doctor, esto corresponde a un 1,6% y 0,15% de la población laboral, respectivamente (indicador homologado según la metodología de la OCDE, se mide en función de la cantidad de personas entre 25 y 64 años). En este parámetro Chile se encuentra muy por debajo de los países de la OCDE donde en promedio, este indicador alcanza el 12,7% y 1,1%. Por otro lado, en relación con el número de investigadores/as establecidos/as en distintas unidades de I+D en el país (empresas, Estado, instituciones de educación superior (IES) e instituciones privadas sin fines de lucro), Chile presenta 1,1 investigadores/as por cada 1.000 trabajadores/as, mientras que, en promedio, los países de la OCDE cuentan con 8,6 (OCDE, 2021). Ambas estadísticas indican que nuestra comunidad es pequeña, y que aún estamos lejos de la masa crítica de capacidades de investigación y de formación de postgrado de los países más desarrollados.

En relación con la innovación, comparado con los países miembros de la OCDE, Chile se encuentra en el penúltimo lugar en cuanto al porcentaje de empresas que innovan, con un 23,4%, mientras que los países que lideran en este aspecto, Canadá y Suiza, superan el 70% (OCDE, 2021). Por otro lado, según informa el Índice Global de Innovación (GII), Chile se encuentra en el lugar 35 entre 132 países con 35,1 puntos de 100, respecto a las capacidades de innovar en un estudio multidimensional que considera la calidad institucional, infraestructura y resultados concretos en innovación, mientras que Suiza, Suecia y Estados Unidos superan los 60 puntos según esta estimación. Por lo tanto, a pesar de que Chile lidera el ranking en América Latina y el Caribe, queda un gran margen de mejoras por implementar en el ecosistema.

Respecto al emprendimiento de base científica-tecnológica (EBCT) (MinCiencia, 2021c), en Chile, un 84% de este tipo de empresas fue creada durante la última década y la mitad de ellas han surgido desde la academia. Un 35% de estas aún no poseen ventas por encontrarse principalmente en etapas de desarrollo del negocio y/o validación y escalamiento de la tecnología, encontrándose altamente enfocadas en actividades de I+D. Reflejo de esto es que dos tercios de estos emprendimientos invierte más del 10% de sus ventas para estos fines. Estas empresas generan empleo para personas con formación científica, el 63% de ellas tienen en sus equipos a personas con postgrado en ciencia y tecnología, pero aproximadamente un tercio del total de las EBCT tienen tan solo entre uno y cuatro empleados debido a su corta antigüedad y al bajo nivel de ventas. Además, la representación de mujeres en el liderazgo de las EBCT está reducida a solamente un cuarto de ellas, a pesar de que la participación femenina en actividades de investigación ya ha alcanzado más de un tercio a nivel nacional (MinCiencia, 2021a). Estas cifras reflejan que existe un gran potencial de desarrollo en base al conocimiento generado a partir de la investigación y que, a través de este tipo de empresas, se podrá generar más empleo y atracción de capacidades desde la academia hacia la industria para la creación de nuevos negocios de alto valor agregado.

Un breve resumen gráfico se muestra en la Figura 3.

Figura 3.



Fuente: MinCiencia, 2021b.

Nota 1: Aun contando con un escaso número de investigadores/as realizando actividades de I+D, la cantidad de publicaciones promedio por investigador/a es relativamente alta. Con 1,1 investigadores/as por cada 1.000 trabajadores/as Chile produce tres publicaciones por investigador/a, mientras que países como Suecia, Corea del Sur y Dinamarca, aquellos con una mayor cantidad de investigadores/as por trabajador/a de la OCDE, tienen una productividad promedio de 2,4, 2 y 1,6 publicaciones por investigador/a respectivamente.

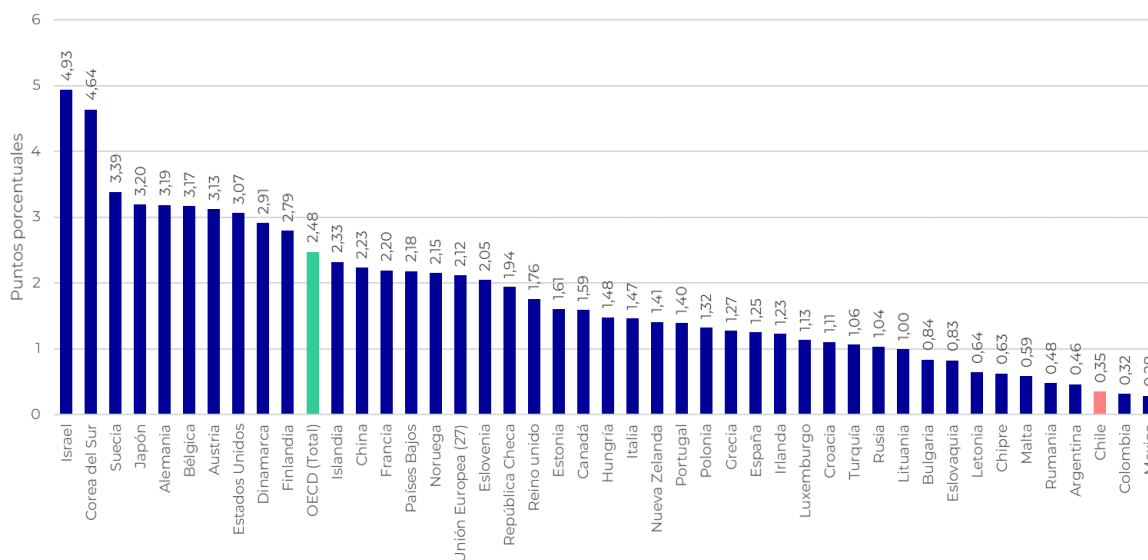
Nota 2: Durante el periodo de formación avanzada (postgrado) Chile muestra reducidas brechas de género. Por ejemplo, el 50,6% y 43,4% del total de matriculados en magister y doctorado en universidades chilenas durante 2020 corresponden a mujeres, respectivamente. Sin embargo, a medida que avanzan en su carrera, la participación de las mujeres disminuye. Un ejemplo de ello es que las mujeres que realizan investigación en Chile representan sólo un 34,4% del total (2018, último dato), lo que sitúa al país en el promedio de los países de la OCDE (34,8%). Así mismo, en relación con los profesionales con doctorado ejerciendo labores en Chile (durante 2019, último dato), sólo el 36,2% eran mujeres, mientras que, respecto a las personas empleadas en empresas de base científica-tecnológica, se observa que sólo un 30,1% son mujeres.

5.3. Niveles de inversión

Una forma de dar cuenta de la intensidad en los esfuerzos para la generación de nuevo conocimiento y sus aplicaciones para la sociedad es el gasto en I+D que se realiza en el país. En la composición de este gasto participan mayoritariamente el sector público, el sector privado, las instituciones sin fines de lucro, entre las que se encuentran las IES, y otros actores internacionales.

En ese contexto, Chile se encuentra muy rezagado respecto a los países más desarrollados. En el año 2018, como se muestra en el gráfico de la Figura 4, nuestro país invirtió, un 0,35% del PIB en I+D, lo que dista de los niveles del presupuesto para CTCI de países como Israel, Corea del Sur y Suecia (en el año 2019, con un 4,9%, 4,6% y 3,4%, respectivamente), y del promedio de la OCDE de un 2,5% el año 2019. Esta situación no ha variado sustancialmente desde 2013, cuando el gasto en I+D representaba el 0,34% del PIB, como se puede apreciar en el gráfico de la Figura 4.

Figura 4. Inversión en I+D en porcentaje (%) respecto al PIB de cada país para el año 2019 o el último dato disponible en cada caso. Año de referencia 2018 para Chile

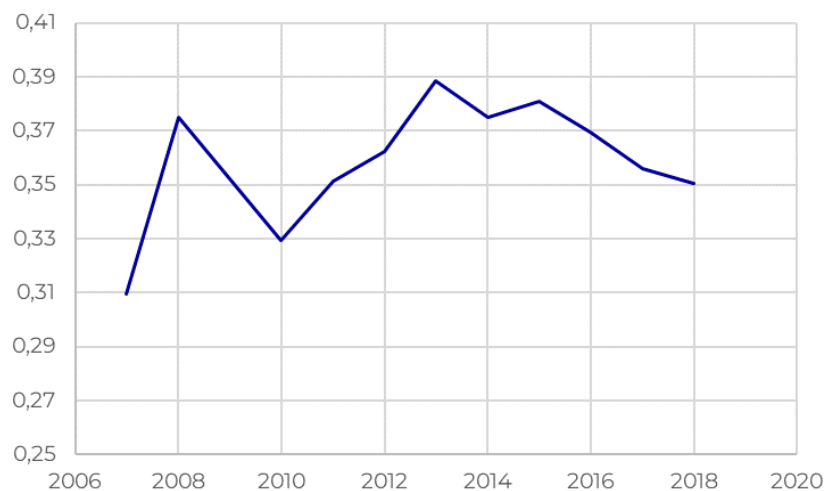


Fuente: OCDE, 2021.

Nota 1: El dato de Chile es el más reciente del año 2018.

Nota 2: Chile invierte 0.35% del PIB en I+D, comparado con un promedio de 2,48% para los países de la OCDE.

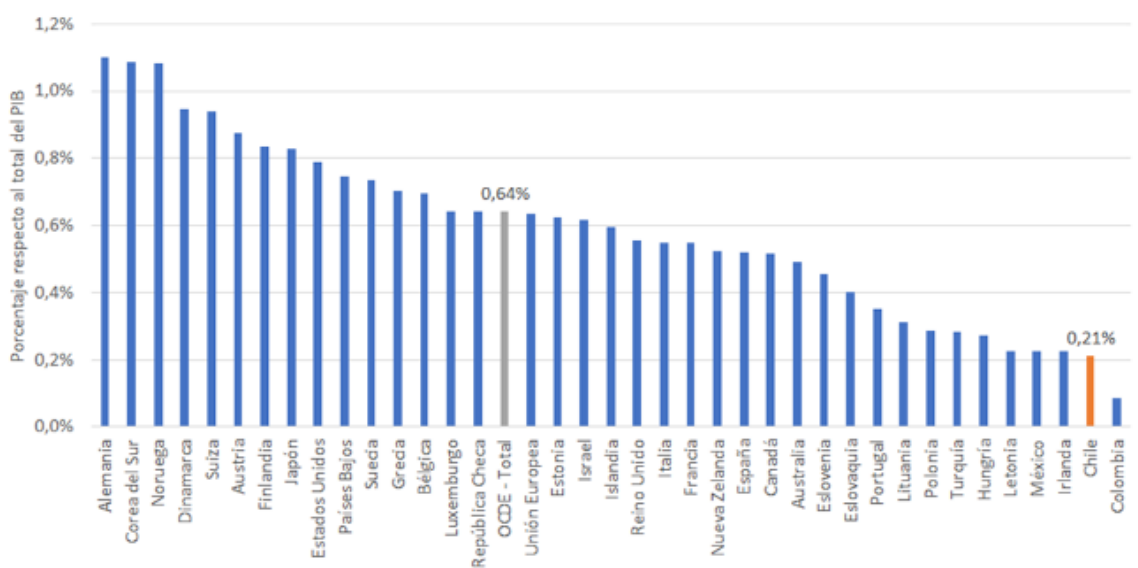
Figura 5. Evolución de la inversión en I+D en Chile como porcentaje (%) respecto del PIB en el tiempo



Fuente: OCDE, 2021.

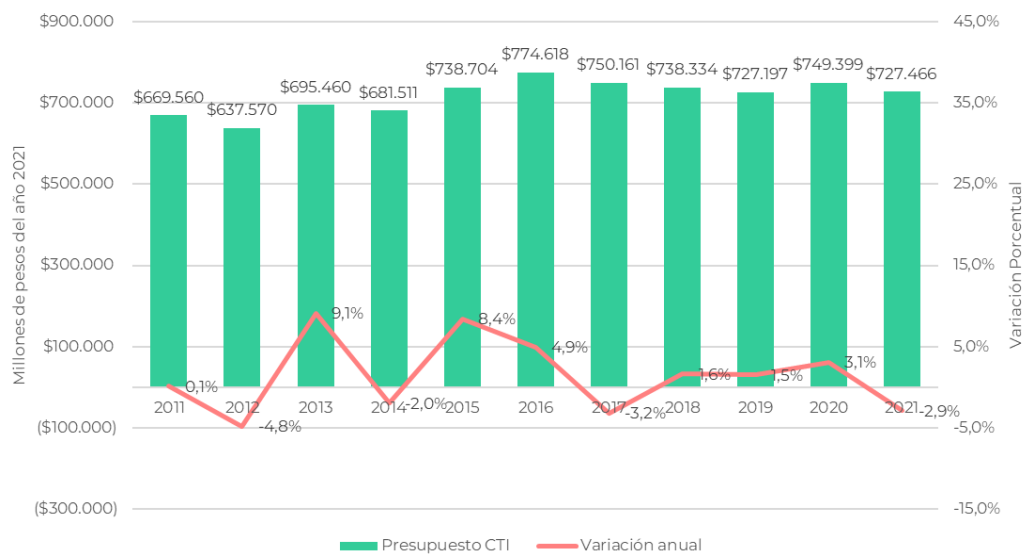
Complementariamente, el presupuesto público total en CTCL es 0,21% como se indica en la Figura 6 y muestra una evolución negativa, situándose en un nivel actual menor que el de hace cinco años como se grafica en la Figura 7. Los montos considerados para el cálculo del total de dicha inversión, además del presupuesto del MinCiencia, incluyen el aporte de programas e instrumentos públicos orientados al fomento y desarrollo de la CTCL en los Ministerios de Economía, de Transporte y Telecomunicaciones, de Agricultura, así como también de los Institutos Tecnológicos y de Investigación Públicos y el que es asignado a los Gobiernos Regionales a través del Fondo de Innovación para la Competitividad Regional, entre otros.

Figura 6. Presupuesto público en I+D en porcentaje (%) respecto al PIB, comparado con el resto de los miembros de la OCDE. Año 2019 o último dato disponible, 2018 en el caso de Chile



Fuente: OCDE, 2021.

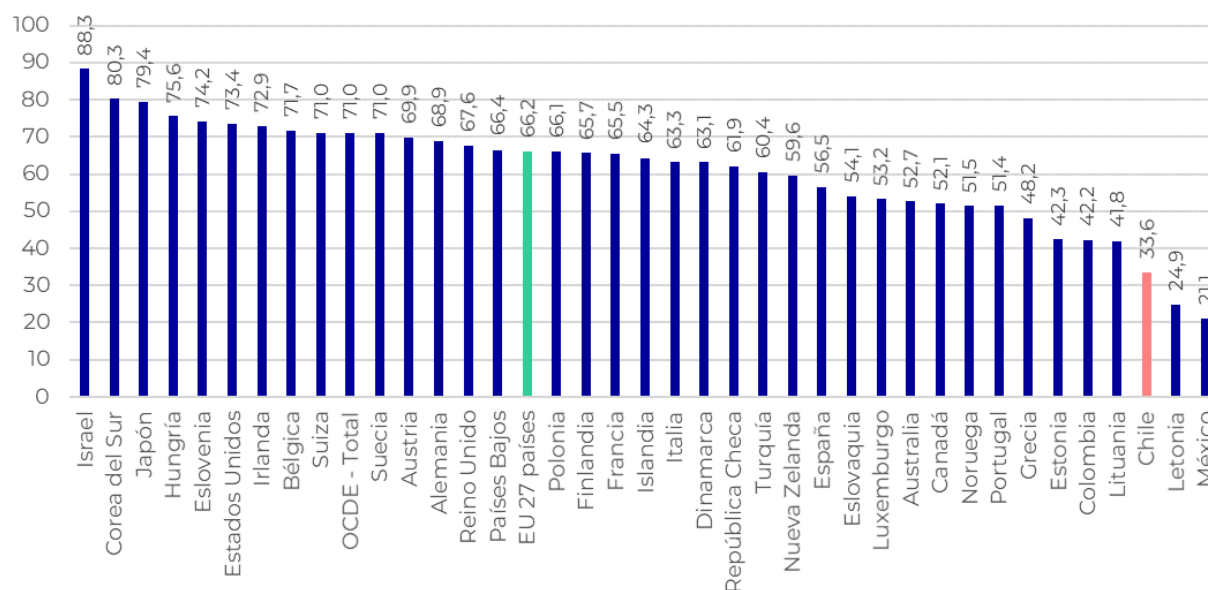
Figura 7. Evolución del presupuesto público en Ciencia, Tecnología e Innovación entre los años 2011 al 2021 en Chile



Fuente: MinCiencia, 2020.

Por otro lado, un 60% del gasto global en I+D proviene del sector público, en tanto, el sector privado empresarial aporta un 30% (de acuerdo con los últimos datos disponibles de la OCDE (2021)). Esta razón público-privada del gasto en I+D en los países desarrollados, muestra mayores niveles de participación de las empresas como se puede apreciar en el gráfico de la Figura 8, llegando a explicar en un rango entre un 70% y 90% del gasto global en el caso de los mismos países que lideran el ranking en niveles de inversión total respecto al PIB en I+D con más de un 3%. Por lo tanto, la participación privada en actividades relacionadas con la CTCI en el ecosistema chileno es limitada y existe un gran margen por explotar.

Figura 8. Porcentaje de inversión privada en I+D en países OCDE (al 2018 o último dato disponible)



Fuente: OCDE, 2021

Nota: Se usó el dato del año 2018 para comparar el nivel de inversión privada de Chile, que es el último dato disponible según la encuesta de I+D. En los casos en que este no se encontraba disponible, Suiza y Australia, se utilizó el dato de 2017, mientras que para Nueva Zelanda, el del 2019.

5.3.1. Reflexión sobre la naturaleza del financiamiento de las universidades

En Chile existen limitados fondos basales para las universidades de uso exclusivo para la investigación, y los criterios de asignación y uso de los recursos no son gestionados por las instituciones. El Estado, a través del Aporte Fiscal Directo (AFD) entrega un financiamiento basal para las universidades del CRUCH, el que provee recursos de libre disponibilidad asignado en un 95% conforme a criterios históricos y el 5% restante de acuerdo a indicadores de desempeño anual en ámbitos como número de académicos con posgrado, el número de proyectos y publicaciones de investigación de excelencia. De igual forma, la ANID apoya proyectos de investigación financiando

directamente a los investigadores que se desempeñan en las universidades chilenas, y son ellos quienes deben responder y rendir cuenta del uso de esos recursos. Sin embargo, los fondos concursables enfocados en los investigadores no son suficientes para establecer una infraestructura estable de investigación en las universidades que permita generar capacidades y proyectarlas en el tiempo. Estos mecanismos limitan captar subsidios y la generación de una base estable de capacidades dentro del ecosistema científico.

