

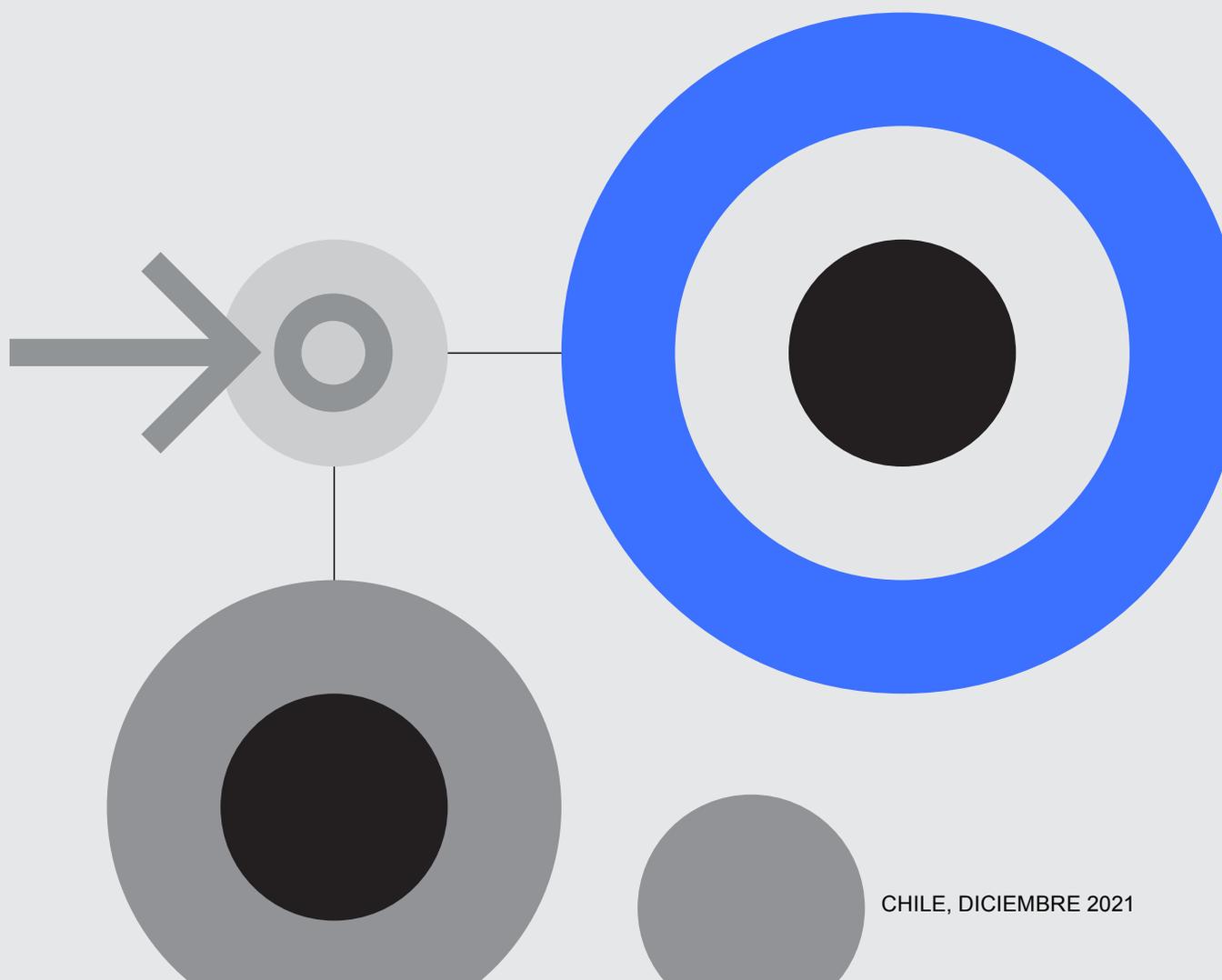


CONSEJO NACIONAL
DE CIENCIA, TECNOLOGÍA,
CONOCIMIENTO E INNOVACIÓN
PARA EL DESARROLLO

INFORME

Centros de Investigación y Desarrollo e Institutos Tecnológicos Públicos. Principales características y desafíos

Pedro Sierra Bosch



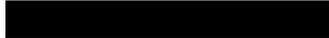
CHILE, DICIEMBRE 2021

AUTOR

Pedro Sierra Bosch

CONTRAPARTE TÉCNICA

Katherine Villarroel Gatica



Los documentos técnicos sirven de insumo a la elaboración de las Estrategias u Orientaciones Estratégicas.

El presente documento sistematiza el proceso de creación de centros de investigación, desarrollo e innovación impulsado por la ANID y CORFO desde mediados de la década de los noventa y revisa las principales características de los institutos tecnológicos públicos nacionales (ITPs). En base a estos antecedentes se identifican desafíos comunes a estas organizaciones y se propone el examen de un conjunto de aspectos de interés a nivel del diseño y operación de programas, así como para la institucionalidad y las políticas públicas relacionadas.

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

Tabla de contenidos

1. Antecedentes	7
2. Los centros de desarrollo científico y tecnológico	14
2.1. La promoción internacional de centros de investigación	
2.2. La creación de centros en Chile	
2.2.1. Programas de investigación de la ANID	
2.2.2. Programas de investigación, tecnología e innovación de la CORFO	
3. Los institutos tecnológicos públicos	45
4. Caracterización general de centros de investigación y desarrollo e ITPs	54
5. Consideraciones finales	68
5.1. Centros de investigación y desarrollo e institutos tecnológicos público	
5.2. Programas públicos	
5.3. Aspectos institucionales	
5.4. Aspectos de política	
6. Bibliografía	86

Presentación



A través de distintas políticas y programas, durante las últimas tres décadas en el país se han desplegado importantes esfuerzos para asegurar un cierto nivel de inversión pública especializada en la promoción de la ciencia, tecnología e innovación, así como también para avanzar en el perfeccionamiento de la institucionalidad pública que actúa en esta área.

Desde principios de los noventa, las agencias nacionales desarrollaron capacidades técnicas y procesos de aprendizaje en torno a la adaptación y diseño de instrumentos con diversos propósitos para apoyar las actividades de ciencia, tecnología e innovación (CTI) en Chile. Entre estos se cuentan la promoción de investigación y desarrollo científico y tecnológico, la modernización productiva, la innovación empresarial, pública y social, el emprendimiento y diversos mecanismos de financiamiento para las distintas etapas de desarrollo de negocios tradicionales e innovadores. En este contexto, los esfuerzos públicos para apoyar la formación de capacidades científicas y tecnológicas revisten una especial importancia ya que buscan contribuir a la creación de una base técnica permanente para abordar los desafíos de mayor complejidad en el país.

La creación de centros especializados para la investigación, desarrollo e innovación es un ámbito de trabajo de las políticas en esta área y ha sido abordado con distintas orientaciones tanto por la Agencia Nacional de Investigación (ANID, exCONICYT) como por la Corporación de Fomento de la Producción (CORFO). Los centros corresponden a distintos tipos de arreglos institucionales que permiten la organización de grupos de investigadores, personal técnico, recursos e infraestructura especializada, con la participación de universidades, entidades técnicas y empresas. Dependiendo de las definiciones de los programas públicos, los centros ayudan al desarrollo de programas, líneas y proyectos de investigación con aptitudes para la generación y adaptación de conocimiento, así como de actividades de investigación y desarrollo tecnológico para la provisión de conocimientos y soluciones aplicadas a problemas productivos y sociales de relevancia.

El presente documento sistematiza el proceso de creación de centros de investigación, desarrollo e innovación impulsado por la ANID y CORFO desde mediados de la década de los noventa. Sin perjuicio de las recientes decisiones de la autoridad administrativa respecto de los traspasos de programas para su relocalización en la ANID, la información de este reporte se presenta considerando la

especialización de las agencias chilenas y su participación en el diseño y puesta en operación de los programas.

Esta presentación está organizada en cinco secciones. Mientras en la primera se da cuenta de algunos aspectos generales sobre la naturaleza de los desafíos del área de CTI en Chile, en la segunda y tercera secciones se entregan antecedentes de la creación de centros de investigación, desarrollo e innovación y de los institutos tecnológicos públicos, respectivamente. En la cuarta sección se propone una caracterización general para los centros e institutos públicos nacionales. Finalmente, la última sección está dedicada a la identificación de algunos aspectos de la experiencia chilena que pueden ser de interés para este tipo de políticas públicas.

1. Antecedentes



Los esfuerzos de promoción pública de la ciencia, tecnología e innovación (CTI) se enmarcan en los procesos de construcción de estrategias para abordar diversos desafíos asociados al desarrollo de los países. A través del fomento a la participación de un grupo amplio de actores institucionales, económicos y sociales en este tipo de actividades se busca ampliar las posibilidades para la producción de conocimientos, innovaciones y soluciones aplicables a problemas específicos. A nivel agregado, las expectativas de desempeño de las políticas públicas en esta área apuntan a disponer de condiciones adecuadas para la generación de un flujo de resultados e impactos sostenidos y significativos para el desarrollo económico y social sustentable del país.

Desde principios de la década de los noventa, se han dado un conjunto de pasos para el perfeccionamiento de la institucionalidad responsable en este campo. A través del Ministerio de Economía y el Ministerio de Educación, primero, y, con el Ministerio de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación (MinCiencia) en el período más reciente, se han orientado los recursos públicos para diseñar y mantener activas un conjunto de políticas públicas para el cumplimiento de diversos objetivos asociados a la promoción de la CTI.

A nivel del diseño de programas e instrumentos de apoyo la ANID (exCONICYT) y CORFO pusieron en operación un conjunto amplio de líneas de trabajo en ámbitos relevantes para la arquitectura de las políticas públicas en esta área. El *set* de políticas y programas públicos muestra a lo largo de los últimos 30 años un desarrollo progresivo, dando cuenta además de una importante continuidad de los objetivos de estas políticas. Los esfuerzos públicos, sin embargo, se han visto limitados por el nivel de recursos presupuestarios disponibles manteniéndose por debajo del 0,4% del PIB.

Aunque algunas experiencias de focalización del soporte público en áreas o sectores de interés en el país presentan impactos importantes, en general este tipo de enfoque hasta ahora no se encuentra del todo consolidado a nivel de los programas públicos en CTI. A partir de 2015, la implementación de programas para la organización de recursos en torno sectores y ámbitos tecnológicos temáticos y, particularmente, la negociación de los contratos de litio de CORFO, han colaborado con la asignación de recursos más significativos en ámbitos tecnológicos seleccionados.