Por lo tanto, el modelo de financiamiento por proyectos, en los cuales se exigen resultados en plazos cortos es insuficiente, ya que no entrega tiempo para el desarrollo de ideas ni mirada de largo plazo, y ofrece espacio acotado para generar innovación en ciencia y para capturar todos sus resultados. En otras palabras, limita significativamente la construcción progresiva de capacidades.

A lo anterior se suma que los ingresos de las universidades por matrículas y aranceles de pregrado no son suficientes para financiar (o cofinanciar) la investigación en el sistema universitario chileno y en un mercado competitivo por alumnos, las universidades tienden a favorecer aspectos relacionados con la enseñanza más que en sustentar el desarrollo de la investigación, hecho que se ha visto agudizado por la gratuidad.

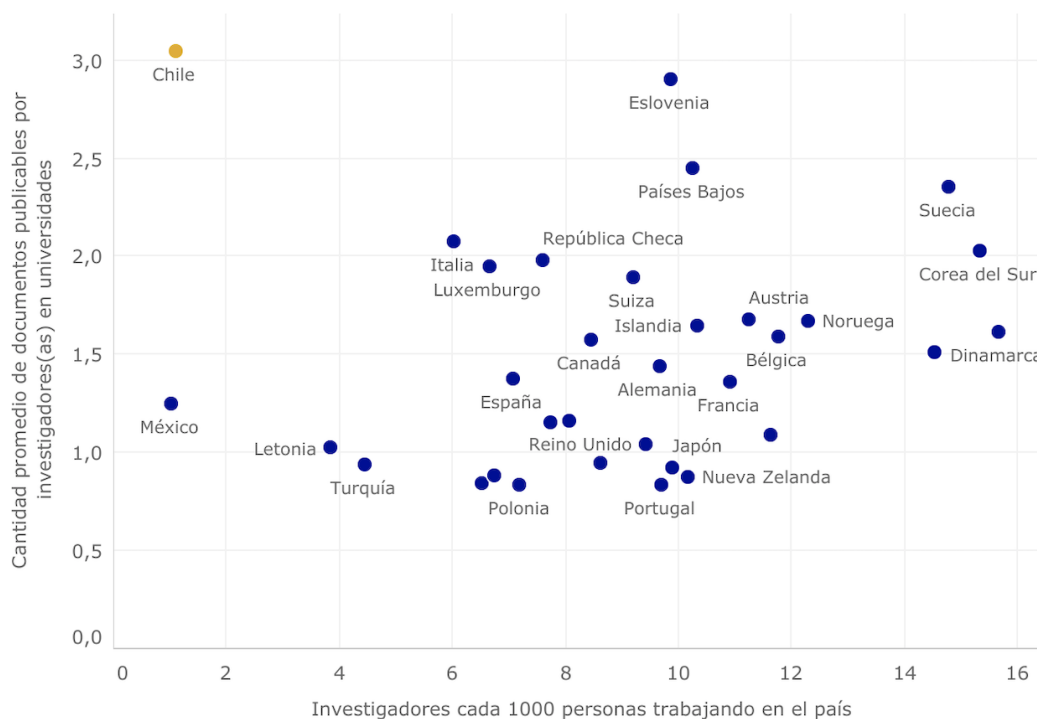
Por lo tanto, existe una gran brecha aún con países más desarrollados respecto a las capacidades que permitan aprovechar el potencial de nuestras universidades.

5.4. Producción del ecosistema

5.4.1. La productividad científica del país se compara favorablemente con el resto del mundo

Aun contando con un escaso número de investigadores/as realizando actividades de I+D, la cantidad de publicaciones promedio por investigador/a es relativamente alta. Como se muestra en la Figura 9, con 1,1 investigadores/as por cada 1.000 trabajadores/as Chile produce tres publicaciones por investigador/a, mientras que países como Suecia, Corea del Sur y Dinamarca, aquellos con una mayor cantidad de investigadores/as por trabajador/a de la OCDE, tienen una productividad promedio de 2,4, 2 y 1,6 publicaciones por investigador/a respectivamente.

Figura 9. Comparación entre países OCDE de la cantidad de documentos publicables promedio por investigador y la cantidad de investigadores cada 1000 personas trabajando



Fuente: OCDE, 2021.

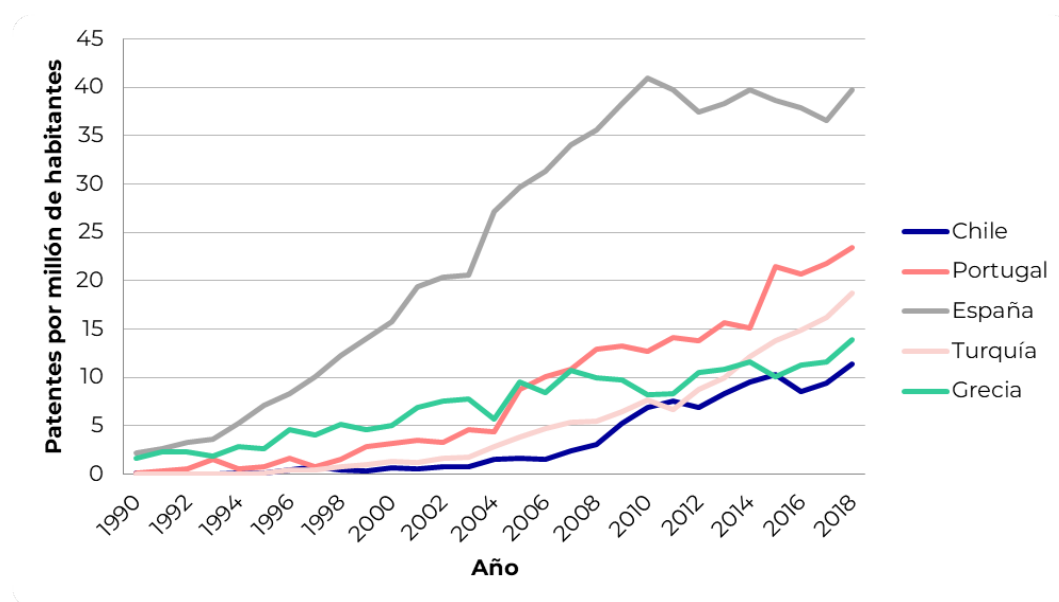
Respecto a la calidad de éstas, al año 2020 el 7,34% de las publicaciones chilenas se encuentran en el 10% más citado del mundo, ponderando sus respectivos campos de investigación, superando a países como Polonia, Japón, Turquía, México y Colombia, pero manteniéndose detrás del promedio OCDE (10%) (Scimago Lab, s.f.).

Otro indicador de calidad es el “Índice h”, métrica que mide tanto la productividad como el impacto de las citas de las publicaciones, siendo Chile, considerando el periodo entre 1996 y 2020, el cuarto país de Latinoamérica con el indicador más alto, sólo superado por Brasil, México y Argentina (Scimago Lab, s.f.). Además, Chile posee un nivel de cooperación internacional superior al promedio OCDE para su nivel de producción científica (Scimago Lab, s.f.).

5.4.2. El conocimiento no ha tenido el impacto económico necesario

En los períodos de 1990 al 2018, Chile ha experimentado un alza casi sostenida de la solicitud de patentes. Como se muestra en la Figura 10, al 2018, Chile tenía 11,4 solicitudes de patentes por millón de habitantes, mientras que Grecia tenía 13,8; Turquía, 18,7; Portugal, 23,4; y España, 39,7.

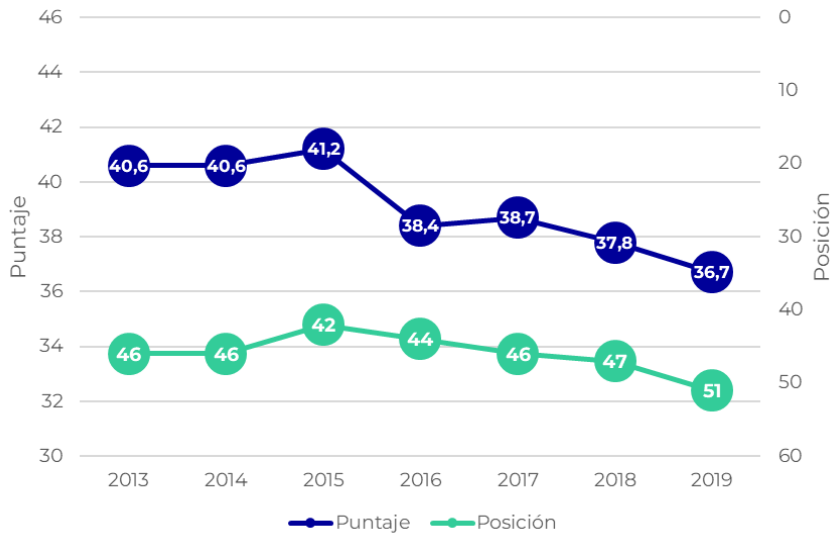
Figura 10. Evolución de patentes solicitadas por PCT por cada millón de habitantes – Países seleccionados



Fuente: Fuente: Elaboración propia basada en los datos de la OCDE (2021) entre 1981 y 2018.

Sin embargo, la baja inversión en I+D no ha permitido alcanzar los niveles deseados de innovación empresarial. Por un lado, el Índice Global de Innovación (2020), que evalúa a los países en su capacidad de innovar considerando, entre otras cosas, calidad institucional, infraestructura y resultados visibles de la innovación muestra que, en el conjunto de los países de la OCDE, Chile es el segundo país con la menor capacidad de innovación empresarial, sólo superando a México. Por otro lado, el Global Competitiveness Index muestra brechas significativas en innovación para Chile. La situación del país en estos indicadores se muestra en las Figura 11, 12 y 13.

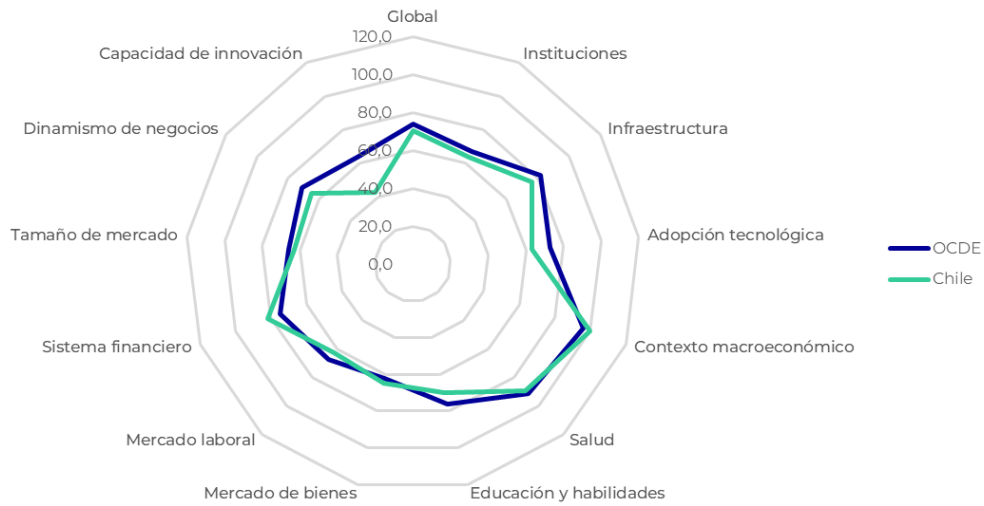
Figura 11. Gráficos Global Innovation Index (GII)



Fuente: Organización Mundial de la Propiedad Intelectual, 2021.

Nota: La posición de Chile ha ido bajando en los últimos años. Chile tiene un mayor rezago en los factores de output (resultados de tecnología y creativos).

Figura 12. Global Competitiveness Index (GCI-WEF)



Fuente: Banco Mundial, s.f.

Figura 13. Posiciones de Chile en Competitividad, Innovación y Adopción Tecnológica - Global Competitiveness Index



Fuente: Banco Mundial, s.f.

Por otro lado, considerando el porcentaje de empresas que innovan dentro de un país en un periodo de tiempo, el 23,4% de las empresas en Chile realiza este tipo de actividades, tasa que lo sitúa en la penúltima posición de los países de la OCDE, superando a Polonia, pero lejos de economías como Canadá, Suiza y Noruega (con una participación de 79,3%, 72,3% y 68,86%, respectivamente).

En resumen, la comunidad CTCI chilena es pequeña y productiva, de calidad y conectada internacionalmente, pero el ecosistema no ha contado con las capacidades ni instrumentos suficientemente eficaces para vincularse ni impactar, como esperamos, la economía del país.

6. ¿PARA QUÉ: CUÁLES SON NUESTROS PROPÓSITOS GENERALES?

Desarrollar las ciencias, la tecnología y fomentar la innovación y el emprendimiento, son acciones claves para alcanzar nuestras metas nacionales y para contar con las mejores capacidades para adaptarnos y enfrentar cambios globales. Un marco orientador interesante para una propuesta de crecimiento del sistema se vincula con el planteamiento de la Organización de las Naciones Unidas (ONU), que en su agenda para el período 2015-2030 contempla 17 desafíos, tanto a nivel local como global, denominados Objetivos de Desarrollo Sustentable (ODS), como se muestra en la Figura 14. La exitosa consecución de estos objetivos requiere de la generación de nuevos conocimientos y del fomento de la innovación conducente a la creación de soluciones frente a problemas que afectan no solo a las personas sino al planeta como un todo.

Figura 14. Objetivos de Desarrollo Sustentable



Fuente: Organización de las Naciones Unidas, s.f.

Dado su alcance universal, la mayoría de los países han comprometido un apoyo activo al cumplimiento de estos objetivos. Nuestro país ha realizado una planificación y seguimiento de los avances en cada uno de los 17 ODS a través de una oficina técnica, coordinada desde el Ministerio de Desarrollo Social y Familia. Resulta

oportuno, entonces, que una propuesta de crecimiento del ecosistema CTCI se inspire en los ODS definidos por la ONU, priorizando de acuerdo con tres criterios: a) su avenencia con la matriz productiva de Chile (minería, silvoagricultura, salmonicultura, etc.), considerando las ventajas comparativas del país; b) el grado de desarrollo de la actividad científica preexistente (fortalezas en términos de masa crítica de investigadores); y, c) las condiciones sociales y culturales que hoy facilitan u obstaculizan el desarrollo integral del país. Una virtud adicional de esta estrategia es que, dado que varios países están contribuyendo al logro de los ODS, es posible pensar en el establecimiento de redes internacionales de colaboración.

En este escenario, crecer en CTCI facilitaría a Chile alcanzar algunos objetivos estratégicos de la agenda nacional 2030 en el marco ODS con sus correspondientes metas o desafíos locales y, por lo tanto, establece un propósito general claro para el desarrollo de la actividad en nuestro país. Por ejemplo, a través de la CTCI Chile podría:

- Avanzar en bienestar social.
Algunos de los aspectos asociados incluyen: i) eliminar la pobreza extrema, ii) reducir al menos a la mitad la proporción de personas que viven bajo el umbral de la pobreza y en pobreza, iii) poner fin a la inseguridad alimentaria grave y moderada, iv) reducir sustancialmente el número de muertes y enfermedades producidas por contaminación del aire, suelo y agua, v) acceso universal al agua potable y servicios de energía; vi) reducir la desigualdad, manteniendo el crecimiento de los ingresos del 40% más pobre de la población a una tasa superior a la media nacional, vii) asegurar el acceso a todas las personas a vivienda y servicios básicos adecuados, y viii) poner término a toda forma de discriminación contra las mujeres y las niñas.
- Avanzar en prosperidad económica.
Ello implica: i) crecer económicamente por sobre la tendencia mundial, ii) aumentar la productividad económica a través de la diversificación, la modernización tecnológica y la innovación, iii) alcanzar el pleno empleo, iv) aumentar la investigación científica y mejorar la capacidad tecnológica de los sectores industriales, entre otras cosas fomentando la innovación y aumentando sustancialmente el número de personas que trabajan en el área de la investigación y el desarrollo así como aumentando los gastos en investigación y desarrollo de los sectores público y privado.
- Alcanzar un desarrollo sustentable, cuidando nuestro medioambiente.
Ello implica: i) mejorar la calidad del agua reduciendo la contaminación, la eliminación del vertimiento y la reducción al mínimo de la descarga de materiales y productos químicos peligrosos, ii) aumentar sustantivamente el uso eficiente del recurso hídrico, iii) proteger y restablecer los ecosistemas relacionados con el agua, iv) aumentar significativamente el porcentaje de energías renovables no convencionales y duplicar la eficiencia energética, v)

• duplicar los esfuerzos para resguardar el patrimonio natural, vi) reducir el impacto ambiental negativo per cápita, vii) reducir de forma sustancial los desechos, viii) alcanzar la carbono neutralidad, ix) prevenir y reducir la contaminación marina y proteger los ecosistemas marinos, mejorar la conservación y el uso sostenible de los océanos y sus recursos, y x) velar por la conservación, la restauración y el uso sostenible de los ecosistemas terrestres y los ecosistemas interiores de agua dulce y los servicios que proporcionan, y luchar contra la desertificación.

- Convertir a Chile en un polo de desarrollo científico y tecnológico para la región del cono sur y con ello promover el cultivo de nuestro patrimonio cultural, natural, científico e histórico.

Ello implica: i) contar con programas de postgrado dentro del ranking de los 100 mejores del mundo en áreas donde tenemos ventajas comparativas, ii) aumentar el número de estudiantes extranjeros realizando estudios de postgrado en nuestras universidades, iii) desarrollar programas de postgrado en universidades regionales en función de sus ventajas comparativas en asociación con otras universidades de prestigio internacional, iv) aumentar significativamente el número de profesores con doctorado en nuestras universidades, servicios públicos, sistema productivo v) aumentar los centros de investigación avanzada y su asociatividad con las industrias, vi) aumentar el número de patentes registradas y vi) aumentar el número de empresas instaladas en nuestro país con giro en innovación y tecnología.

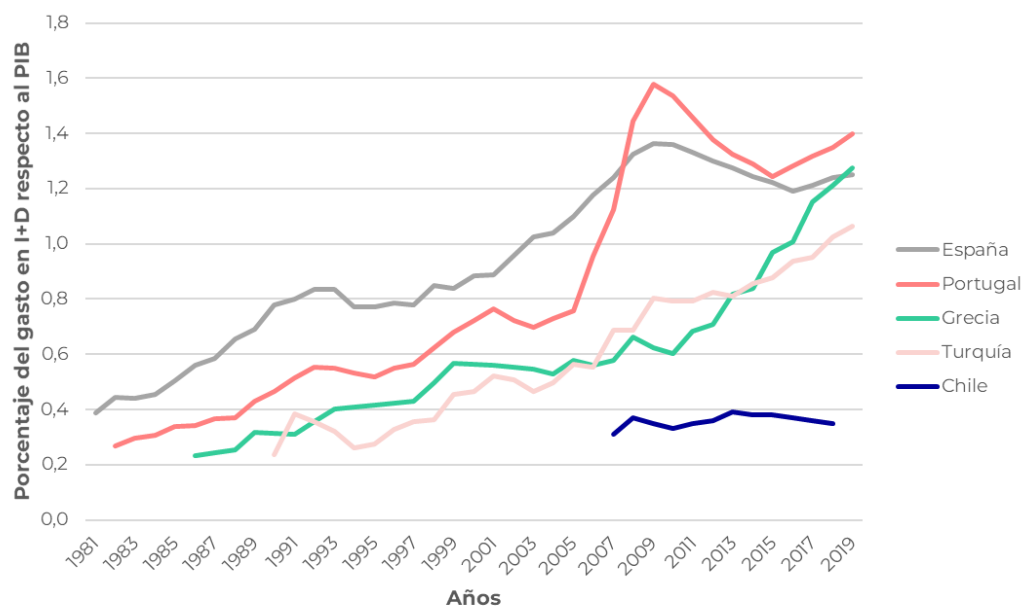
7. ¿CÓMO LO HAN HECHO OTROS PAÍSES?

En términos generales, la inversión de I+D como porcentaje del PIB en los países de la OCDE crece sostenidamente. Países con condiciones comparables a la chilena³ respecto al aumento del gasto en I+D, como lo son España, Portugal, Grecia y Turquía, muestran, de acuerdo con la Figura 15, una evolución de la inversión que se vincula a eventos como la recuperación de crisis económicas y recesiones. Por ejemplo, en el caso de Portugal, desde inicios de la medición en 1982, presentaba un alza relativamente permanente hasta el año 2001 y, entre ese año y el 2009, aumentó en casi un punto porcentual del PIB debido a la recuperación de una grave recesión. Desde 2009 en adelante, como efecto de la crisis *subprime* y de la crisis de la deuda soberana europea, Portugal volvió a caer tanto en su PIB como en el porcentaje de este dirigido a I+D, métricas que volvieron a presentar alzas recién entre 2016 y 2017. No obstante, fenómenos como la incorporación en los 90 de países de Europa del Este (economías de las cuales estaban en transición hacia una de mercado), sucesos como las guerras en Medio Oriente o la Crisis *Subprime* en 2008, no han afectado significativamente el aumento sostenido de gasto en I+D.

Si bien se puede apreciar que en general en estos países ha habido un aumento significativo en el financiamiento para la I+D, aunque con períodos de retroceso, este ha sido progresivo y, es crítico constatar que en general tardaron entre 10 y 13 años en duplicar su porcentaje de inversión en CTI (entre inicios de los años 80 y principios de los 90), llegando a alrededor de un 0,7-0,8% del PIB. Desde que alcanzaron ese valor, a estos cuatro países les ha tomado aproximadamente otros 10 años más para llegar al 1%.

³ Para una adecuada comparación con nuestra realidad nacional, se seleccionaron países que cumplieran con, 1) que tuvieron, en algún punto de su historia, un gasto en I+D respecto al PIB similar al chileno y que, además, lograron avanzar en este indicador hasta superar el 1% o más; 2) que son miembros de la OCDE, por tanto, han seguido los lineamientos estadísticos planteados por esta organización logrando permitir hacer una comparación de indicadores clave y; 3) tienen estadísticas disponibles para los momentos de su historia en los que estuvieron en una situación parecida a la chilena.

Figura 15. Evolución del gasto en I+D respecto al PIB en países seleccionados



Fuente: Elaboración propia en base a datos dispuestos por la OCDE (2021) entre 1981 y 2019, previos al brote de Covid-19. Stat extraído el 3 de febrero de 2022. <https://www.oecd.org/sti/msti.htm>.

Nota 1: Los datos para Grecia incluyen años en los que no hubo reporte. Para dichos años, se toma un promedio entre los dos años adyacentes para evitar vacíos en el gráfico.

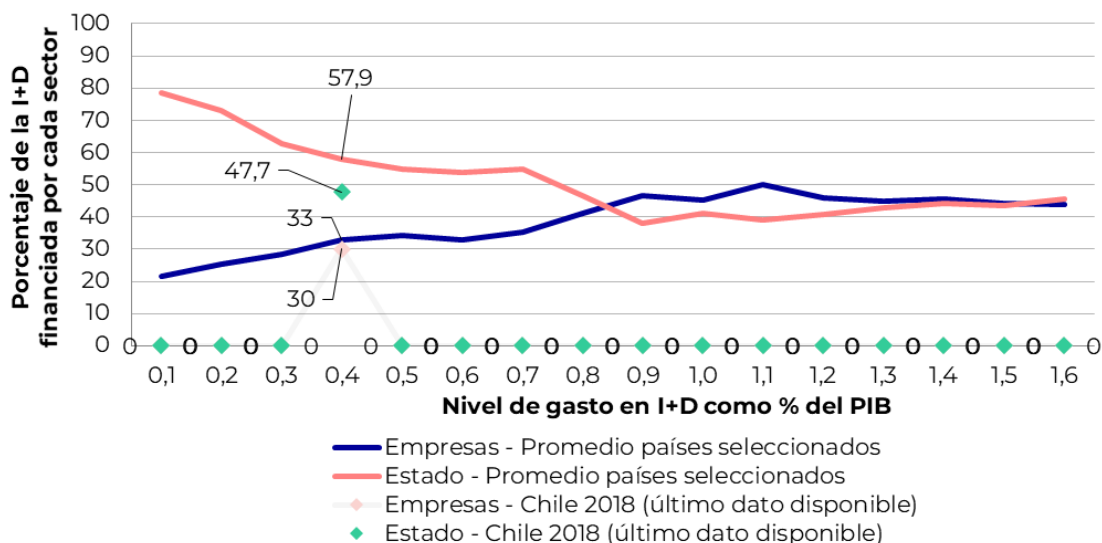
Nota 2: La fuerte alza en la curva de Portugal entre 2005 y 2009 se encuentra enmarcada en una recesión debido a un gasto fiscal descontrolado. Sin embargo, al superar la crisis, la inversión de I+D respecto al PIB alcanzó el 1,4% el 2019.

Nota 3: España y Portugal ingresaron a la CE el año 1986; Grecia en 1981 y Turquía no es miembro de la CE.

En cuanto al origen del financiamiento para la CTI de estos mismos cuatro países, en la Figura 16 se muestra el promedio de la composición de la inversión, pública o privada en el momento en el cual tenían el mismo nivel de gasto en I+D que Chile en la actualidad. Se puede observar que, mientras más bajo es el financiamiento, este se compone mayoritariamente de fondos públicos, mientras que, a medida que se logra aumentar la inversión, la componente empresarial es cada vez más representativa y se va acercando a la misma proporción que la estatal. En Chile, el último dato es del año 2018 y, situándonos en el nivel de gasto en I+D de 0,35%, aún muestra una componente menor al promedio de estos países, con el 47,7% de financiamiento del Estado y el 30%⁴, de las empresas, lo que es comparable al 33% del promedio que se destinaban en los países seleccionados en su momento respectivo.

⁴ Una proporción importante del financiamiento en Chile proviene de instituciones de educación superior (IES).

Figura 16. Evolución del porcentaje del gasto en I+D financiado por el Estado y por empresas según el nivel de gasto en I+D respecto al PIB para países OCDE seleccionados (Grecia, España, Turquía y Portugal)

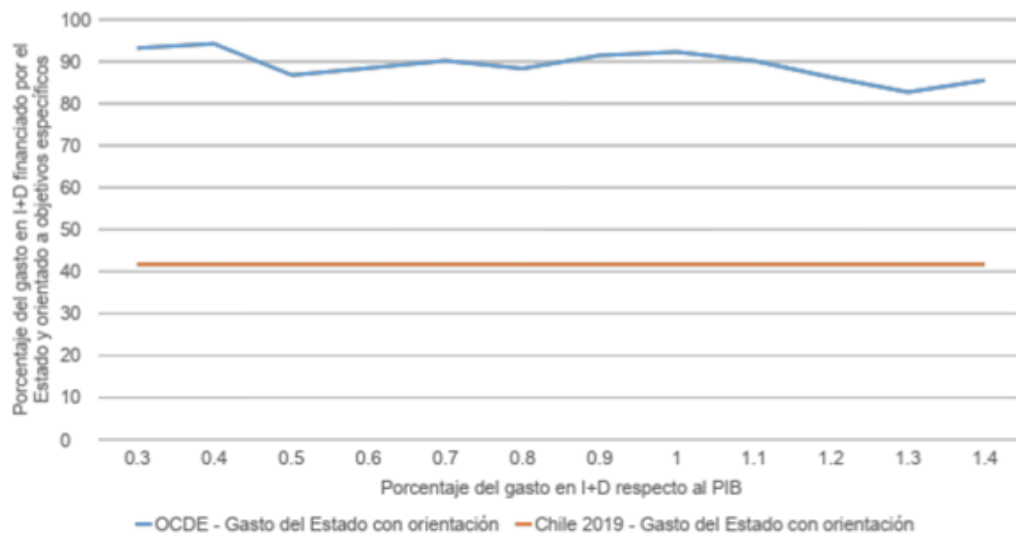


Fuente: Elaboración propia basada en los datos de la OCDE (2021) entre 1981 y 2019, previos al brote de Covid-19.

En relación con este indicador, entre los países de la OCDE, tanto Portugal como España eran de los miembros más rezagados en los niveles de inversión en I+D en la Unión Europea, tanto total como privada a inicios de los 2000. Existe consenso en que la inversión pública apalanca recursos privados, tanto por los riesgos que minimizan los subsidios a privados, como también por la naturaleza de los instrumentos. Por lo tanto, para alcanzar los niveles promedio de la región, estos países establecieron uno de los regímenes más generosos de incentivos tributarios alrededor del año 2008 para fomentar la inversión privada, iniciativas que mostraron efectos en el aumento de financiamiento para estos fines.

Por otro lado, en distintos países se han adoptado estrategias para dirigir el desarrollo en sectores del conocimiento y tecnologías específicas en los que se invierte para la I+D. En los mismos cuatro países del análisis anterior, si se aprecia la evolución del financiamiento estatal como porcentaje del PIB invertido, estos han destinado en promedio alrededor de un 90% del financiamiento público para la investigación en materias estratégicas o prioritarias para el país. Es más, cuando los niveles de inversión eran incipientes, el promedio del financiamiento orientado se situaba en torno al 95% y, con el aumento en el gasto, han tenido una leve tendencia a la baja. Como se puede apreciar en la Figura 17, Chile destina menos de la mitad de la inversión pública (dato del 2019 para el 0.35% del PIB) de lo que hicieron estos países de la OCDE siguiendo lineamientos estratégicos.

Figura 17. Evolución del porcentaje del gasto en I+D orientada y financiada por el Estado según el nivel de gasto en I+D respecto al PIB para países OCDE seleccionados (Grecia, España, Turquía y Portugal) y proyección de Chile sin cambios en esta área



Fuente: OCDE, 2021.

En resumen, los datos expuestos demuestran que los países que han logrado superar el porcentaje de inversión en I+D cercana al 1% lo han hecho con un fuerte financiamiento desde el Estado hacia proyectos con una orientación específica, lo hacen con un creciente componente privado y con iniciativas y esfuerzos que han sido sostenidos y que muestran cierta independencia de los ciclos socioeconómicos y políticos.

8. UNA PROPUESTA DE CRECIMIENTO PARA CHILE

8.1. La complejidad del ecosistema requiere de una combinación de políticas e instrumentos

La combinación de políticas, lo que en el mundo anglosajón se conoce como *policy mix*, podría entenderse como el conjunto diverso de acciones implementadas para llevar a cabo una política pública en un dominio específico. De esta forma, un enfoque de *policy mix* considera la composición, interacción y equilibrio relativo entre las acciones contempladas en la combinación de políticas.

El enfoque de combinación de acciones ha ganado popularidad entre las comunidades de políticas de ciencia, tecnología e innovación durante las últimas dos décadas, en un contexto de creciente complejidad en los desafíos para avanzar hacia el desarrollo. En particular, los desafíos sociales apremiantes también están impulsando a los gobiernos a repensar la formulación de políticas para alinear mejor la intervención pública en todos los dominios de políticas y aprovechar el potencial transformador de las innovaciones del sistema (Bórras & Edquist, 2013; Cunningham et al., 2013; OCDE, 2010).

En 2012, en el marco de la preparación para las Perspectivas de CTCL, la OCDE inició un mapeo a gran escala de la combinación de políticas de innovación en los países de la OCDE y las principales economías no pertenecientes a la OCDE. En 2015, la Comisión Europea y la OCDE unieron fuerzas como parte de los esfuerzos para desarrollar un enfoque coordinado para recopilar información en apoyo del análisis de políticas de innovación. De esta forma, la Encuesta internacional CE/OCDE sobre políticas de CTI (STIP) cubre más de 50 países que representan aproximadamente el 98% de la I+D mundial.

Uno de los hallazgos de este proceso de análisis es la dificultad que a menudo enfrentan los gobiernos para implementar un enfoque de combinación de políticas, tanto en su diseño y en su evaluación, principalmente debido a la inercia institucional de enfrentar desafíos complejos con instrumentos individuales y por una natural superposición de ciertas funciones entre distintas entidades gubernamentales, que perjudican a la eficiencia de estas.

El diseño e implementación de un Proyecto de Crecimiento del Sistema de CTCL plantea el desafío de superar la perspectiva de basar ese crecimiento exclusivamente en el fomento y promoción de proyectos de investigación. Ello implica que, para dar dinámica y direccionalidad al crecimiento del sistema, se requiere avanzar hacia una combinación de políticas que ofrezca una batería de instrumentos que considere, al menos, las categorías de:

- a) Financiamiento directo para la investigación y la innovación, incluyendo infraestructura y plataformas colaborativas.
- b) Financiamiento indirecto para promover la innovación y su adopción por parte de los actores del sistema.
- c) Servicios de asesoría y apoyo al desarrollo y transferencia de tecnología.
- d) Marco regulatorio.
- e) Institucionalidad, esquemas de gobernanza y gestión.

Asimismo, es relevante diseñar e implementar instrumentos para la evaluación de políticas públicas, que permitan visualizar los cambios estructurales, dinamismo, externalidades, entre otros derivados de la I+D, y la aplicación del enfoque que combina las políticas. Hasta ahora, las evaluaciones de los instrumentos de política se realizan en gran medida de forma aislada, ya que los conceptos de combinación de políticas e interacción se utilizan solo en un sentido normativo.

Como se indica en la batería de categorías de acciones, el crecimiento del sistema implica desafíos de gestión asociados a la administración de programas y proyectos, así como también a la articulación entre agentes sectoriales públicos y privados, imprescindible para la puesta en valor de los activos de conocimiento generados. Esta capacidad de gestión y articulación se vincula con los recursos humanos del Estado, en Chile en particular del MinCiencia, ANID y CORFO, entre otros. Por lo tanto, cualquier proyecto de crecimiento debe considerar necesariamente, el robustecimiento de las agencias o, incluso, la creación de nuevas agencias para hacerse cargo de una parte de eventuales nuevos mecanismos de inversión. Esta opción fue recientemente adoptada por el Reino Unido a través de su nueva agencia ARIA (Department for Business, Energy & Industrial Strategy, UK, 2021).

Un potencial análisis de los instrumentos de política pública actualmente disponibles en Chile, considerando la perspectiva de combinación de políticas, es la revisión de las 118 iniciativas contenidas en el Plan de Acción de la primera Política Nacional de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación, particularmente los que componen el eje de Fortalecimiento del Ecosistema. El resultado de este análisis muestra que los instrumentos de política en Chile están concentrados en iniciativas de financiamiento directo, particularmente en el financiamiento de proyectos para organizaciones de investigación (universidades e institutos de investigación), seguido por el financiamiento de proyectos de investigación, financiamiento de centros de excelencia, además de becas y créditos de pre y postgrado. Además, en relación con el financiamiento indirecto, únicamente disponemos de un instrumento de incentivo tributario a la inversión privada en I+D. En cuanto al marco regulatorio, este solo ha comenzado a explorarse en mayor profundidad con la creación de MinCiencia.

Por lo tanto, desde el Consejo Asesor Ministerial proponemos incorporar la visión de *policy mix* para el crecimiento del sistema CTCI, tomando en consideración nuestras brechas, naturaleza y capacidades, en tres ámbitos de acción, considerando, cuando corresponda, exclusivamente el gasto público, que en debiese gatillar un incremento de la inversión privada⁵.

⁵ Que no está considerada en este análisis, dada la complejidad de la modelación del gasto privado.

8.2. Ámbitos de Acción de un Proyecto de Crecimiento

8.2.1. Más y mejor I+D

Las actividades de investigación y desarrollo, y aquellas que involucran transferencia son parte de un mismo proceso, en el que las interacciones entre los distintos actores son clave para la generación de resultados relevantes orientados al desarrollo nacional. De hecho, existe una relación directa entre el desarrollo del país, su *stock* de conocimiento y los recursos económicos que el país destina a habilitar la actividad científica de forma permanente: la ciencia no ocurre en el vacío, requiere de personas que lideren iniciativas, personal de apoyo, infraestructura permanente y bienes de capital para ocurrir. Es por esto que su fortalecimiento es fundamental para el éxito del sistema.

Primero, es necesario incrementar los instrumentos de apoyo a la I+D con que contamos actualmente incluyendo el aumento y diversificación de la masa de investigadores que actualmente existen en Chile. Incrementar su número implica posiblemente duplicar la cantidad de investigadores que existen hoy para acercarse a métricas internacionales. También implica incorporar investigadores y personas con grados académicos avanzados en ámbitos distintos al de la investigación académica, incentivando su contratación en organismos públicos y en la industria.