Desde una perspectiva institucional, la respuesta pública a la identificación de requerimientos para el desarrollo sectorial y tecnológico ha incluido la creación de instituciones técnicas especializadas que mantienen distintos niveles de vinculación con la operación del sector público. La asignación de los recursos públicos, por su parte, ha seguido principalmente una orientación de tipo neutral, esto es, sin atención a focos u objetivos sectoriales o temáticos, para el 70% del total del presupuesto público en ciencia, tecnología e innovación.¹

En cuanto a la contribución de los programas públicos de apoyo a la CTI, no se dispone de estudios comprensivos que permitan conocer su impacto según las distintas áreas de actuación definidas por las agencias nacionales. De hecho, solo una fracción de los instrumentos ha sido objeto de estudios de evaluación, con distintos alcances y enfoques, realizados además en diferentes momentos del tiempo. No obstante, se estima que una gran parte de los programas de apoyo público contribuye con una producción de resultados concordantes con los objetivos de políticas para los que fueron implementados.

De esta forma, el impacto a nivel agregado de los programas públicos, es un tema aún pendiente. La ausencia de métricas precisas y estandarizadas en el diseño de los instrumentos, así como sus escalas de operación limitadas por restricciones presupuestarias, son factores que deben considerarse de frente a la evaluación de sus resultados e impactos agregados.

Desafíos de la ciencia, tecnología e innovación

El trabajo del Consejo Nacional de Innovación para el Desarrollo (CNID) ha colaborado desde su creación en 2005, con la sistematización e identificación de ámbitos de relevancia para el desarrollo del país, colaborando de esta forma con orientaciones para el diseño de políticas y programas públicos. Además de aspectos asociados a las características y limitaciones de la estructura productiva nacional, se ha puesto de relieve la necesidad de abordar de manera integrada los procesos de cambio climático y de integración y cohesión social, como parte de una mirada estratégica más inclusiva para la construcción de una agenda de trabajo en ciencia, tecnología e innovación (CNID, 2017).

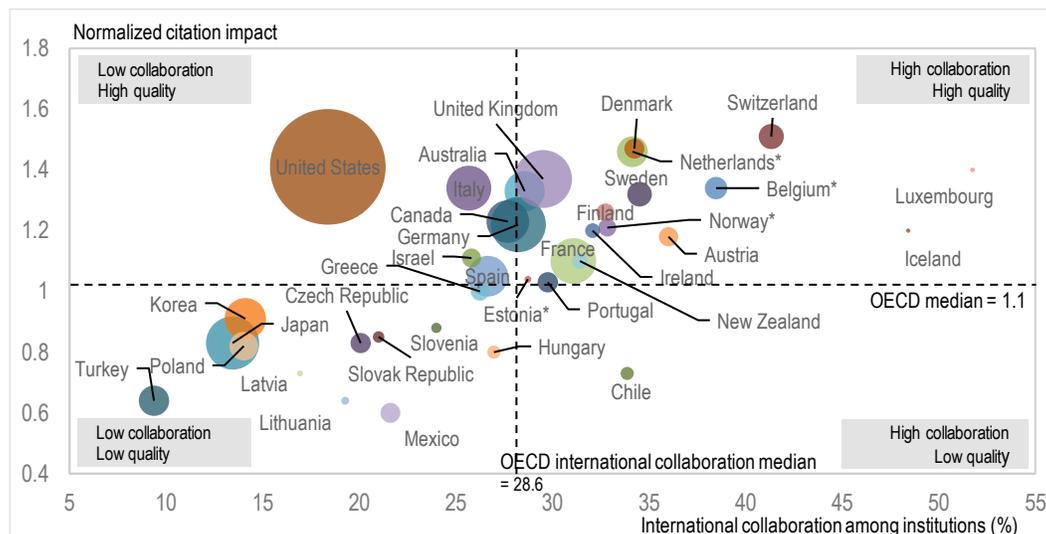
Los desafíos de la CTI en el país son diversos y significativos. En el área de la investigación básica, por ejemplo, a través de diversos esquemas, individuales y asocia-

¹ Esta cifra corresponde al promedio anual del período entre 2008 y 2017 del presupuesto de ciencia, tecnología e innovación. Véase Balbontín, Roeschmann y Zahler (2018).

tivos, se ha apoyado en el país el desarrollo de actividades conducentes a la promoción de la investigación científica de excelencia. Este tipo de actividades son consideradas como bienes públicos en la medida que contribuyen a la generación y acumulación de conocimiento y sus resultados están disponibles para su difusión y utilización.

La comparación con los países integrantes de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE), ofrece una medida general del nivel de amplitud de los desafíos que enfrenta Chile para su avance a futuro en el ámbito científico. En efecto, el país se encuentra en posiciones muy rezagadas en indicadores como la cantidad de publicaciones como en su participación en el segmento del 10% más citado a nivel global (OECD, 2019). Con todo, es interesante consignar el avance del país en el desarrollo de estrategias de colaboración institucional que pueden cooperar con mejoras en su desempeño futuro. Véase la siguiente figura.