Además, la existencia de un financiamiento estructural y continuo en el tiempo es crítico para instituciones donde se realiza investigación y desarrollo. Entre ellas, las universidades en Chile (y el mundo) juegan un rol preponderante albergando la actividad científica y, a su vez, articulando y generando masa crítica de investigadores, conocimiento e innovación. Actualmente en Chile, la estructura del financiamiento público transferido para estos fines genera inestabilidad y fragilidad en el sistema, al cubrir con fondos transitorios y competitivos las demandas permanentes de las actividades de I+D generadas en las instituciones de educación superior.

Finalmente, es necesario proveer un mejor soporte tecnológico a la actividad de I+D+i+e en nuestro país.

8.2.1.1. Instrumentos existentes

- Capital Humano

Como se ha mostrado en secciones anteriores, Chile tiene uno de los índices más bajos de investigadores *per cápita* de los países de la OCDE. Es imperativo dotar al país de un contingente mayor de capital humano avanzado, que alcance a llegar en un plazo de 10 años al menos a la media de este indicador. El crecimiento en capital humano avanzado debiera materializarse mediante un plan nacional de desarrollo de talentos como el entregado recientemente por el MinCiencia que combine la

formación en CTCI desde la temprana edad, junto a programas de pre y postgrado a nivel nacional e internacional y su despliegue laboral.

Como acciones de corto plazo se plantea transformar a Chile en un polo de formación, fortaleciendo los programas de postgrado en nuestras Instituciones de Educación Superior (IES), el programa de becas de postgrado nacionales y orientando el programa Becas Chile para alinearlos con los objetivos estratégicos asociados al crecimiento del Sistema. Asimismo, es clave diseñar mecanismos para aumentar la formación y participación de becarios en las áreas de ingeniería, tecnología y afines, que hoy representan una fracción minoritaria de las becas, en comparación con otras áreas del conocimiento.

Asociado al crecimiento de la cantidad de investigadores/as en el país, se presenta el desafío de la inserción de estos profesionales en el medio laboral. La experiencia indica que el sistema universitario no será capaz de ofrecer las plazas académicas suficientes para absorber este contingente. Por lo tanto, son necesarios nuevos instrumentos que propendan a la inserción de investigadores/as en:

- Centros de investigación
- Institutos Tecnológicos Públicos
- Organismos y Empresas Públicas
- Empresas Privadas

En particular, la inserción de doctores en organismos públicos es sin duda beneficiosa, pues fomentará la demanda e incorporación, por parte del Estado, de conocimiento avanzado aplicado a la solución de desafíos sectoriales, lo cual tendrá un impacto directo en la gestión de los recursos públicos. Solo a título de ejemplo, Inglaterra cuenta en su gobierno central con cerca de 20 mil ingenieros/as e investigadores/as en ciencia que asesoran en materias estratégicas de CTCI al Estado.

- Proyectos de I+D+i

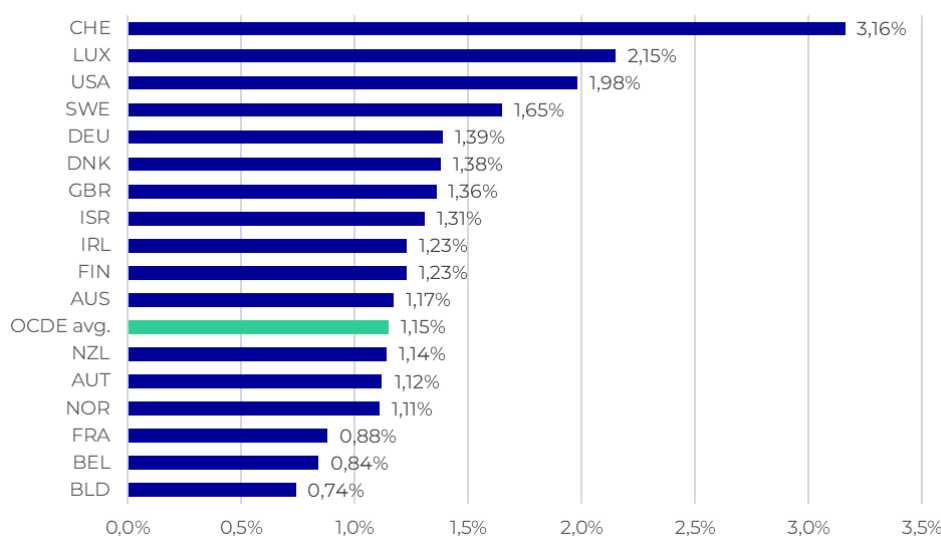
A medida que el Sistema va creciendo y sofisticándose se hace necesario un incremento también de los instrumentos existentes y que han demostrado tener impactos positivos en el ecosistema nacional de CTCI.

Se estima que existen entre un 10% y 15% de las postulaciones que son de excelente calidad y que no son financiadas (por ejemplo: Proyectos Fondecyt, Fondef, anillos de ANID, Crea y valida, y Voucher de innovación de CORFO, entre otros) por las restricciones presupuestarias existentes. Lo que da una señal de cuanto el Sistema y su financiamiento puede crecer hoy a partir de instrumentos existentes.

Propuesta/meta/inversión requerida

Un buen indicador en cuanto al nivel de progreso en conocimiento sería el número de doctores respecto a la población del país. Por ejemplo, a nivel de la OCDE llegamos al 1% de su población comparado a un 2,15% de ésta en EE.UU., como se aprecia en la Figura 18. Mientras que Chile sólo cuenta con el 0.09% de su población con este grado académico.

Figura 18. Porcentaje de personas de 25 a 64 años de edad con grado de PhD en el año 2018



Fuente: Gráfico de la OCDE publicado en "America Is Pumping Out Too Many Ph.Ds"
<https://www.bloomberg.com/opinion/articles/2021-01-04/america-is-pumping-out-too-many-ph-d-s>

En términos de la inversión pública, para el ámbito de expansión de instrumentos existentes (capital humano⁶ y proyectos de I+D+i⁷) se estima un presupuesto adicional de alrededor de 102.777 millones de pesos (US\$135 millones aproximadamente) para el período 2023-2030 considerando un crecimiento anual de 2,17% del conjunto. Para el período 2030-2040 se estiman \$91.751 millones de pesos (US\$121 millones, aproximadamente) lo que implica un crecimiento anual de 1,32% promedio en los mismos instrumentos.

⁶ Capital humano considera instrumentos tales como Explora, Becas de postgrados, Diplomados CTCI, Inserción de investigadores en los cuatro sectores mencionados, Fortalecimiento de doctorados nacionales.

⁷ Proyectos de I+D+i considera instrumentos y/o programas de ANID, Innova, FIA, FIC-R e iniciativas de otros ministerios, tales como Defensa, SUBTEL, entre otros.

8.2.1.2. Financiamiento a las Universidades

La desalineación entre los objetivos de largo plazo para la investigación científica y la estructura de financiamiento de corto plazo es uno de los principales frenos para el desarrollo de la ciencia en el país: sin universidades con capacidades habilitantes para la CTCl, capacidades que sean transversales y estables en el tiempo, no será posible el avance de la ciencia y la tecnología hasta un nivel donde el conocimiento apoye y desarrolle la innovación y la agregación de valor.

Por otro lado, en el fomento de la investigación, los mecanismos competitivos implementados para asignar una proporción mayoritaria de los recursos públicos disponibles tienen un efecto en la generación de las brechas que actualmente existen en el ecosistema de CTCl, al privilegiar a los grupos de investigadores con mayor trayectoria, a los centros y universidades más grandes (que además han generado una especialización interna para la postulación efectiva a concursos) y de las regiones con mayor desarrollo de sus sistemas regionales de CTCl.

Por lo tanto, el rol del Estado en el fomento y generación de conocimiento, como un bien público, se ve limitado con la estructura actual de financiamiento por concursos. De esta forma, se hace necesario pensar en mecanismos complementarios de financiamiento que permitan:

- Implementar capacidades de base y permanentes para generar conocimiento, que habiliten el desarrollo científico en las instituciones donde este ocurre. Ejemplos de esto son: laboratorios, bioterios, capacidad de cómputo, personal de administración y apoyo a la investigación e investigadores, entre otros;
- Generar capacidades habilitantes que permitan avanzar en la autosustentabilidad de la actividad científica, por periodos superiores a los proyectos de investigación. En la actualidad, la investigación básica, clínica y aplicada se financia casi exclusivamente a través de concursos competitivos de proyectos de investigación con fechas de expiración. Esto genera pérdidas de eficiencias considerables en la adquisición de infraestructura, equipos y materiales, inestabilidad laboral para el personal de apoyo y se constituye en una barrera para asumir mayor riesgo en la investigación y al crecimiento del Sistema.

Propuesta/meta/inversión requerida

A partir de las necesidades particulares de nuestro Sistema de CTCl y del rol protagónico que juegan las universidades en su desarrollo, proponemos un modelo mixto de financiamiento público a la I+D que promueva el equilibrio entre los elementos competitivos del Sistema actual y el financiamiento institucional que fomente el desarrollo de capacidades de base necesarias para investigar.

Específicamente proponemos nuevos instrumentos que cubran los siguientes ámbitos:

- Que financien las capacidades habilitantes necesarias para la I+D, mediante fondos directamente transferidos a instituciones que investigan y con relativa libertad para hacer uso de ellos. Estos pueden combinar fondos de libre disposición (*block grants*) y otros con una destinación general previa establecida por el Estado. Estos recursos deben ser entregados a las universidades para costear la infraestructura, personal de apoyo y técnico, costos de publicación, equipamiento y otros gastos que se utilizan para hacer I+D.
- Que promuevan el desarrollo de una trayectoria de investigación basada en una evaluación *ex post* de la investigación para la asignación competitiva de recursos a instituciones. Estos deberían estar enfocados en capacidades orientadas a las necesidades del país y proveer flexibilidad para financiar también actividades relacionadas con la formación local de capital humano avanzado y todos sus gastos adicionales (seguros, reactivos, libros, etc.).

En términos de la inversión pública en este ámbito, se estima un presupuesto adicional de alrededor de 90.652 millones de pesos (US\$119 millones aproximadamente) para el período 2023-2030 considerando un crecimiento anual de 10,84% promedio en instrumentos y/o programas tales como: Convenios de Desempeño institucionales en CTCl para universidades, Convenios de Desempeño para fortalecimiento de postgrados en regiones. Para el período 2030-2040 se estiman \$18.283 millones (US\$24 millones aproximadamente) adicionales, lo que implica un crecimiento anual de 1,32% en los mismos instrumentos.

8.2.1.3. Instrumento de apoyo a la operación de Servicios para Infraestructura Científico-Tecnológica (SICT)

Junto con el desarrollo de profesionales capacitados, la generación de conocimiento y transferencia de tecnologías requiere la disposición de infraestructura habilitante de diversa índole. En términos de los niveles de madurez tecnológica, el país requiere laboratorios y sitios o plantas de pilotaje para el desarrollo de tecnologías, escalables según los proyectos, asociadas a los objetivos estratégicos de innovación. La infraestructura para I+D+i+e requiere a su vez personal técnico especializado, que debe estar disponible y contar con modelos de vinculación adecuados para el trabajo colaborativo. La infraestructura podría estar localizada en Universidades, Centros de Investigación, ITPs u Organizaciones Estatales Sectoriales, pero de una forma u otra su establecimiento debe ir acompañado de modelos de gobernanza y vinculación específicos, a través de articulación de ecosistemas locales, redes de colaboración, que favorezcan, y no entorpezcan, la innovación y el desarrollo de emprendimientos basados en conocimiento.

La magnitud de la inversión que se necesita para construir infraestructura para la investigación científica de alto nivel es elevada para un país como Chile. El costo del telescopio Extreme Large Telescope (ELT), por ejemplo, equivale al triple del presupuesto total anual de la ANID. A pesar de esto, nuestro país ha logrado ser partícipe, tanto del uso, como del desarrollo de instrumentación de punta en astronomía en los últimos 60 años. Esto ha incrementado significativamente la cantidad de científicos nacionales en el área, ha logrado la llegada de una inversión extranjera del orden de los 4.500 millones de dólares en los últimos proyectos en ejecución, y concentrará, en la década que viene, cerca del 70% de la capacidad astronómica óptica e infrarroja terrestre mundial.

Lo anterior, ha sido posible gracias a las condiciones geográficas del norte de nuestro país, que permiten la existencia de unos de los cielos más limpios del planeta, entregando condiciones inmejorables para la instalación de los grandes observatorios, es decir, aprovechando las características de un Laboratorio Natural para la Astronomía. Ya sea mediante la utilización de otros espacios geográficos que pueden ser calificados como Laboratorios Naturales o a través de la captura de oportunidades que nos brindan nuestras capacidades instaladas, Chile puede ofrecer SICT que habiliten la generación de ciencia de alto nivel, permitiendo y facilitando la instalación de infraestructura tecnológica a gran escala, funcionando como un administrador y/o haciéndose cargo de la mantención, reparación, testeo e implementación de instrumentación científica.

Así, los SICT surgen como una gran oportunidad para la generación de externalidades positivas o *spillovers* para abordar desafíos como la Revolución Tecnológica o el Cambio Climático.

Ahora bien, para lograr lo anterior, es clave captar el interés de la inversión nacional e internacional. En este sentido es fundamental la sinergia entre estas singularidades con la generación de ciencia a nivel global y el desarrollo tecnológico y productivo, todo lo anterior asociado al bienestar social.

Proponemos la creación de un instrumento público que entregue el financiamiento para la operación de SICT, impulsando así la generación y mantención de infraestructuras tecnológicas a gran escala. De esta manera, se pondrán en marcha estrategias de colaboración que beneficien no sólo al proyecto científico en sí, sino que también a la comunidad científica nacional y a la generación de recursos humanos especializados. Además, será un factor habilitante y un incentivo para la industria y el sector productivo que podrán utilizar estas capacidades en beneficio de la competitividad de sus respectivos sectores.

Los proyectos de infraestructura tecnológica, basados en el concepto de *large facilities* acuñado por la *National Science Foundation* (NSF) y el *Department of Business Innovations and Skills* de Reino Unido, se definen como infraestructuras de investigación que cuentan con cuatro subsistemas: (1) institucionalidad, (2) adquisición de datos, (3) actividades data-céntricas y (4) un mecanismo catalizador de externalidades⁸. Para estos proyectos, es prioritario contar con una administración permanente, así como también un equipamiento y servicios adecuados para llevar a cabo las labores de investigación y mantener su funcionamiento en el tiempo (ver Anexo 1). El instrumento propuesto abordará los subsistemas (1) y (2).

En la actualidad, los SICT que tienen relación con ANID, como los centros del Programa de Investigación Asociativa (PIA) y el Parque Astronómico de Atacama, cumplen con labores asociadas a los subsistemas (1) y (2), incluyendo operaciones asociadas a la alta capacidad computacional, la biología (biotérios), microscopía o la astronomía. Estos servicios tienen el objetivo de facilitar la llegada de equipos de investigación de alto costo, así como las necesidades de acceso de investigadores y científicos de la comunidad científica nacional a estos instrumentos.

Sin embargo, es necesario que la definición de la o las áreas donde los SICT se van a desarrollar, contemple no sólo la estrategia del gobierno. Los SICT pueden funcionar por décadas, como debería ser el caso del Parque Astronómico, por lo que deberían considerarse también los intereses de la ciudadanía, las comunidades locales, la comunidad científica y al sector productivo, entre otros actores que forman parte del Sistema Nacional de CTCI. Esta articulación, además, es esencial para la selección de los desafíos que se quieren abordar como país, y que deberían contemplar por lo menos los siguientes criterios (definidos por el Consejo Nacional de Innovación para el Desarrollo, CNID):

⁸ Se puede observar mayor detalle de los subsistemas en el Anexo 1.

- Responder a una condición singular de Chile.
- Orientarse por propósitos que respondan a problemas o necesidades relevantes para la población o grandes oportunidades de desarrollo económico y social.
- Contar con potencial para generar valor para el mundo.
- Tener una justificación poderosa de la necesidad de intervención especial del sector público.
- Contribuir positivamente a la sustentabilidad ambiental y a la cohesión social, y que dicha contribución sea claramente evaluable.

De esta manera, los SICT profundizan la participación de Chile en el escenario internacional, al abrir el abanico de sectores y actores que pueden contribuir y beneficiarse del desarrollo científico-tecnológico.

Propuesta/meta/inversión requerida

Dado el carácter novedoso de esta sección, además de estimar la inversión requerida, profundizaremos en la descripción de su naturaleza.

Para mantener el funcionamiento de los SICT actuales y permitir la aparición de otros se propone la creación de un instrumento para el financiamiento de las operaciones de los SICT. Esto implica que el financiamiento no está pensado en apoyar directamente a la investigación científica, sino que, enfocado en mantener el funcionamiento de la gerencia o administración de los SICT, incluyendo asimismo sus instalaciones básicas. En materia de las infraestructuras tecnológicas a gran escala, permitirá de esta forma el financiamiento de los subsistemas (1) y (2), correspondientes a Institucionalidad y Adquisición de Datos, respectivamente.

Para lograr ese objetivo, el instrumento deberá contar con las siguientes características:

- El financiamiento servirá para mantener el funcionamiento administrativo de un SICT, facilitando el cumplimiento de sus funciones de ciencia e innovación. Por lo mismo, estará destinado a gastos de administración, como RRHH e infraestructura básica.
- Los SICT podrán además postular o buscar financiamiento en el extranjero o en el país, para infraestructura o para proyectos que faciliten la generación de ciencia, por sí mismos o en colaboración con otras instituciones públicas o privadas, nacionales o internacionales.
- Los SICT podrán postular a otros instrumentos de financiamiento ANID, por sí mismos o en colaboración con otras instituciones.

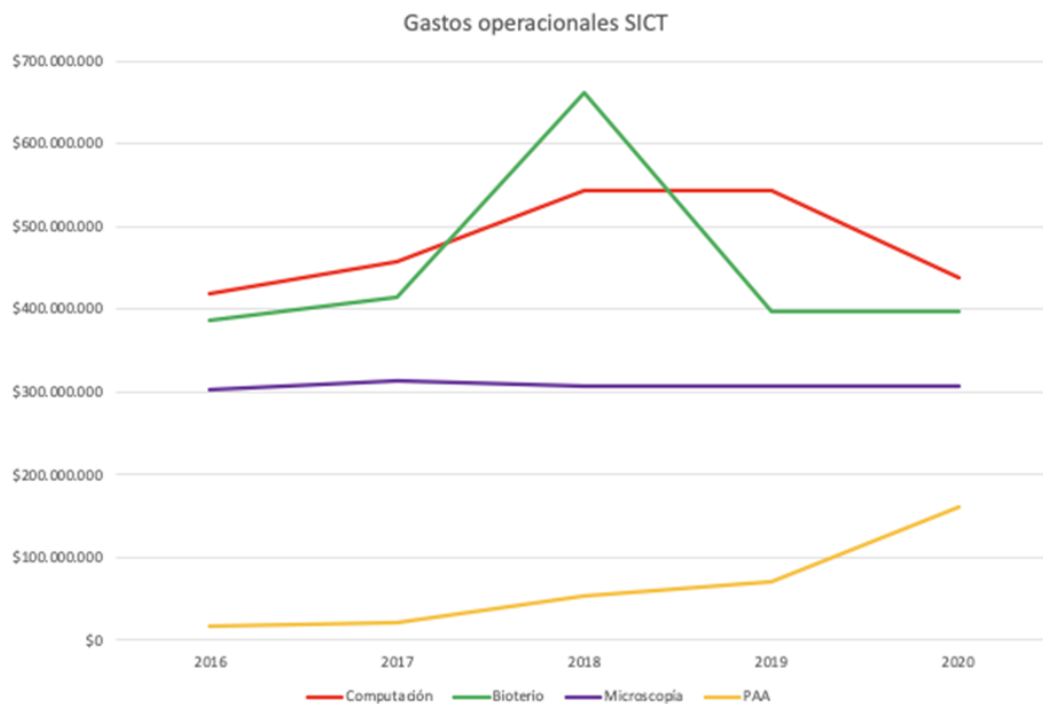
- Se realizarán evaluaciones de desempeño por ciclos, cuyos resultados tendrán carácter vinculante, al menos, respecto de la gerencia u órgano de administración equivalente.
- El financiamiento puede ser entregado vía licitación, de acuerdo con los lineamientos del MinCiencia. Sin embargo, y tal como es planteado en la sección anterior, el MinCiencia tiene la potestad de considerar la participación ciudadana en la selección de los lineamientos, dando legitimidad al proceso y justificando una entrega directa de recursos si así fuese pertinente.

Recuadro: Algunos SICT que podrían operar bajo este instrumento

Podemos listar, a título de ejemplo, al menos cuatro centros que podrían ser beneficiados con el instrumento propuesto: Parque Astronómico Atacama (PAA), Centro de Servicios de Computación de Alto Rendimiento, Bioterio y Centro de Microscopía Avanzada. A modo de ejemplo, la Figura 19 muestra los gastos anuales operacionales de cada uno. A estos centros mencionados, se pueden sumar otros como nuestros buques de investigación el nuevo Centro Antártico Internacional (CAI) o el proyecto Observatorio del Cambio Climático (OCC), el cual está siendo desarrollado por MinCiencia.

Este último, tiene por finalidad crear una red integrada de observación y monitoreo de nuestros territorios y océanos a una escala sin precedentes, que proveerá capacidades para disponibilizar datos que sirvan como evidencia para decisiones de adaptación y mitigación, y como motor de innovación abierta. Esto, construyendo sobre la base de una inversión pública ya realizada y aprovechándola para impactar positivamente en el avance de la ciencia y la economía local, al mismo tiempo que acoge una recomendación relevada por la comunidad científica, tanto nacional como internacional. Así, tal como los observatorios astronómicos están aprovechando el norte de Chile para la observación del universo y contribuyen a nuestro protagonismo en la astronomía global, el OCC brindará infraestructura tecnológica para la comprensión del Cambio Climático en las zonas sur y antártica, y contribuirá al liderazgo internacional en esta materia. Tomando en cuenta los gastos operacionales de los centros del PIA, el PAA y una proyección para el comienzo de las operaciones del OCC (basada en el caso del PAA).

Figura 19. Gastos operacionales de los Servicios para Infraestructura Científico-Tecnológica



Fuente: Elaboración propia.

Nota: Cabe destacar que el peak en 2018 del Bioterio se debe a la renovación de equipo, lo cual no estaría financiado por este instrumento. En el caso del PAA, este ha entrado recientemente en funcionamiento, y no cuenta con instrumentación. Se estiman para el PAA gastos anuales de administración cerca de los 200 M CLP desde 2021.

- Sobre la gobernanza o relación con el Estado actual de los SICT

Las gobernanzas de los centros propuestos tienen similitudes y diferencias. Tanto los centros del PIA (Servicios de Computación de Alto Rendimiento, Bioterio y Centro de Microscopía Avanzada), como el PAA, cuentan con un Directorio o Comité Científico Estratégico, el cual asesora técnica, científica y estratégicamente, definiendo políticas de desarrollo y apoyo científico y monitoreando el cumplimiento de los objetivos y logros propuestos. También cuentan con un Gerente o Director Ejecutivo, nombrado por el Directorio y apoyado por un equipo de profesionales o Unidad de Gestión, encargados de administrar y operar el equipamiento mediante el modelo de uso y prestación de servicios. Por otra parte, los centros de PIA están todos asociados a instituciones de investigación, mientras que el PAA es una fundación sin fines de lucro.

Dada esta diversidad, es necesario que el instrumento propuesto cuente con una gobernanza que permita cierto nivel de flexibilidad. Por ello, proponemos la creación de un Comité de SICT, presidido por ANID y con representación de cada SICT, el cual tendrá como objetivos:

- Permitir la entrega de lineamientos y estrategias a nivel de Estado.
- Ser un espacio en el cual se comparten buenas prácticas en la gestión de los SICT.
- Ser un espacio para fortalecer la sinergia entre los SICT y otros actores del ecosistema, por ejemplo, el sector productivo.

Es pertinente destacar que los mecanismos en detalle para la creación de los SICT y sus gobernanzas específicas no están contenidos en el presente documento y deberán ser profundizadas en instancias posteriores.

Respecto de la evaluación y ciclo de vida de los SICT, es importante destacar que, en la actualidad, los centros PIA tienen un ciclo de vida de 10 años. En una primera etapa se encuentra la adjudicación del proyecto y posterior adquisición de capacidades tecnológicas para poder llevar a cabo sus objetivos; luego, estos servicios mantienen sus operaciones, poniendo a disposición sus funciones en beneficio de la comunidad científica y el país. Fueron evaluados a los cinco años de operación para continuar con su funcionamiento, siendo las evaluaciones de las gerencias anuales. Proponemos un ciclo similar para los SICT, donde cada uno será evaluado directamente por ANID (y no por el Comité de SICT), de acuerdo con el cumplimiento de metas o tareas.

En términos de la inversión pública en este ámbito, se estima un presupuesto adicional de alrededor de 29.796 millones de pesos (US\$39 millones aproximadamente) para el período 2023-2030 considerando un crecimiento anual de 5,53% en instrumentos y/o programas tales como Convenios de Desempeño institucionales en CTCl para Institutos Tecnológicos y de Investigación Públicos, y Convenios de financiamiento para el funcionamiento de los SICT. Para el período 2030-2040 se estiman \$4.665 millones (US\$6 millones aproximadamente) adicionales, lo que implica un crecimiento anual de 1,32% en los mismos instrumentos.

8.2.2. Acciones para una economía del conocimiento

El llamado ecosistema de transferencia y emprendimiento tecnológico se refiere al conjunto de capacidades y conexiones del SNCT que favorecen la innovación (creación de valor) a partir de la creación, adquisición, absorción e integración de conocimiento y desarrollos tecnológicos, como proceso clave para mejorar las perspectivas de crecimiento sostenible del país. La literatura internacional sobre transferencia tecnológica reconoce dos expresiones principales para el proceso de transferencia y absorción tecnológica: la primera de ellas es física, en la forma de componentes o dispositivos que procuran mejorar el desempeño y atributos de productos, procesos, equipos, instrumentos y técnicas. La segunda es cognitiva, correspondiente a *know-how* o protocolos de información y/u operación, aplicables a la administración, producción y comercialización de soluciones tecnológicas y en general de trabajos calificados (Kumar, Kumar & Persaud, 1999).

Los llamados *ecosistemas de innovación y emprendimiento* (en particular aquellos de base científica y tecnológica) suelen tener al menos las siguientes categorías de actores:

- **Emprendedores:** crean procesos o sistemas, poniendo en valor nuevas soluciones para resolver problemas diversos de la sociedad.
- **Universidades:** crean conocimiento y desarrollan tecnología, y forman a personas que cumplirán funciones de innovación y emprendimiento
- **Institutos Tecnológicos Públicos (ITP):** espacio dedicado a la ciencia orientada, con énfasis en ciencia aplicada, tecnología e innovación y transferencia tecnológica.
- **Capital de riesgo:** aporta financiamiento para desarrollar, consolidar y escalar soluciones por la vía de emprendimiento
- **Gobierno:** establece marco regulatorio, incentivos, y políticas públicas que pueden requerir de nuevas soluciones, sistemas o procesos para su implementación. Provee servicios públicos.
- **Industria:** provee servicios o bienes para satisfacer necesidades de la sociedad. Adopta nuevas tecnologías para mejorar o incorporar nuevos servicios a su modelo de negocio.

Para que se generen vinculaciones virtuosas entre los actores de estos ecosistemas, se requiere apoyo que en muchos casos surge de políticas públicas. Por ejemplo, el camino desde una invención (basada en investigación científica) hasta una innovación requiere que esa invención pueda ser utilizada exitosamente para resolver una necesidad social de algún tipo. Adicionalmente, se requiere algún actor que traduzca la invención en un proceso o tecnología de aplicación masiva, adoptable de manera sencilla por individuos, empresas, u organizaciones. En otros casos, son los actores de la industria quienes motivan la innovación a partir de los llamados procesos

de *innovación abierta*. Muchas veces este proceso no es sencillo, está sometido a grandes dosis de incertidumbre, y requiere de personas con competencias específicas distintas a aquellas típicamente asociadas a científicos e investigadores.

En esa línea, aparece entonces una nueva categoría de actor en el ecosistema, que corresponde a lo que la literatura ha denominado *agentes intermediarios* (Baxter & Tyler, 2007). Este tipo de instituciones cumplen la función de mediar entre los actores tradicionales sectoriales, facilitando la permeabilidad de las fronteras entre los ámbitos financiero, de conocimiento, político y regional. Las encarnaciones más recientes de agentes intermediarios dan un rol significativo a las universidades como agentes activos del desarrollo regional (hecho que potencia la llamada *tercera misión* de las universidades), pero al mismo tiempo muestran variabilidad en cuanto a su composición específica, modelo de financiamiento, grado de autonomía, variedad de servicios ofrecidos, etc.

Propuesta/meta/inversión requerida

La experiencia de la última década en Chile (Programa 2030 de CORFO) muestra beneficios derivados de la inversión pública en el apoyo a procesos de transferencia. Los mecanismos de transferencia son múltiples, muchas veces multidimensionales, y no exentos de incertidumbre. Sin embargo, identificamos los siguientes instrumentos ya existente que deben fortalecerse para alcanzar el impacto deseado:

- Apoyo a emprendimientos en etapa temprana (CORFO-viaje del emprendedor). MinCiencia a través de su programa Startup Ciencia postula a catalizar que el conocimiento nuevo pueda a través de Empresas de Base Científico Tecnológicas (EBCT) desarrollar productos o procesos innovadores que impacten en el bienestar de las personas. Vemos aquí una oportunidad única para potenciar y desarrollar un ecosistema dinámico y de aprendizajes comunes conectado con la sociedad.
- Financiamiento de incubadoras y aceleradoras universitarias (y programas como Ciencia 2030, Ingeniería 2030, INES; OTLs, HUBs): por su vinculación temprana con talento y tecnología, estas instituciones tienen el potencial de masificar la generación de soluciones innovadoras, ayudando a madurar iniciativas que posteriormente se integren al sistema ecosistema de innovación y emprendimiento, en mejores condiciones para obtener financiamiento y escalar a nivel nacional e internacional. Estas instituciones pueden ser el germen de organizaciones más amplias, que cumplan de manera efectiva el rol *intermediario* que se ha mencionado como relevante en el contexto de procesos de transferencia de tecnologías.

Además, visualizamos nuevas acciones que deben impulsarse tanto con financiamiento directo como indirecto, y con nuevas medidas regulatorias y de coordinación. Primero, aunque hoy existen una serie de instancias de vinculación entre academia, el sector privado y el sector público es necesario crear nuevas instancias formales para estimular este encuentro.

En términos regulatorios, sugerimos revisar normas y reglamentos para la participación de personas e infraestructura pública y privada en el desarrollo conjunto de tecnologías y en el proceso de innovación, aprovechando la infraestructura pública para el pilotaje de tecnologías y desarrollo de soluciones.

Además, hoy tenemos la excelente oportunidad de tramitar el proyecto de Ley de I+D, que ya se encuentra ingresado para su discusión en el Congreso. La nueva Ley I+D se posiciona como una herramienta con gran potencial para promover la investigación y el desarrollo y su tramitación debe tener como objetivo diseñar el mejor incentivo para promover la investigación, la innovación, y la inversión de nuestro sector productivo, contribuyendo así a una economía del conocimiento y a un crecimiento sostenible. Entre los mecanismos propuestos en el proyecto de ley se incluye un incremento en el tope de gasto para recibir incentivos tributarios, se simplifica la burocracia requerida para postular al incentivo, se elimina la incertidumbre tributaria y se amplía la vigencia del incentivo al año 2030. Está abierta la posibilidad para que, a propósito del crecimiento del sistema CTCI, estos mecanismos sean revisados y/o se incorporen nuevos incentivos que favorezcan un mayor involucramiento de empresas y sobre todo de nuevos emprendimientos para contribuir a diversificar la matriz productiva del país y a generar iniciativas que respondan a nuestros grandes desafíos y oportunidades.

Esta iniciativa es un buen ejemplo de colaboración entre entidades públicas, por ejemplo entre el Ministerio de Economía, la Corfo y el MinCiencia, las que podrán ampliarse en el marco del presente objetivo. Algunas de ellas se describen en los párrafos siguientes.

Por un lado, tenemos la oportunidad de impulsar la nueva Ley que Fomenta la Industria del Capital de Riesgo y materializar sus objetivos que fortalecen el financiamiento de etapas intermedias de desarrollo de emprendimientos mediante una colaboración público-privada superando la limitación de los instrumentos actuales que financian principalmente las etapas tempranas.

Esta acción debe ser coherente con un sistema que cuente con mayores facilidades de préstamos y créditos para la I+D en empresas de tal forma que estas contribuyan a mejorar su productividad y competitividad.

Junto con estas iniciativas, es prioritario tramitar una Ley de Transferencia Tecnológica que entregue certezas regulatorias y condiciones atractivas para el desarrollo de tecnología y aplicaciones hechas en Chile, para la apertura de mercados y para vincular el quehacer en nuestro país con el sistema internacional.

Asimismo, recomendamos una asociación formal entre la inversión y la I+D, tanto en compras y licitaciones públicas tecnológicas como en inversión extranjera, especialmente cuando se diseñan subsidios públicos para su atracción. El Sistema Nacional Satelital es un buen ejemplo de cómo una compra pública se puede enriquecer con compromisos de infraestructura habilitante e iniciativas de I+D+i+e. Por su parte, el potencial despegue del hidrógeno verde en nuestro país representa una excelente oportunidad para acoplar ese desarrollo productivo a I+D, innovación y transferencia hacia y desde nuestro ecosistema.

En términos de la inversión pública en este ámbito, se estima un presupuesto adicional de alrededor de 53.764 millones de pesos (US\$71 millones aproximadamente) para el período 2023-2030 considerando un crecimiento anual de 9,21% en instrumentos y/o programas tales como Start-Up Ciencia, Fondos de Escalamiento para EBCTs. Ingeniería y Ciencia 2030, Innovación en Educación Superior (INES), OTL y HUBs de Transferencia Tecnológica, Fondos de capital de riesgo para EBCT. Para el período 2030-2040 se estiman \$12.045 millones adicionales (US\$16 millones aproximadamente) adicionales, lo que implica un crecimiento anual de 1,32% en los mismos instrumentos.

No se consideran en este análisis los gastos en que incurre el Estado por concepto de aporte indirecto asociado a la Ley de I+D.

8.2.3. Desafíos, oportunidades y orientación estratégica

La discusión internacional, da cuenta hoy que sin una planificación estratégica de mediano y largo plazo para la CTCI los países como Chile difícilmente podrán salir del subdesarrollo. En el país, carecemos de programas de formación y de infraestructura habilitante para la innovación que tengan la suficiente proyección que nos permita transitar desde una órbita local y de corto plazo, hacia una de largo plazo y bien orientada a nivel internacional.

De hecho, de acuerdo con la comparación internacional, revisada en secciones anteriores, Chile debería orientar estratégicamente una proporción de la inversión hacia ámbitos que sean óptimos para el desarrollo del país, considerando una masa crítica de investigadores de excelencia, potencial competitividad internacional, condiciones naturales favorables, pero también los principales problemas que hoy entorpecen su desarrollo. En estas definiciones estratégicas cabe un rol determinante del Estado, el que debe crear los incentivos y asignar los recursos correspondientes para atraer y dinamizar la participación del sector privado y la incorporación de lineamientos clave para el cumplimiento de objetivos. Al mismo tiempo, requiere de una colaboración público-privada de largo plazo, que sobreviva a los vaivenes de los ciclos políticos.

En este sentido, es necesario buscar ejemplos de cómo los países desarrollados están tomando los desafíos de gran escala para plantear sus futuros desarrollos y es relevante establecer mecanismos basados en metodologías legitimadas de anticipación y priorización para definir cómo se debe orientar parte del gasto público y cómo se deben establecer los incentivos adecuados para el sector privado.