Figura 1.
Impacto en citas de la producción científica y colaboración internacional, 2012 - 2016



Fuente: OECD (2019).

La investigación y desarrollo con aptitudes para la generación de conocimientos aplicables e innovaciones es también un área con desafíos importantes. En el ámbito productivo estos se asocian particularmente al desempeño de la productividad. La productividad total de factores (PTF) o productividad agregada, es un indicador relevante que ayuda a conocer los niveles de eficiencia en la producción

A nivel de las actividades de innovación de las empresas nacionales, es importante consignar que durante la última década el porcentaje de empresas que innovan cayó sostenidamente hasta alcanzar un 14,1% en 2017-2018, dando cuenta nuevamente de rezagos importante en el desempeño comparado con países de la OCDE. Otros indicadores como patentes y exportaciones con contenidos tecnológicos tampoco muestran cambios importantes en su desempeño.

La investigación y desarrollo aplicable también presenta desafíos asociados a los procesos de cambio climático. En este ámbito Chile ha sido reconocido como uno de los países de mayor vulnerabilidad a nivel global ya que dispone de una gran proporción de áreas geográficas susceptibles de afectaciones de relevancia.⁴

El desarrollo de la Estrategia Climática de Largo Plazo para abordar los procesos de cambio climático por parte del Ministerio de Medio Ambiente (MMA) ha incluido el desarrollo progresivo de un conjunto de acciones y propuestas para el logro objetivos de mediano y largo plazo asociados a la carbono neutralidad y el fortalecimiento de la capacidad de resiliencia del país (MMA, 2020). A través de herramientas específicas como el Atlas de Riesgos Climático (ARClím), por ejemplo, es posible detectar la amplitud de las actividades comprometidas y sus respectivas cadenas de impacto distribuidas en el territorio.⁵ Una esquematización de este fenómeno se presenta en la siguiente figura.

⁴ Estas incluyen zonas costeras bajas, zonas áridas y semiáridas, zonas con cobertura forestal y zonas expuestas al deterioro forestal, zonas propensas a los desastres naturales, zonas expuestas a la sequía y a la desertificación, zonas de alta contaminación atmosférica urbana y zonas de ecosistemas frágiles, incluidos los ecosistemas montañosos.

⁵ Véase el Informe Proyecto ARClím: Atlas de Riesgos Climáticos para Chile.

El diseño e implementación de medidas de mitigación tanto a nivel de ecosistemas como en sectores económicos requiere de la convergencia de un conjunto de políticas públicas. En el ámbito de la ciencia, tecnología e innovación, los esfuerzos deben ser orientados a la producción sistemática de conocimientos científicos e información técnica que sirvan de base para la toma de decisiones públicas, así como para facilitar los procesos de sustitución de tecnologías, sistemas productivos, insumos y combustibles y el desarrollo de soluciones basadas en las singularidades regionales del país.

Figura 3.
Esquema de cadenas de impacto del cambio climático

SECTORES		CADENA DE IMPACTO/RIESGOS CLIMÁTICO (55)				
Bosques Nativos		Incendios	Crecimiento			
Plantaciones Forestales		Incendios	Crecimiento			
Minería		Oper. Mineras	Oper. Faenas	Oper. Relaves		
Agricultura		Prod. Frutales*	Prod. Cultivos*	Prod. Praderas*		
Infra. Costera		Oper. Puertos	Oper. Caletas			
Recursos Hídricos		Inund. Urb.	Inund. Rural	Sequia Hido*		
		Seguridad Riego				
Turismo		Erosión Playas				
		Vistas SNASPE*	Turismo Nieve	Turismo Playas		
Pesca Artesanal		Desembarques				
Acuicultura		Salmón Agua Dulce	Salmón Engorda*2	Semillas Mejillon	Engorda Mejillon	
Biodiversidad		BD Flora	Bd Flora	BD Fauna	BD Fauna	
Salud/Bienestar Humano		Asentamientos	Morbilidad Urbana	Seg. Hídrica Rural**	Seg. Hídrica Urbana**	
		Salud	Mortalidad neta	Mortalidad +	Mortalidad -	
		Ciudades	Isla Calor Urbana**	Efecto heladas	Confort Term.**	
		Costas	Anegamientos pob.			
Inf. Energía		Transmisión Elec.	Hidro Generación	Gen. Eolica	Gen. Solar	
Amenzas	Olas de calor	Cambio Temperatura	Sequías	Lluvias intensas	Marejadas	Multi-variable (temperatura, precipitación, humedad, viento, etc.)

*Producción: cerezas, manzanas, porotos, praderas, viñas, etc.

**Consideraciones de Género

Fuente: Ministerio de Medio Ambiente (2020).

2. Los centros de desarrollo científico y tecnológico



La creación de centros especializados en actividades de investigación, desarrollo tecnológico e innovación obedece a distintos tipos de objetivos de política. En términos esquemáticos, las políticas de financiamiento público de investigación a través de centros pueden distinguir entre la investigación de excelencia que apoya la formación de capacidades y masa crítica, la transferencia tecnológica de los resultados de estas actividades y la investigación y desarrollo colaborativa para el trabajo conjunto entre organizaciones académicas y económicas (Guimón, 2019). Este tipo de actividades se realiza a través de diversos tipos de organizaciones que incluyen, entre otros, centros impulsados por universidades, alianzas entre entidades universitarias y empresas y sectores productivos, así como centros independientes de investigación y tecnología que operan en ámbitos de promoción de las políticas públicas.

A continuación se presentan algunos tipos de entidades de investigación, desarrollo tecnológico e innovación que han sido impulsados a través de programas e iniciativas públicas para el apoyo a diversos objetivos de política pública en esta área.

2.1. La promoción internacional de centros de investigación

En las dos últimas décadas se ha configurado un escenario internacional en el cual los avances científicos y tecnológicos gozan crecientemente de una percepción de alto valor social. No obstante algunos debates sobre el rol y aporte del desarrollo científico, ello se puede atribuir a la valoración de su potencial para la resolución de problemas considerados de alta relevancia para la sociedad así como también, particularmente en el caso de los países de mayor desarrollo económico, a su contribución a una nueva oferta de bienes y servicios que incorpora el conocimiento generado en el ámbito tecnológico.

En esta perspectiva, las políticas públicas de promoción de la ciencia y la tecnología han buscado progresivamente el despliegue de nuevos mecanismos para generar respuestas nacionales en un contexto global de mayor competencia en el acceso a la generación de nuevas ideas y la disponibilidad de talentos y recursos.

La investigación de excelencia

La experiencia de un conjunto importante de países muestra que el proceso de creación de centros de investigación corresponde a un aspecto clave en las políticas

y programas de promoción de la investigación de excelencia. En efecto, en las últimas décadas más de dos tercios de los países de la OCDE han desarrollado programas que buscan combinar los esfuerzos de apoyo a la investigación de frontera con esquemas de trabajo asociativo que cooperan con la formación y mantención de las capacidades científicas y tecnológicas en el tiempo (OECD, 2014).

Las iniciativas de promoción de la investigación de excelencia (IIE) corresponden a un tipo de programas públicos que busca incentivar este tipo de investigación a través de un soporte público de largo plazo y de mayor envergadura, orientado al desarrollo de actividades de alto impacto a través de la transformación del conocimiento existente. El desarrollo de este tipo de investigaciones normalmente involucra el abordaje de nuevos paradigmas, agendas, métodos y herramientas de investigación, genera nuevas áreas para el desarrollo tecnológico y, al mismo tiempo, se apoya en arreglos institucionales para la creación y mantención de las capacidades científicas y tecnológicas en el tiempo.

Aunque el desarrollo de las políticas y programas en esta área está abierto a distintos tipos de instituciones, las universidades se han convertido paulatinamente en un actor principal en la oferta de nuevas organizaciones ejecutoras con capacidades para la generación de contribuciones transformadoras, consistentes con los desafíos asociados a la expansión del gasto público en investigación en países de mayor desarrollo. Estos modelos de organización son conocidos internacionalmente como centros de excelencia.

Un aspecto característico en la revisión de este tipo de políticas corresponde al tipo de mecanismos de financiamiento y su balance en el apoyo a la operación de estas organizaciones. La provisión de financiamiento de largo plazo corresponde a una alternativa al financiamiento a grupos de investigación a través de proyectos concursables, limitado tanto por el horizonte temporal de trabajo como por el alcance de los resultados.

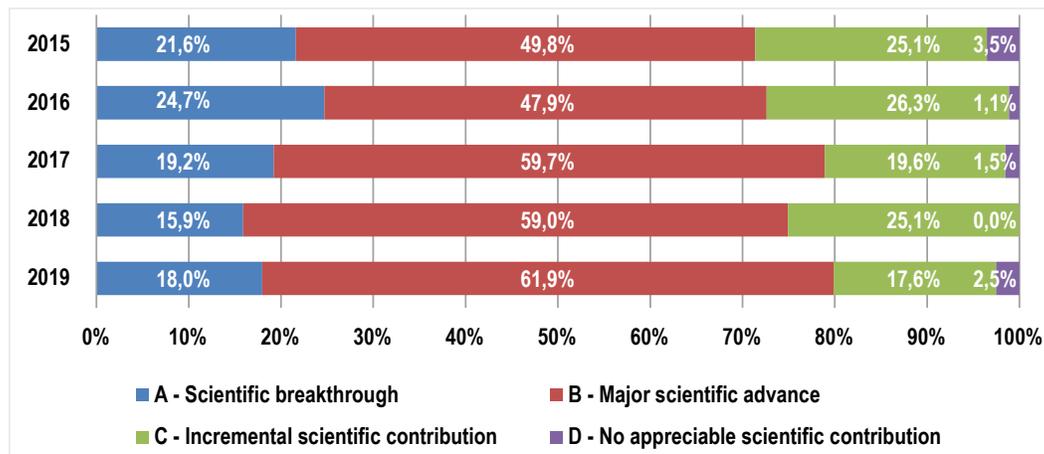
El financiamiento de centros de investigación de excelencia normalmente opera a través del aporte de recursos de tipo institucional o basal, el financiamiento a través de programas de largo aliento, o una combinación de ambos. El financiamiento basal a centros e instituciones suele presentar una baja condicionalidad, aunque puede incluir dimensiones de desempeño, y se asocia a funciones recurrentes sin límites temporales. En el caso del financiamiento a través de programas, éste se

basa en exigencias de mérito para el desarrollo de los programas de investigación, promueve la actuación y fortalecimiento de entidades especializadas en áreas de desarrollo seleccionadas con posibilidades de generar impactos a nivel de los sistemas nacionales de investigación, y opera con horizontes de trabajo amplios pero limitados en el tiempo.