8.2.3.1. Consideraciones metodológicas

Si bien programas basados en orientación estratégica pueden ser muy efectivos como instrumentos para canalizar el crecimiento en CTCI, dejan abiertas las preguntas de cómo determinar las áreas en las cuales se focalizará la inversión adicional. Es natural que existan más posibilidades atractivas de inversión que la cantidad de fondos disponibles. Experiencias internacionales interesantes para priorizar la inversión incluyen, entre otras, los ODS y la orientación en base a misiones, mientras que en Chile las capacidades para anticipar y orientar la CTCI provienen principalmente del Consejo Asesor Presidencial y, más recientemente, del MinCiencia. A continuación, presentamos información sobre ellas.

a) Orientación con base en los ODS

Una interesante articulación, que lleva un consenso internacional, es la orientación de recursos hacia los ODS planteados por la ONU el año 2015, a través de una agenda

internacional al 2030 que busca disminuir brechas que nos impiden constituirnos en una sociedad sustentable (ver Sección 5 anterior). Resulta natural, que en la elaboración de una propuesta de Plan de Crecimiento en CTCI para Chile se tome en cuenta aquellos ODS donde el país posee ciertas ventajas comparativas, capacidades instaladas, y para cuyos ODS el aporte de la CTCI esté claramente establecido.

A la CTCI en Chile le corresponde un rol fundamental para el avance de cada uno de los 17 ODS descritos, tanto liderando la generación de nuevo conocimiento, como fomentando la innovación, o creando soluciones para el bienestar a través de una activa agenda pro crecimiento la cual impactará en el desarrollo de las personas.

b) Orientación con base en Misiones

Otro caso que merece especial atención es el modelo de crecimiento a través de misiones orientadas por objetivos estratégicos⁹. Cabe aquí destacar el rol del Estado en financiamiento inicial, exploratorio y de riesgo, donde el gran modelo histórico para estas misiones es el DARPA, a través de lo cual se han logrado desarrollar grandes innovaciones como lo fueron ARPANET, Telescopio Hubble, en parte GPS¹⁰.

¿En qué consisten?

La ciencia orientada por misión plantea desafíos de Gran Escala (*Grand Challenges*): problemas de gran escala, a mediano y largo plazo, complejos y atrevidos en su alcance, los cuales se pueden descomponer en sub-misiones intersectoriales, multiescala, que requieren la interacción multidisciplinaria y que viabilizan su ejecución temporal articulando amplios sectores de la Sociedad.

Las misiones tienen objetivos claros que deben poder ser alcanzados mediante proyectos e intervenciones de política pública en mediano y largo plazo involucrando a las Instituciones generadoras de conocimiento, y como también al sector privado innovador (ver Anexo 2. Instrumentos de política para políticas de innovación orientadas por misión), donde se busca especialmente que las soluciones nazcan a través de la innovación generada por este sector. Se definen mediante una combinación de decisiones *top-down*, desde los gobiernos, y procesos participativos para generar soluciones *bottom-up*, que nazcan de los distintos actores del ecosistema.

⁹ Ver de ejemplo Mazzucato, M. (2018). Mission-oriented research & innovation in the European Union: a problem solving approach to fuel innovation led growth. Publications Office.

¹⁰ Ver Defense Advanced Research Projects Agency. (s.f.). *DARPA Sixty Years*. Obtenido de <https://www.darpa.mil/Timeline/index>

¿Cómo se diferencian de otros modelos de priorización estratégica?

- Las misiones se focalizan en problemas u oportunidades, no en sectores, tecnologías, o compañías.
- Las misiones buscan orientar el esfuerzo público y privado hacia objetivos que requieren empuje y coordinación multisectorial.
- A través de distintos mecanismos e iniciativas públicas, *inclina* la cancha para que los esfuerzos se orienten en una dirección, alineando los intereses e incentivos de todos los actores para alcanzar metas que son deseables para la sociedad.
- Potencial de crear mercados.

Un framework para establecer Misiones

Las siguientes preguntas metodológicas son necesarias para establecer el marco referencial de trabajo:

- ¿Dónde estamos? (pasado y presente)
- ¿Dónde queremos llegar? ¿Qué deseamos lograr? (objetivos y metas de largo plazo)
- ¿Cómo llegaremos allí? (corto, mediano, largo plazo)

Estas diferentes preguntas son abordadas a través del establecimiento de:

- Grandes retos y misiones.
- Vías para la Innovación.
- Políticas para la Hoja de Ruta (*roadmap*).

Esto requiere una estrategia para el diseño y articulación entre niveles a través de un trabajo sistemático y colaborativo que resumimos en la Tabla 1.

Tabla 1.

	DÓNDE ESTAMOS	CÓMO LLEGAREMOS ALLÍ	LO QUE DESEAMOS LOGRAR
GRANDES RETOS Y MISIONES	Recolección de evidencias y determinantes del reto	Establecer las metas y barreras a impactar	Identificar el gran reto que se incluirá para la hoja de ruta
	Identificar evidencias e impactos de las misiones	Acordar metas específicas y ODS asociados	Identificar y seleccionar las misiones
VÍAS PARA LA INNOVACIÓN	Levantamiento de tecnologías disponibles	Identificar indicadores clave STI: Establecer portafolios para la innovación	Identificar innovaciones y capacidades emergentes

	DÓNDE ESTAMOS	CÓMO LLEGAREMOS ALLÍ	LO QUE DESEAMOS LOGRAR
	Análisis de capacidades existentes y policy mix	Indicar incentivos y barreras para la innovación	
POLÍTICAS Y HOJA DE RUTA	Análisis de los impactos de Políticas pasadas	Co-diseño de la hoja de ruta para el portafolio propuesto. Explorar vías alternativas para la innovación	Imaginar un Policy Mix favorable para la misión.
	Mapa de las estructuras de Gobernanza	Co-diseño de estructura de gobernanza	Imaginar una gobernanza favorable para la misión.
	Levantamiento de capacidades institucionales y su diseño	Preparar un plan de acción para la hoja de ruta. Incluir sistema de seguimiento y evaluación de los KPI, indicadores.	Imaginar competencias y aprendizajes favorables para la misión

Fuente: Adaptado de Miedzinski, M., Mazzucato, M., & Ekins, P., 2019.

La revisión de la aplicación del enfoque de Políticas de Innovación Orientadas por Misión permite identificar cinco criterios centrales para la selección y priorización de misiones (ver Figura 23 en Anexo 3 para un ejemplo con relación a océanos). Por ejemplo, en la definición del marco del Horizonte Europeo (2021-2027), se establece que las misiones consideran:

- Tema atrevido, inspirador con amplia relevancia social:
El desafío debe llamar la atención, ser atrevido y comprometer al público. Deben ser desafíos que estén conectados con los debates de la sociedad, los cuales darán guía. Por ejemplo, sustentabilidad, equidad, salud, cambio climático y crecimiento de la calidad del Estado de Bienestar.
- Una dirección clara, focalizada, cuantificable y con plazos concretos:
Deben ser claramente enmarcadas. Necesitan ser formuladas en formas cuantificables, en plazos específicos y acciones concretas. Se necesita ver a largo plazo la evolución y el crecimiento del proceso.
- Acciones de investigación e innovación ambiciosas, pero realistas:
Las acciones deben ser ambiciosas y tomar riesgos, centradas en la investigación y las actividades innovadoras.
- Innovación interdisciplinaria, intersectorial y entre actores:
“Las misiones deben enmarcarse de tal manera que susciten la actividad en múltiples disciplinas científicas (incluidas las ciencias sociales y las humanidades), en diferentes sectores industriales (por ejemplo, transporte, nutrición, salud, servicios) y diferentes tipos de actores (público, privado, tercer sector, organizaciones de la sociedad civil)”.

- Múltiples soluciones de abajo hacia arriba (*bottom-up*):
“Las misiones no deben ser alcanzables por una única vía de desarrollo o por una sola tecnología. Deben estar abiertas a ser abordadas por diferentes tipos de soluciones. Un enfoque basado en la misión es claro sobre el resultado esperado. Sin embargo, la trayectoria para alcanzar el resultado debe basarse en un enfoque de abajo hacia arriba de múltiples soluciones, de las cuales algunas fallarán o tendrán que ajustarse en el camino” (Mazzucato and Dibb, 2019).

c) Análisis prospectivo: Consejo Nacional de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación para el Desarrollo

Una de las propuestas de la Estrategia Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación para el Desarrollo, actualmente vigente, es desarrollar capacidades de comprensión y anticipación en el Estado que permitan enfrentar de mejor manera los desafíos y oportunidades que traen las tendencias de cambio global. Asimismo, la Ley N° 21.105 que crea el MinCiencia releva como una de las tareas propias del nuevo Consejo Asesor Estratégico el generar orientaciones basadas en el análisis prospectivo de las tendencias de desarrollo globales y nacionales que permitan identificar las oportunidades y desafíos para el desarrollo integral, inclusivo y sostenible del Chile en el escenario global.

En esta perspectiva, luego del análisis de reportes recientes de prestigiosas entidades internacionales¹¹, que sistemáticamente generan información y análisis de anticipación (*forecasting*), elaborados con el fin de orientar la toma de decisiones de alto nivel y el diseño de políticas públicas, tanto en sus países de origen como a nivel global, el Consejo relevó tres grandes áreas de preocupación de carácter global, que permiten una mirada más sistémica que, además, coincide con los desafíos priorizadas por la Presidencia de la República: Sustentabilidad planetaria y cambio climático; la Revolución científico tecnológica; y la Extensión de la vida y envejecimiento.

El resultado de este análisis entrega tres tipos de conclusiones: unas relativas a los principales hallazgos en cada uno de los grandes desafíos; otras respecto a los aspectos metodológicos; y otras que refuerzan parte de las recomendaciones de la Estrategia Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación para el Desarrollo.

¹¹ A Future that works: Automation, Employment and Productivity (McKinsey Global Institute), Australia 2030: Navigating an Uncertain Future (CSIRO, Australia), Future of Skills. Employment in 2030 (Nesta, UK), Technology and Innovation Futures 2017 (Go-Science, UK) y Readiness for the Future of Production Report 2018 (WEF).

Entre los primeros, destaca la importancia del contexto nacional, ya que en cada uno de los grandes desafíos Chile tiene condiciones particulares que deben ser consideradas y hacen relevante el seguimiento de estas megatendencias.

En los aspectos metodológicos se releva la necesidad de hacer análisis propios que complementan y contextualizan las conclusiones que se presentan en los reportes de agencias y órganos internacionales, evidenciando los enfoques y supuestos de base que permiten revisar la pertinencia de las proyecciones que se identifican.

Por último, el ejercicio permite reforzar parte de las recomendaciones de la Estrategia Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación para el Desarrollo, partiendo por el rol y la relevancia de la ciencia y la tecnología para abordar estos temas de futuro y la necesidad de desarrollar capacidades de I+D+i. Además, vuelve a revelarse la necesidad de conectar las capacidades científico-tecnológicas de diversas disciplinas con otras fuentes de *expertise* para abordar grandes desafíos nacionales, que a su vez son parte de retos y oportunidades a escala global.

d) Anticipación y priorización para instrumentos de ejecución:
Ministerio de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación

Dada la necesidad de contar con herramientas centradas en la realidad local, el MinCiencia propuso dar inicio al establecimiento de capacidades de anticipación y priorización en su institucionalidad, entregando metodologías robustas para generar insumos que contribuyan a la definición de áreas estratégicas.

Los principios de esta metodología fueron:

- Que esté basada en datos o evidencia, es decir, que considere de manera sistémica escenarios de futuro, y diagnósticos actuales: como insumo, como producto, como interfaz de diálogo y comparación o *benchmark*.
- Que esté basada en participación abierta, es decir, que pueda ser co-creada, comprendida, auditada y explicada a la ciudadanía y a los actores del ecosistema de CTCI.
- Que tanto esta como sus resultados sean ofrecidos como bien público, es decir, que estos sean puestos a disposición del público general, y que todas y todos tengan acceso a utilizarlos.

El proceso se inició en base a una licitación pública para aplicar metodologías y generar insumos para definir áreas prioritarias para los próximos concursos del Fondo de Financiamiento de Centro de Investigación en Áreas Prioritarias (FONDAP) ejecutados por la ANID.

Las actividades se dividieron en dos etapas: 1) Diseño Metodológicos y 2) Aplicación de Metodologías. Sus resultados están disponibles en el sitio web www.minciencia.gob.cl/nuestrosfuturos.

Diseño metodológico

Esta primera etapa consistió en la revisión, sistematización y análisis de literatura y evidencia existente sobre el estado actual del país y sobre diversos estudios, análisis y estrategias de futuros a nivel nacional e internacional. Además, se consideró el desarrollo de metodologías de anticipación y priorización, y la elaboración de los respectivos manuales metodológicos. Estos documentos fueron sometidos a un proceso de Consulta Pública y sus resultados fueron plasmados en dos productos:

- **Manual I de Anticipación:** Documento que expone una metodología participativa para la co-construcción de escenarios futuros, y la identificación y distinción de sus desafíos y oportunidades. El objetivo de este manual es ser una guía de aplicación metodológica dirigida a las y los tomadores de decisiones.
- **Manual II de Priorización:** Documento que expone una metodología participativa que permite determinar y definir áreas prioritarias para la CTCI utilizando evidencia y escenarios futuros como base. Su objetivo principal, es que los resultados de su aplicación puedan ser utilizados como insumo en la toma de decisiones en investigación, inversión y financiamiento en las áreas correspondientes.

Aplicación de metodologías

Esta segunda etapa consistió en la aplicación de las metodologías de anticipación y priorización con el fin de proveer insumos, en esta primera instancia, para la toma de decisiones del concurso FONDAP de ANID.

Para aplicar las metodologías con un enfoque participativo, se dividieron las actividades en cuatro pasos:

1. **Recolectar y analizar conocimientos colectivos y evidencia**, en base a entrevistas en profundidad a 20 actores clave y una encuesta ciudadana en la que participaron 254 personas a través de formularios llamados “Imaginando Chile al 2050” y “Señales de Futuros”.

Además, se elaboró el informe “Mapa Nacional: análisis de entorno de Chile”, el cual da a conocer los desafíos y oportunidades actuales y potenciales del país. Para su elaboración se analizó información estadística, encuestas, fuentes territoriales y sectoriales, tendencias de contexto, entre otras fuentes, tanto de nivel nacional como internacional.

2. **Mapear escenarios de futuros alternativos**, identificando impulsores de cambio crítico y mapeando estructuras de escenarios alternativos posibles con el objetivo de generar insumos para las instancias participativas a realizar.

Posteriormente, se construyeron cinco escenarios obtenidos del taller “Diálogo Participativo Chile al 2050” del cual surgieron narrativas de estos.

3. **Explorar y definir grandes desafíos para Chile al 2050** como resultado de un análisis cualitativo por conglomerados de los insumos recolectados junto con un cruce de información con la evidencia levantada en el “Mapa Nacional: un análisis de entorno de Chile”.
4. **Priorizar cinco grandes desafíos y oportunidad para Chile al 2050** como producto de un método de priorización basado en métricas y sin criterio de evaluación definidos previamente, lo que permitió disminuir el tiempo de aplicación y análisis de resultados. Esta herramienta se encuentra explicada en el “Manual II de Priorización”.

Resultados

Los resultados, expuestos en el Informe “Nuestros Futuros: una aplicación de metodologías de anticipación y priorización”, que contiene una síntesis de los procedimientos y resultados de todo el proceso de aplicación, están divididos en tres bloques: 1) Chile al 2050: 5 escenarios alternativos; 2) 10 grandes desafíos y oportunidades para Chile, y; 3) Primera priorización: 5 grandes desafíos y oportunidades para Chile (ver Tabla 2).

Tabla 2. Resultados Informe “Nuestros Futuros: una aplicación de metodologías de anticipación y priorización”

Chile al 2050: Cinco escenarios alternativos	Escenario 1: Torres de Paine, última oportunidad para visitar el fin del mundo
	Escenario 2: La tormenta perfecta que arrasó con Chile
	Escenario 3: Ayni, del individualismo a la comunidad
	Escenario 4: La post normalidad, pandemias y migraciones
	Escenario 5: De la erosión a la regeneración
10 grandes desafíos y oportunidades para Chile	Envejecimiento digno y saludable: para adaptarnos a los cambios demográficos
	Salud y buen vivir: una perspectiva preventiva para fomentar el bienestar
	Desarrollo urbano sustentable y resiliente: para la vida humana y el ecosistema
	Seguridad física y digital: para una sociedad abierta y libre
	Seguridad hídrica: para la mantención de la vida humana y preservación de los ecosistemas
	Adhesión social: para afrontar democráticamente los desafíos del presente y futuro
Seguridad alimentaria: para un Chile sano, sustentable y resiliente	

	Educación transdisciplinaria: para abordar sistémicamente los desafíos complejos
	Astronomía: para potenciar las fortalezas de Chile
	Transición energética: hacia un modelo limpio y sustentable
	Seguridad hídrica: para la mantención de la vida humana y preservación de los ecosistemas
Primera priorización: Cinco grandes desafíos y oportunidades para Chile	Transición energética: hacia un modelo limpio y sustentable
	Desarrollo urbano sustentable y resiliente: para la vida humana y el ecosistema
	Adhesión social: para afrontar democráticamente los desafíos del presente y futuro
	Salud y buen vivir: una perspectiva preventiva para fomentar el bienestar

Fuente: Elaboración propia.

Propuesta/meta/inversión requerida

Debido a que los instrumentos necesarios para abordar la orientación estratégica corresponden a aquellos que permiten más y mejor I+D y/o un tránsito hacia la economía del conocimiento, esta sección no contempla instrumentos ni recursos especializados para su implementación, sino propone destinar un 30% del incremento del financiamiento contenido en las secciones anteriores hacia actividades orientadas estratégicamente, las que deberán ser definidas de forma participativa tomando en consideración, por ejemplo, las alternativas internacionales y nacionales descritas anteriormente.

8.2.4. Detalle de Gastos de las propuestas

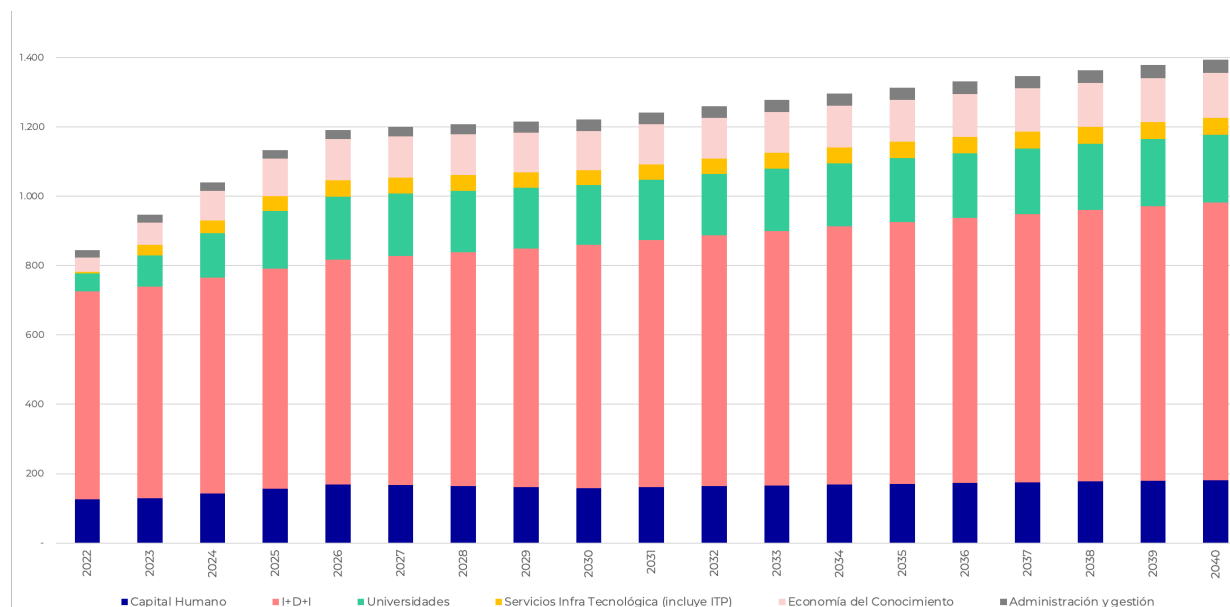
En el presente documento, los capítulos precedentes discuten sobre la necesidad de generar un crecimiento del ecosistema, que se asocia a los ámbitos del gasto público en las siguientes categorías:

- **Más y mejor I+D**
 - o Expansión Proyectos (Capital Humano + I+D+i)
 - o Universidades
 - o Servicios de Infraestructura Tecnológica (incluye ITP)
- **Economía del Conocimiento**
- **Administración y gestión del sistema**

El detalle del gasto para financiar la propuesta y su crecimiento se presenta en las Tablas 3 y 4. Un 30% del incremento se destinará a **desafíos, oportunidades y orientación estratégica** como se explicó en el texto.

El incremento del **gasto público** hacia las distintas iniciativas para alcanzar las metas intermedias y finales detallados en las tablas se grafica en la Figura 20.

Figura 20. Incremento del gasto público proyectado 2022-2040 en millones de dólares



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 3. Montos y distribución del gasto público en instrumentos para el crecimiento del sistema periodo 2023-2030 (en millones de dólares)*

	Montos 2022 – 2030 (en MM\$US)									% Crecimiento 2022 – 2030**								
	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Expansión Proyectos (Capital Humano + I+D+i)	725	739	765	792	817	828	839	849	860	-	2,00%	3,48%	3,49%	3,14%	1,34%	1,31%	1,29%	1,28%
<i>Capital Humano</i>	126	129	142	156	169	167	164	162	159	-	1,98%	10,50%	10,03%	7,79%	-1,18%	-1,41%	-1,60%	-1,77%
<i>I+D+i</i>	599	611	623	635	648	661	674	688	702	-	2,00%	2,00%	2,00%	2,00%	2,00%	2,00%	2,00%	2,00%
Universidades	52	90	128	166	182	180	177	175	171	-	72,67%	42,23%	29,67%	9,91%	-1,18%	-1,41%	-1,60%	-1,77%
Servicios Infra Tecnológica (incluye ITP)	4	31	36	42	46	46	45	45	44	-	583,69%	18,89%	15,86%	9,91%	-1,18%	-1,41%	-1,60%	-1,77%
Economía del Conocimiento	42	64	87	109	120	119	117	115	113	-	52,88%	34,75%	25,77%	9,91%	-1,18%	-1,41%	-1,60%	-1,77%
Administración y gestión del sistema	21	22	23	25	26	28	29	31	33	-	5,90%	5,90%	5,90%	5,90%	5,90%	5,90%	5,90%	5,90%
TOTAL CTCI	844	946	1.040	1.134	1.191	1.200	1.207	1.215	1.221	-	12,08%	9,84%	9,06%	5,10%	0,71%	0,64%	0,59%	0,56%

* Para este ejercicio se definieron aumentos significativos al inicio del periodo. Sin embargo, dado los ajustados plazos de la discusión presupuestaria, lo que no excluirá la discusión 2023, la temporalidad de los cambios presupuestarios y su crecimiento podrán ser ajustados a fin de alcanzar las metas intermedias y finales. Son estas metas intermedias y finales, las que han guiado la propuesta de gasto.

** Producto de la aproximación a los enteros en los montos de millones de dólares, los porcentajes de crecimiento pueden no mostrar la variación real.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4. Montos y distribución del gasto público en instrumentos para el crecimiento del sistema periodo 2030-2040 (en millones de dólares)

	Montos 2030-2040 (en MM\$US)											% Crecimiento 2030-2040*										
	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040
Expansión Proyectos (Capital Humano + I+D+i)	860	874	887	900	913	925	937	949	960	971	981	1,28%	1,56%	1,52%	1,47%	1,42%	1,36%	1,30%	1,24%	1,18%	1,12%	1,07%
<i>Capital Humano</i>	159	161	164	166	169	171	173	175	177	179	181	-1,77%	1,56%	1,52%	1,47%	1,42%	1,36%	1,30%	1,24%	1,18%	1,12%	1,07%
<i>I+D+i</i>	702	713	723	734	744	754	764	774	783	792	800	2,00%	1,56%	1,52%	1,47%	1,42%	1,36%	1,30%	1,24%	1,18%	1,12%	1,07%
Universidades	171	174	177	179	182	184	187	189	191	193	196	-1,77%	1,56%	1,52%	1,47%	1,42%	1,36%	1,30%	1,24%	1,18%	1,12%	1,07%
Servicios Infra Tecnológica (incluye ITP)	44	44	45	46	46	47	48	48	49	49	50	-1,77%	1,56%	1,52%	1,47%	1,42%	1,36%	1,30%	1,24%	1,18%	1,12%	1,07%
Economía del Conocimiento	113	115	116	118	120	121	123	125	126	127	129	-1,77%	1,56%	1,52%	1,47%	1,42%	1,36%	1,30%	1,24%	1,18%	1,12%	1,07%
Administración y gestión del sistema	33	33	34	34	35	35	36	36	37	37	38	5,90%	1,56%	1,52%	1,47%	1,42%	1,36%	1,30%	1,24%	1,18%	1,12%	1,07%
TOTAL CTCI	1.221	1.241	1.259	1.278	1.296	1.314	1.331	1.347	1.363	1.378	1.393	0,56%	1,56%	1,52%	1,47%	1,42%	1,36%	1,30%	1,24%	1,18%	1,12%	1,07%

* Producto de la aproximación a los enteros en los montos de millones de dólares, los porcentajes de crecimiento pueden no mostrar la variación real.

Fuente: Elaboración propia.

9. UN MODELO DE CRECIMIENTO RELACIONADO CON LA PROPUESTA

La propuesta de iniciativas y gasto público presentada puede relacionarse con una proyección de crecimiento. **Es importante destacar que este modelo no representa directamente los valores incluidos en las tablas, sino que se construye a partir de la proyección del aumento de presupuesto público-privado de acuerdo al porcentaje del PIB según datos OCDE, cuyo último registro es el año 2018.** Su objetivo disponer una visualización general que nos permita apreciar la envergadura del esfuerzo público-privado necesario para alcanzar las metas.

Ejercicios similares han sido realizados anteriormente, por ejemplo, a través del Consejo Nacional de Innovación para la Competitividad (CNIC), precursor del Consejo Nacional de Innovación para el Desarrollo (CNID) y del actual Consejo Asesor Presidencial para la CTCl. Así, en la elaboración de la 1ra Estrategia Nacional de Innovación, se propuso que la inversión en I+D para Chile debía alcanzar un 2,3% respecto del PIB para el año 2020, considerando como referencia el año 2004. Este esfuerzo de aumentar el financiamiento en actividades de investigación implicaba que el aporte público debía duplicarse y que el aporte del sector privado debía aumentar en cinco veces respecto del año de referencia.

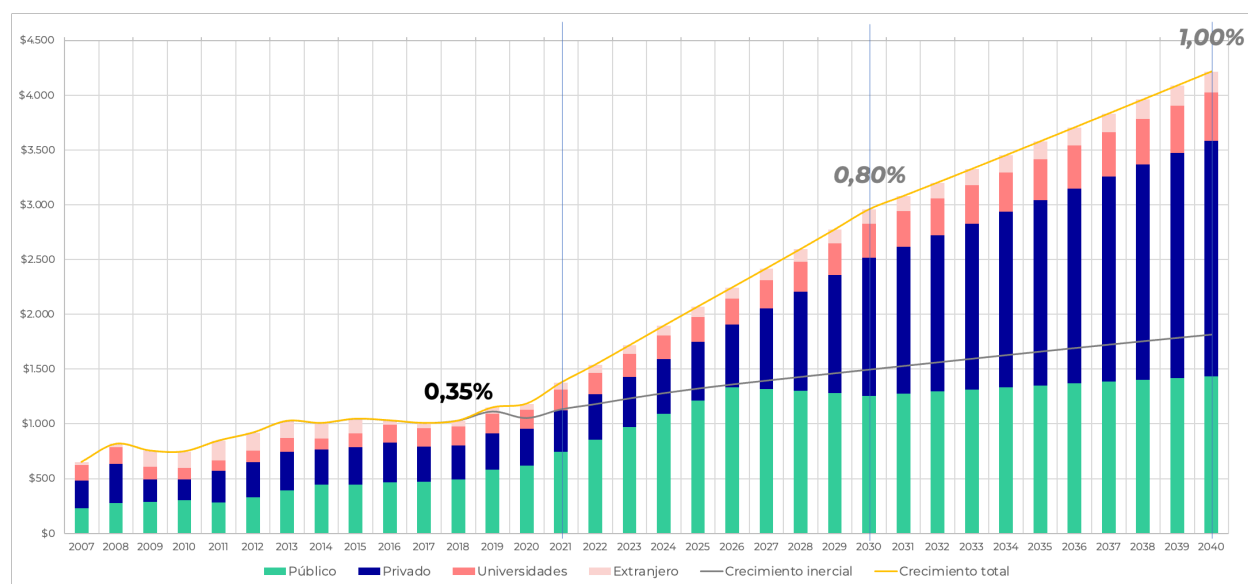
Por otro lado, el Ministerio de Economía, a través de su División de Innovación, el año 2016 realizó un análisis para establecer algunos parámetros para proyectar cómo debería evolucionar el gasto en I+D poniendo en perspectiva los esfuerzos públicos y privados a realizarse en un horizonte de 10 años. Como conclusión de las simulaciones desarrolladas en ese entonces, se estableció que alcanzar la meta del 1% de gasto en I+D respecto del PIB implicaba un alto esfuerzo público-privado donde, en el caso del sector privado, se aprecia una contracción respecto de la evolución esperada debido a las condiciones económicas del país. Esta conclusión llevó a plantear las interrogantes sobre las capacidades instaladas, la disponibilidad de capital humano necesarios y la capacidad de financiamiento público de la I+D para apalancar recursos privados en el crecimiento del Sistema nacional de CTI.

Cada uno de estos ejercicios ha sido un valioso aporte para comprender donde estamos y como tenemos que transitar hacia las metas anheladas. Sin embargo, en general no contemplan en profundidad la necesidad de relacionar el aumento presupuestario con una visión estratégica y, sobre todo, con mecanismos concretos para ejecutar dicho incremento, como los discutidos en la sección anterior.

La proyección que presentamos aquí, considera un crecimiento en el gasto en I+D en el Sistema Nacional (% PIB) para alcanzar un **0,8% del PIB en 2030 con una composición 50/50% público-privada como meta intermedia, y un 1% del PIB al 2040 con una composición público-privada 40/60%**, como se detalla en la Figura 21. Para efectos de la proyección, sólo se consideró el detalle del gasto público dada la complejidad de la modelación del gasto privado. Por lo tanto considera que el aumento del gasto privado es el resultado esperado de la inversión pública.

La línea gris continua representa el crecimiento inercial sin la inversión propuesta. A diferencia del gráfico anterior, este modelo muestra el financiamiento total distribuido por las distintas fuentes que explican el gasto en I+D.

Figura 21. Estimación del crecimiento del Gasto en I+D según el PIB con objetivo de 1% al 2040 en millones de dólares reales (año base 2021)



Fuente: Elaboración propia con proyección de PIB según <https://data.oecd.org/>

Este modelo ha sido elaborado de acuerdo a los siguientes parámetros:

Esperado I+D 2030	0,8	Esperado I+D 2040	1
Universidades + Extranjero	15%	Universidades + Extranjero	15%
Razón Público/Privado	50%	Razón Público/Privado	40%
Razón Universidad/Extranjero	70%	Razón Universidad/Extranjero	70%

10. REFLEXIÓN FINAL

La propuesta descrita aquí y el modelo que la acompaña dan cuenta, entre otras cosas, de la envergadura de la tarea. Alcanzar las metas requiere, por lo tanto, de un esfuerzo colectivo y de unidad de propósito. Más que una solución definitiva constituye una invitación a pensar en el “cómo”, y por lo mismo, no descarta vías alternativas que puedan desarrollarse con el mismo propósito.

También es importante destacar que el fuerte apoyo a universidades y servicios tecnológicos se hace con el doble objetivo de potenciar la generación de conocimiento y de contar con mecanismos eficaces para vincular ese conocimiento y capacidades con los distintos sectores de la economía del país.

El diseño, implementación y desarrollo de un plan de crecimiento para la CTCI en Chile, deberá tener en cuenta la evolución, cumplimiento de hitos, indicadores de procesos (KPI) y otros de logros propuestos. Es natural entonces proponer la implementación de un sistema de seguimiento, que conjugue y se coordine a través de una plataforma web en articulación con bases de datos u observatorios ya implementadas en MinCiencia (<https://www.minciencia.gob.cl/>), ANID (<https://www.anid.cl/>) sobre acceso y usos de datos para la CTCI en Chile, pero también, será de interés la vinculación con bases de datos como el Observatorio de Complejidad Económica (<https://oec.world/es/>) para visualizar los resultados de exportaciones de productos desde Chile. También deberá esta plataforma velar el articular datos y resultados desagregados por sectores de interés sean estos públicos o privados. Especial hincapié podría tener la visualización (junto a otros Ministerios) y monitoreo de los avances en el cumplimiento de los compromisos Agenda 2030 de la Unesco en cuanto a los ODS.



REFERENCIAS

- ACTI - Asociación Chilena de Empresas de Tecnologías de Información A.G. (s.f.). *Quiénes somos*. Obtenido de ACTI: <https://acti.cl/quienes-somos/>
- Asociación de la Industria Eléctrica. (s.f.). *La Asociación*. Obtenido de AIE: <https://aie.cl/gremial/>
- AUR - Agrupación de Universidades Regionales de Chile. (s.f.). *Agrupación de Universidades Regionales de Chile - AUR*. Obtenido de Quiénes Somos: <https://www.auregionales.cl/quienes-somos/>
- Banco Mundial. (s.f.). *GovData360 - Data Governance*. Obtenido de <https://govdata360.worldbank.org/>
- Baxter, C. y Tyler, P. (sin fecha) "Facilitating enterprising places: the role of intermediaries in the United States and United Kingdom", en Polenske, K. R. (ed.) *The Economic Geography of Innovation*. Cambridge: Cambridge University Press, pp. 261–288. doi: 10.1017/CBO9780511493386.013.
- Borrás, S., & Edquist, C. (2013). The choice of innovation policy instruments. *Technological Forecasting and Social Change*, 80(8), 1513-1522. doi:<https://doi.org/10.1016/j.techfore.2013.03.002>
- Carvalho, A., & Corchuelo, B. (2013). A comparative analysis of business R&D policy in Spain and Portugal. *Economics and Business Letters*, 2(3), 116-127. Obtenido de <https://ideas.repec.org/a/ove/journal/aid10048.html>
- Consortio de Universidades del Estado de Chile. (s.f.). *Misión*. Obtenido de Consorcio de Universidades del Estado de Chile: <https://www.uestatales.cl/cue/?q=node/24>
- Corporación de Fomento Fabril. (s.f.). *CPC*. Obtenido de <https://www.facebook.com/fcbcpc/>
- Corporación de Universidades Privadas. (s.f.). *Misión y Visión*. Obtenido de Cup Chile: <https://www.cupchile.cl/mision-y-vision/>
- Cunningham, P., Edler, J., Flanagan, K., & Laredo, P. (2013). *Innovation policy mix and instrument*. National Endowment for Science, Technology and the Arts (NESTA) Working Paper 13/20. Obtenido de https://media.nesta.org.uk/documents/innovation_policy_mix_and_instrument_interaction.pdf
- Decreto con Fuerza de Ley N° 2 de 1985 [Ministerio de Educación]. Fija texto refundido, coordinado y sistematizado del Estatuto Orgánico del Consejo de Rectores. 4 de junio de 1985. <http://bcn.cl/2hbcc>

- Decreto N° 1 de 2021 [Ministerio de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación].
Crea el Consejo Nacional de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación
para el Desarrollo y su Reglamento. 24 de julio de 2021.
<https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=1162931>
- Department for Business, Energy & Industrial Strategy, United Kingdom. (2021).
Advanced Research and Invention Agency Bill. Explanatory notes.
Parliamentary. House of Commons. Obtenido de:
<https://publications.parliament.uk/pa/bills/cbill/58-01/0264/en/200264en.pdf>
- G9 Universidades Públicas No Estatales. (s.f.). *redg9.cl*. Obtenido de
<https://redg9.cl/quienes-somos/>
- Kattel, R., & Mazzucato, M. (2018). Mission-oriented innovation policy and dynamic
capabilities in the public sector. *Industrial and Corporate Change*, 27(5), 787-
801. doi:<http://dx.doi.org/10.1093/icc/dty032>
- Kumar, V., Kumar, U., & Persaud, A. (1999). Building Technological Capability Through
Importing Technology: The Case of Indonesian Manufacturing Industry. *The
Journal of Technology Transfer*, 24(1), 81-96. doi:
<http://dx.doi.org/10.1023/A:1007728921126>
- Ley N° 21.074. Fortalecimiento de la regionalización del país. 15 de febrero de 2018.
<https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=1115064>
- Ley N° 21.105. Crea el Ministerio de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación. 13
de agosto de 2018. <http://bcn.cl/2f16z>
- Mazzucato, M. (2015). *Building the Entrepreneurial State: A New Framework for
Envisioning and Evaluating a Mission-oriented Public Sector*. Levy Economics
Institute of Bard College Working Paper No. 824.
- Mazzucato, M. (2018). *Mission-oriented research & innovation in the European Union:
a problem solving approach to fuel innovation led growth*. Publications Office.
- Mazzucato, M. (s.f.). *From Market Fixing to Market-Creating: A New Framework for
Economic Policy*. SPRU Working Paper Series SWPS 2015-25. Obtenido de
[https://www.sussex.ac.uk/webteam/gateway/file.php?name=2015-25-swps-
mazzucato.pdf&site=25](https://www.sussex.ac.uk/webteam/gateway/file.php?name=2015-25-swps-mazzucato.pdf&site=25)
- Mazzucato, M. & Dibb, G. (2019). Missions: A beginner's guide. UCL Institute for
Innovation and Public Purpose, Policy Brief series (IIPP PB 09).
- Miedzinski, M., Mazzucato, M. and Ekins, P. (2019). *A framework for mission-oriented
innovation policy roadmapping for the SDGs: The case of plastic-free oceans*.
UCL Institute for Innovation and Public Purpose, Working Paper Series (IIPP
WP 2019-03). <https://www.ucl.ac.uk/bartlett/publicpurpose/wp2019-03>