El análisis de este tipo de políticas incluye además aspectos asociados a su efectividad para la promoción del desarrollo de investigaciones de alto riesgo e impacto potencial. En este ámbito se identifican varios factores que pueden afectar las posibilidades de generación de conocimiento de frontera. Se estima que se requiere de una mayor especialización en los mecanismos de financiamiento para abordar objetivos y metas asociadas a mayores niveles de riesgo, así como indicadores apropiados para este propósito. Otros aspectos se asocian a problemas institucionales, particularmente relacionados con incentivos al interior de las universidades, que limitan aquellas actividades de investigación que ponen en riesgo las posibilidades de publicación de los investigadores, así como además un eventual comportamiento conservador de los asignadores de recursos públicos que inhibiría las posibilidades de este tipo de desarrollo (OECD, 2021).

El nivel de contribución de las actividades de investigación y desarrollo es una preocupación recurrente en países de mayor desarrollo. El trabajo de evaluación cualitativa realizado anualmente por el European Research Council (ERC) para proyectos terminados da cuenta del tipo de impactos que se busca promover. La siguiente figura muestra la alta importancia relativa de los proyectos que contribuyen a generar conocimiento científico disruptivo y avances científicos significativos para el período 2015 a 2019.

Figura 4.
Evaluación de proyectos ERC, 2015 - 2019



Fuente: ERC, (2020).

En países de mayor desarrollo, las IIE buscan incentivar la investigación de frontera a través de agendas de investigación complejas, en ocasiones de alto riesgo e impacto, y promueven trabajo asociativo e interdisciplinario. Entre sus características se pueden considerar las siguientes.⁶

A nivel de objetivos, los iniciativas públicas en esta área disponen de múltiples justificaciones. En el 90% de los casos los principales objetivos se asocian, por una parte, a la necesidad de mejorar la competitividad científica nacional bajo un enfoque de competencia global de sistemas nacionales de ciencia por acceder a recursos de alta especialización y la generación de nuevos conocimientos, y, por otra, a la creación y perfeccionamiento del entorno científico que favorezca la calidad de la investigación basada principalmente en la promoción de grupos de investigación de excelencia. Otros objetivos destacados por estos programas corresponden al aumento de la visibilidad internacional de la investigación local; el reclutamiento de investigadores y personal de mayor especialización; el desarrollo de investigaciones asociadas a ciertos niveles de masa crítica; la promoción de la investigación básica y por curiosidad y; el fomento de investigaciones interdisciplinarias. La promoción del desarrollo económico y la innovación es asumida como un objetivo en la mitad de los casos, mientras la promoción de vínculos con la industria solo en el 25% de los programas.

⁶ En base a un estudio de la OCDE que consideró una muestra de 20 países con 28 iniciativas. Véase OECD (2014).

En cuanto a las actividades elegibles para su financiamiento la siguiente figura muestra los principales focos de estos programas. En la mayoría de los casos el foco principal corresponde al desarrollo de actividades de investigación. A su turno, con distinta intensidad los objetivos asociados a la formación y reclutamiento de capital humano avanzado, a nivel local e internacional, se sitúan como una preocupación relevante para el financiamiento de los programas. Ambas líneas de actuación son características comunes de los programas de investigación de excelencia.

La menor importancia relativa del financiamiento a actividades de colaboración con empresas y organismos públicos de investigación se debe a que solo algunos programas de investigación de excelencia operan en el área de investigación aplicada. En la mayoría de los casos el tipo de resultados esperados de la actividad científica es de menor aplicabilidad inmediata. De cualquier forma, se debe tener en consideración que las actividades apoyadas son distintas dependiendo de los objetivos y prioridades de los países.

Figura 5.
Actividades elegibles para financiamiento (Número de IIE. Foco primario y secundario)



Fuente: OECD (2014).

Una de las características de los programas o iniciativas de investigación de excelencia es que el financiamiento es aportado a unidades de investigación que son albergadas por otras instituciones, normalmente universidades. Estas últimas son las responsables de la postulación a los programas y asumen compromisos tales como la provisión de infraestructura, cofinanciamiento de algunas actividades y soporte para la administración, entre otros. En la mayoría de los casos, un aspecto clave del aporte de las entidades albergantes es la relación laboral que mantienen

con los principales investigadores de los centros de excelencia. El cofinanciamiento de las entidades albergantes y otras organizaciones asociadas es exigido formalmente por cerca de dos tercios de los programas. Los aportes requeridos son variables. En algunos programas se limita a aportes no pecuniarios de las entidades albergantes, mientras los aportes pecuniarios pueden ir desde un 5% hasta un 50% en algunos casos. En aquellos programas relacionados con investigación industrial normalmente se requiere del aporte de las entidades asociadas.

En relación a los niveles de financiamiento, el aporte máximo de los programas públicos se mueve en un rango muy amplio. La mayor parte de los programas aporta más de uno y medio millones de dólares anuales a cada centro. En unos pocos casos estas cifras se elevan a más de diez millones al año por centro. El promedio estimado por la OCDE es de 5,2 millones de dólares al año por centro. El período de financiamiento público alcanza en promedio a 7,2 años.

En cuanto a sus ámbitos de trabajo, las iniciativas de apoyo a los centros de excelencia cubren todas las áreas de conocimiento, aunque en los países de mayor desarrollo existe una relativa mayor concentración en ciencias naturales, ingeniería y tecnología y ciencias médicas. Ello se explica en parte por la operación de agencias públicas que actúan en áreas determinadas. En otros casos, los programas operan en el marco de estrategias nacionales que definen áreas de interés para el desarrollo y/o identifican ámbitos prioritarios para la aplicación del conocimiento que generan los centros.

Investigación y desarrollo tecnológico con impacto productivo

El camino que deben recorrer los resultados de las actividades y proyectos de investigación para aprovechar sus posibilidades de utilización en los mercados de bienes y servicios constituye una preocupación de larga data para las políticas de ciencia y tecnología. La transferencia de conocimientos y tecnologías corresponde a un ámbito específico de estas políticas. A través de diversos mecanismos los programas públicos han apoyado la constitución y especialización de actores y el diseño de modelos de organización para facilitar la tarea a las entidades que generan conocimientos y resultados con aptitudes y potencial para su transferencia.

Los esquemas de política pública en este campo son amplios. La experiencia comparada a nivel internacional da cuenta de diversos instrumentos financieros, como subsidios e incentivos tributarios, y mecanismos de tipo regulatorio, diri-

gidos a distintos tipos de agentes beneficiarios, aunque una gran parte de estos esfuerzos se han orientado directamente a promover cambios en el comportamiento de investigadores y profesionales de las áreas de investigación en universidades. Los procesos de transferencia tecnológica están dirigidos al fomento de diversas actividades que incluyen, entre otras, la protección de la propiedad intelectual, la comercialización de nuevos productos y servicios, la promoción de contratos de servicios especializados, el licenciamiento de tecnologías, la creación de empresas y la movilidad de capital humano de alta especialización.⁷

Los mecanismos de apoyo a la transferencia tecnológica son normalmente considerados de tipo lineal o unidireccionales ya que se basan en procesos que separan la etapa de producción de conocimiento, típicamente radicada en centros de investigación universitarios, de las fases de adaptación, adopción y utilización de conocimientos y tecnologías que corresponde a una función normalmente realizada por agentes más cercanos al mercado. Las alternativas a este tipo de esquemas corresponden a iniciativas en los que ambos tipos de actores operan de manera conjunta en las dos etapas.

A nivel internacional, existe una gran experiencia en la implementación de programas para la promoción de la cooperación entre universidades y actores industriales. La evolución de este tipo de programas para el trabajo conjunto entre universidades y empresas y sectores industriales se ha tornado en una herramienta de gran relevancia en las políticas de apoyo a la innovación en los países de la OCDE. Este tipo de programas opera sobre la base de subsidios y plazos de ejecución que varían entre países. En el 40% de los casos el aporte público de las iniciativas públicas es superior a un millón de euros, mientras los plazos de ejecución abarcan períodos de entre 25 y 36 meses para el 75% de los programas (Guimón, 2019).⁸

El mecanismo principal de ejecución de este tipo de iniciativas públicas se basa en el despliegue de arreglos institucionales especializados, en los cuales participan investigadores y centros de investigación junto a empresas productivas que disponen de las capacidades tecnológicas y los recursos para la formulación y ejecución de proyectos de investigación aplicada y desarrollo tecnológico. Este tipo de entidades para la generación conjunta de nuevos conocimientos aplicables incluye laboratorios y centros de investigación colaborativa, o *competence centres*, como suelen ser denominados en la literatura especializada. En general, se trata de entidades que cooperan con el desarrollo de agendas de investigación, establecidas, orientadas y/o

⁷ Para una revisión actualizada de alternativas de políticas y programas en esta área véase Guimón y Paunov (2019).

⁸ Estas cifras corresponden a una muestra de 129 programas públicos en 34 países para 2017.

lideradas por empresas e industrias, y que cuentan con la participación de investigadores de alta especialización de centros y entidades de investigación para generar resultados con impactos relevantes en los mercados.

Entre otros programas que ejemplifican estas iniciativas públicas, se puede mencionar el caso del Industry-University Cooperative Centres (IUCRCs) de la National Science Foundation (NSF) de Estados Unidos, que ha operado desde 1973 hasta ahora, impulsando dispositivos asociativos entre universidades y el sector privado. En algunos pocos casos, estos centros cuentan además con la participación de agencias públicas. Este programa ha creado más de 170 centros en ese país. Un aspecto interesante del programa IUCRCs es el prolongado período de apoyo público que alcanza a 15 años. La participación privada en general corresponde a empresas de cierta envergadura, típicamente corporaciones transnacionales y firmas locales que operan con escalas productivas que justifican su participación.