- Ministerio de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación. (2020). Encuesta de Gasto y Personal en I+D (Año de referencia 2018). Obtenido de <https://observa.minciencia.gob.cl/encuesta/encuesta-de-investigacion-y-desarrollo-id>.
- Ministerio de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación. (2021a). Encuesta trayectoria de profesionales con grado de doctor en Chile (Año de referencia 2019). Obtenido de <https://observa.minciencia.gob.cl/>
- Ministerio de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación. (2021b). *Plan de Desarrollo de Talentos*. Santiago.
- Ministerio de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación. (2021c). Registro de Emprendimientos y Empresas de Base Científica Tecnológica en Chile (EBCT). Obtenido de <https://observa.minciencia.gob.cl/encuesta/empresas-de-base-cientifico-tecnologica-ebct>.
- Ministerio de Educación. (2021). *Nuevo Consejo Asesor para la Educación Superior generará un punto de encuentro para el sistema en su totalidad - Subsecretaría de Educación Superior*. Obtenido de <https://educacionsuperior.mineduc.cl/2021/07/12/nuevo-consejo-asesor-para-la-educacion-superior-generara-un-punto-de-encuentro-para-el-sistema-en-su-totalidad/>
- Organización de las Naciones Unidas. (s.f.). *Objetivos y metas de desarrollo sostenible*. Obtenido de Desarrollo Sostenible: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/>
- Organización Mundial de la Propiedad Intelectual. (2021). *Global Innovation Index*. Obtenido de Tracking Innovation through the Covid-19: <https://www.globalinnovationindex.org/Home>
- Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos. (2010). The Innovation Policy Mix. En *OECD Science, Technology and Industry Outlook 2010* (págs. 251-279). Paris: OECD Publishing. doi:http://dx.doi.org/10.1787/sti_outlook-2010-48-en
- Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos. (2021). *Main Science and Technology Indicators*. Obtenido de OCDE: <https://www.oecd.org/sti/msti.htm>
- Scimago Lab. (s.f.). *SJR : Scientific Journal Rankings*. Obtenido de <https://www.scimagojr.com/journalrank.php>
- SOFOPA. (s.f.). *Qué es SOFOFA*. Obtenido de <https://web.sofofa.cl/nosotros/que-es-sofofa/>

UK Research and Innovation. (s.f.). Industrial Strategy Challenge Fund. Obtenido de UKRI: <https://www.ukri.org/our-work/our-main-funds/industrial-strategy-challenge-fund/>

Vertebral Chile. (s.f.). *Propósitos y Objetivos*. Obtenido de Vertebral Chile: <https://vertebralchile.cl/que-es-vertebral/propositos-y-objetivos/>

ANEXOS

Anexo 1

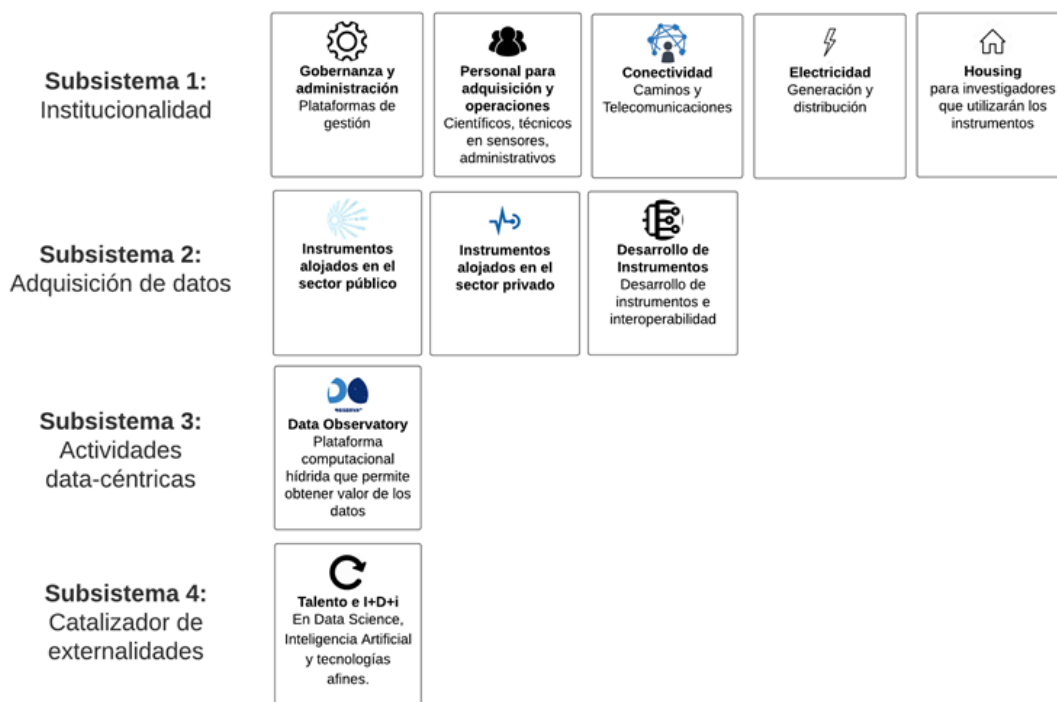
Subsistemas de los Proyectos de Infraestructura Tecnológica (SICT)

Los subsistemas que componen los proyectos de Infraestructura Tecnológica son los siguientes:

1. *Subsistema 1* - Institucionalidad: Componente cuya función es proveer todos los servicios no relacionados con el quehacer científico, pero que son necesarios para las operaciones logísticas del sistema, como también los componentes asociados a administrar y regular el sistema.
2. *Subsistema 2* - Adquisición de datos: Componente cuya función es la adquisición de datos del ambiente por medio de instrumentos/sensores, con pertenencia de carácter público o privado, y con capacidades para poder desarrollar instrumentación a nivel local.
3. *Subsistema 3* - Actividades data-céntricas: Componentes del sistema cuya función es procesar y disponibilizar los datos adquiridos por el subsistema 3 para la labor científica. Para el caso chileno, una opción es la utilización del Data Observatory.
4. *Subsistema 4* - Catalizador de externalidades: Componentes del sistema cuya función es potenciar la generación de *spillovers* o externalidades positivas y mitigar los negativos.

El siguiente diagrama muestra de qué manera los subsistemas se alinean para generar un proyecto de Infraestructura Tecnológica.

Figura 22. Marco teórico de los proyectos de Infraestructura Tecnológica



Ciclo de vida de las SICT

A continuación, se presenta el ciclo de vida de un IT. Cabe destacar que, luego del desarrollo conceptual del centro, se cuentan con revisiones por parte de las agencias de financiamiento cada año, como también para la renovación de fondos y participación de nuevos concursos. El ciclo de vida de un centro de servicio científico se basa en los estudios realizados para las infraestructuras de investigación a gran escala.

i. Etapa de desarrollo conceptual

La conceptualización del proyecto generalmente surge desde las comunidades científicas, las cuales se agrupan en torno a necesidades científicas bien identificadas.

Estas desarrollan una estrategia a largo plazo, junto con prioridades de temas a investigar y requerimientos generales para el funcionamiento. También consideran incentivos para atraer usuarios y partes interesadas. Este desarrollo conceptual tiene la potencialidad de ser un proyecto de infraestructura totalmente nueva, o integrar las infraestructuras existentes (mejorando o uniendo estas infraestructuras). Las inversiones que se realizan en esta etapa son menores que las necesarias en la etapa de diseño.

ii. Etapa de Diseño

La etapa de diseño cubre la prueba de concepto científico; la viabilidad del proyecto; el análisis de la utilidad para la sociedad; el desarrollo del caso de negocios; la formación de un consorcio nacional o internacional para hacer competitivo el proyecto, en términos de buscar apoyo político y financiamiento para la fase de preparación (búsqueda de partners); un análisis de las posibles relaciones que tendría esta infraestructura con otras infraestructuras del sistema CTCL; y políticas de datos que tendrán al interior del IT y la infraestructura electrónica.

Esta etapa tiene un valor aproximado del 10% del costo estimado de construcción, dependiendo de la naturaleza del proyecto (referencia de los proyectos de grandes infraestructuras de investigación de la NSF). El tener los estudios mencionados anteriormente provee evidencia suficiente para poder dar el siguiente paso a la preparación, y posterior construcción del proyecto.

iii. Etapa de Preparación de la construcción

La etapa de preparación está dirigida a dotar al centro de servicio de una entidad legal para su fase de implementación. El objetivo de esta etapa busca concretar un plan de negocios, una personalidad jurídica, y la sostenibilidad financiera para la implementación y operación temprana del proyecto. Estas personalidades jurídicas proveen entidades legales interinas (provenientes de los firmantes del proyecto) para proveer gobernabilidad, toma de decisiones y financiamiento adecuado.

iv. Etapa de Construcción e Implementación

La etapa de construcción e implementación se realiza cuando el proyecto cuenta con los recursos para iniciar la construcción o adquisición de centro de servicio. Esta etapa también es dependiente de si es un solo sitio en el que se encontrará la infraestructura, o si está distribuida. Su construcción puede tardar entre dos a seis años, con costos entre los 100 y 800 M USD (dependiendo del proyecto, y de acuerdo con la experiencia de proyectos de la NSF). Este financiamiento es distinto de ser una sola infraestructura de investigación o si está distribuida.

Es importante destacar que cada una de las etapas cuenta con términos y condiciones para poder pasar a los siguientes pasos, junto con requerimientos más restrictivos para gestionar los objetivos, costos, agenda y rendimiento. El progreso se reporta por medio de planes de ejecución y los estatus del proyecto se revisan periódicamente para asegurarse que se terminará en los tiempos y financiamientos acordados. La etapa de construcción normalmente incluye actividades para la transición a la etapa de operaciones. La etapa de construcción finaliza con la aceptación del proyecto según los términos de los acuerdos de adjudicación.

v. Etapa de operaciones

La etapa de operaciones es el trabajo día a día para operar y mantener el IT, como también la investigación. El centro de servicio comienza a generar, recolectar y distribuir datos para el uso de la comunidad científica. Asimismo, esta infraestructura requiere una demanda continua de investigadores que comienzan sus carreras científicas, lo cual facilita su entrenamiento y desarrollo, mejorando los lazos con las instituciones académicas de las cuales provienen. En esta etapa también se pueden generar *spin-offs*, *start-ups* y atraer *partners* para generar procesos potentes de innovación.

La duración de esta etapa puede ser de entre 20 a 40 años, con altos costos económicos, que exceden sustancialmente a los costos de construcción. Estos costos, sin embargo, ya fueron establecidos antes de entrar a esta etapa. Asimismo, hay revisiones periódicas de la infraestructura de investigación, para definir futuras inversiones, mejora de capacidades o eventual cierre.

vi. Etapa de cierre

La decisión del cierre del centro de servicio pasa por las instituciones participantes o la comunidad científica involucrada, que determina que la infraestructura no es considerada una prioridad con respecto al avance de la ciencia. Los financiamientos comienzan a disminuir, y se procede a la evaluación del traslado de servicios a otra entidad, como también a la de-construcción o eliminación de la infraestructura. Es importante tener en cuenta un plan para dar término a la infraestructura, para considerar los costos y procedimientos legales asociados. Es importante tener en consideración que el término de estos proyectos difiere del tipo de infraestructura habilitante y sus objetivos.

Anexo 2. Instrumentos de política para políticas de innovación orientadas por misión

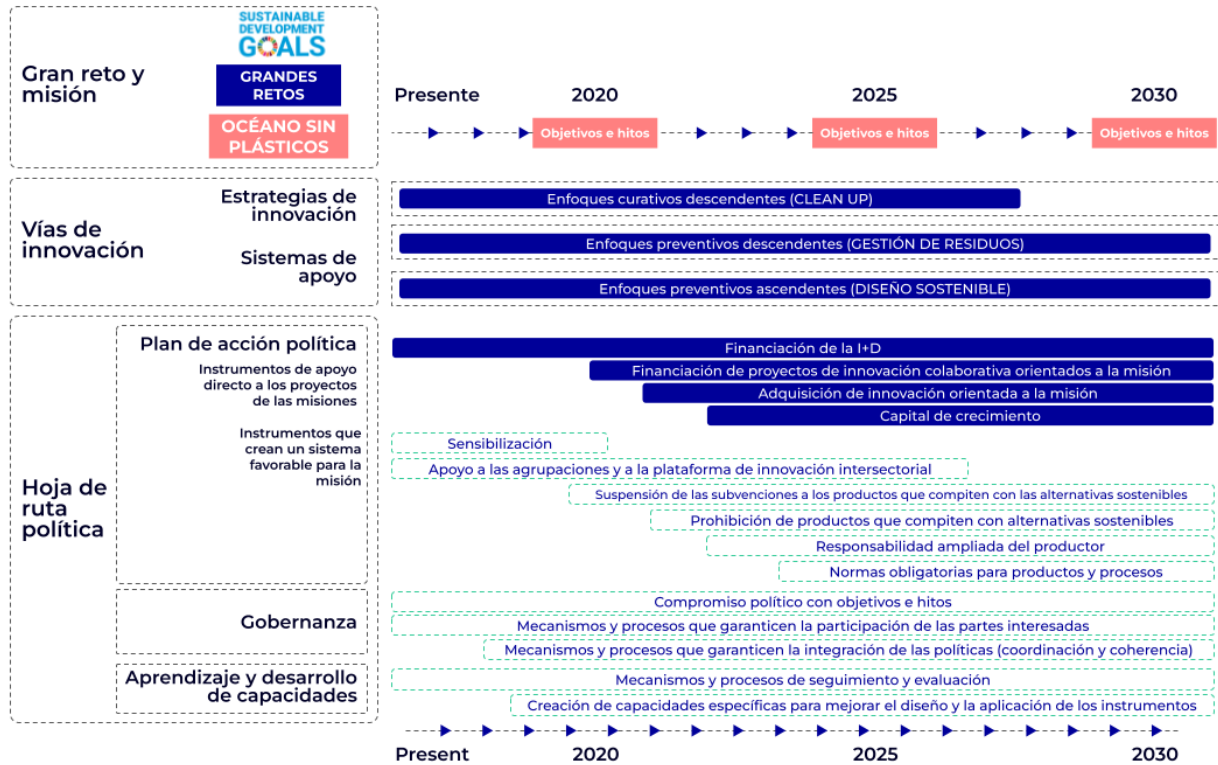
Tabla 5. Instrumentos de política para políticas de innovación orientadas a la misión

Categoría	Relevancia por políticas orientadas por misión
Instrumento de política	
Apoyo financiero directo	
Financiamiento institucional para organizaciones públicas de investigación (universidades e institutos de investigación)	Financiamiento para la investigación que contribuya a las misiones, incluida la investigación básica.
Ayudas a proyectos para organismos públicos de investigación	Financiamiento para la investigación que contribuya a las misiones, incluida la investigación básica.
Ayudas para la I+D+i empresarial y la innovación	Subvenciones a empresas para I+D e innovación relevantes para misiones
Becas para centros de excelencia	Centros dedicados total o parcialmente a misiones
Programas de contratación para I+D en innovación	Financiamiento para adquisiciones que fomentan la innovación, la ampliación y la difusión relevantes para las misiones; contratación con criterios específicos que fomenten la innovación y aborden misiones que incluyan la innovación, la contratación precomercial y funcional.
Becas y préstamos y becas de posgrado	Financiamiento para becas y préstamos de posgrado y becas enfocadas expresamente a misiones.
Préstamos y créditos para la innovación en empresas	Financiamiento para préstamos y créditos para innovación relevante para misiones.
Finanza pública	Financiación pública para préstamos y créditos para la innovación de interés para las misiones (por ejemplo, inversiones públicas, préstamos para el desarrollo, garantías), incluida la "financiación para pacientes".
Tarifas de alimentación	Pagos a los resultados generados por innovaciones relevantes para las misiones (a menudo aplicadas a tecnologías de energía renovable).
Financiamiento de capital	Fondos públicos para capital de riesgo y otras formas de financiación de capital gastados en proyectos innovadores relevantes para las misiones.
Vales de innovación	Financiación de vales de innovación para proyectos misioneros innovadores.
Apoyo financiero indirecto	
Desgravación del impuesto sobre sociedades para I+D e innovación	Desgravación fiscal para I+D e innovación relevante para misiones.
Desgravación fiscal para los hogares por I+D o adopción de innovación	Desgravación fiscal a los hogares para la promoción de bienes y servicios innovadores relevantes para el cumplimiento de misiones.
Garantías de deuda y esquemas de riesgo compartido	Garantías de deuda y esquemas de riesgo compartido con condiciones preferenciales para inversiones relevantes para el cumplimiento de misiones.
Impuesto sobre tecnologías nocivas para el medio ambiente	Recaudación o impuesto sobre productos o tecnologías nocivos que contrarresten los objetivos de la misión.

Fuente: Traducido de Miedzinski, M., Mazzucato, M., & Ekins, P., 2019.

Anexo 3. Ejemplo de hoja de ruta de políticas de innovación orientada

Figura 23. Marco de hoja de ruta de políticas de innovación orientadas a la misión para los ODS: Una hoja de ruta tentativa de políticas a nivel macro para la misión "Un océano libre de plástico"



Fuente: Mazzucato, 2018.