Es importante advertir que aunque las grandes corporaciones internacionales disponen de áreas especialmente dedicadas a actividades de investigación y desarrollo, su participación en alianzas con centros de investigación y universidades en países de mayor desarrollo, a menudo es considerada como parte de sus estrategias de desarrollo y resulta necesaria para la incorporación de conocimiento básico fundamental y la participación de recursos especializados en etapas tempranas del ciclo innovativo de estas organizaciones.⁹

Otro tipo de entidades de interés en el área de la investigación y desarrollo tecnológico con propósitos productivos corresponde a las denominadas organizaciones de investigación y tecnología.¹⁰ Este tipo de organizaciones corresponden a centros que actúan fuera del ámbito de las universidades, aunque es muy común la cooperación y el desarrollo de proyectos conjuntos con centros de investigación universitarios.

Los centros de investigación y tecnología son ampliamente conocidos en Europa y su actividad se asocia comúnmente al avance de las estrategias de promoción del desarrollo con particular atención en el nivel regional. Este tipo de iniciativas hace parte de la política de cohesión de la Comisión Europea que busca reducir diferencias y balancear las oportunidades de desarrollo económico entre las regiones

⁹ Empresas industriales tradicionales como General Electric, Siemens, Rolls-Royce e IBM, así como firmas tecnológicas de creación más reciente, como Amazon, Facebook, Google y Uber, participan en alianzas con universidades y centros de investigación a través de distintos mecanismos. Véase Frølund, L., F. Murray and M. Riedel (2018).

¹⁰ Este tipo de entidades son conocidas en la literatura internacional como Research and Technology Organisations (RTOs) o como Industrial Research Institutes (IRIs).

europas. En este contexto, las regiones definen estrategias o planes de investigación e innovación como parte de la implementación de Estrategias de Especialización Inteligente (Smart Specialisation Strategy, RIS3) que les permite el acceso a fondos europeos. El enfoque de especialización inteligente combina políticas y programas a nivel de sectores económicos, educación y formación de capital humano e innovación, basándose para su implementación en un proceso de identificación de áreas prioritarias que orienten la inversión en conocimiento y tecnología en concordancia con sus ventajas competitivas.

Los centros de investigación y tecnología corresponden a entidades que proveen un amplio rango de servicios de investigación, desarrollo y transferencia tecnológica. Se trata de centros públicos o privados sin fines de lucro, organizados bajo distintos modelos de trabajo, que disponen de diferentes misiones y especialización técnica, y cuyo financiamiento incluye fuentes públicas y privadas. Este tipo de entidades se identifican con una misión pública en torno a objetivos de apoyo a empresas y sectores productivos. Entre las características principales de los centros de investigación y tecnología se cuentan la experiencia en el trabajo con empresas, sectores y *clusters* productivos considerados de interés, el conocimiento de mercados tecnológicos y sus capacidades para tareas de prospectiva tecnológica. Ello constituye una base para el trabajo con las empresas procesos de identificación de oportunidades y para el apoyo a gobiernos regionales. Su trayectoria de actuación a nivel nacional e internacional facilita la participación en redes para la incorporación de fuentes de conocimiento y tecnología externas (Charles y Ciampi, 2015).

Algunos ejemplos de este tipo de centros son TECNALIA en el país vasco, los institutos de la Sociedad Fraunhofer en Alemania, el Instituto Tecnológico Danés (DTI) de Dinamarca y el Centro de Investigación Tecnológica de Finlandia (VTT). Los modelos de operación son variados e incluyen el trabajo a nivel regional, la colaboración entre los niveles regionales y nacionales y el soporte desde el nivel nacional.

Un caso de interés en el ámbito de la investigación colaborativa es el programa Catapult Network que opera desde 2010 una red de centros de investigación y tecnología en Reino Unido. A partir de 2018, objetivos del programa incluyen los siguientes: apoyar a la industria en la comercialización de innovaciones, a nivel regional, nacional e internacional; facilitar el acceso a las empresas a recursos expertos y equipamiento para gatillar procesos de innovación; trabajar colaborativamente con el ecosistema de investigación y desarrollo para el desarrollo de soluciones innova-

doras y; asumir un rol activo en la remoción de barreras que inhiben la innovación y; su comercialización (BEIS, 2021).

Este programa es considerado único en el ecosistema de Reino Unido por la relación que establece entre las actividades de investigación y la industria. Las áreas de trabajo de los centros incluyen tecnologías médicas, aplicaciones de semiconductores compuestos, tecnologías digitales avanzadas, aplicaciones satelitales, sistemas y aplicaciones para energía, manufactura de alto valor, entre otras. A nivel de indicadores de *output*, hasta 2020 el programa cuenta con más de dos mil iniciativas de colaboración con la academia y 14.750 con la industria, apoyando a más de 8.000 pequeñas y medianas empresas. Uno de los principales desafíos de los centros del programa corresponde a su modelo de financiamiento que debe responder a altos requerimientos de inversión en las áreas de frontera en las actúa. El modelo, al igual que los institutos Fraunhofer, se basa en tres tipos de fuentes, a saber, financiamiento público basal a través de la agencia Innovate UK, proyectos de investigación colaborativa y el financiamiento proveniente del sector privado. El modelo de gobernanza considera la participación de un director de la agencia pública en los directorios.

2.2. La creación de centros en Chile

El impulso a la creación de centros para el desarrollo de proyectos de investigación en Chile se remonta hacia la segunda mitad de la década de los 90 con la implementación del programa Fondo de Financiamiento de Centros de Investigación en Áreas Prioritarias (FONDAP) en 1997, el que fue seguido un par de años más tarde por la Iniciativa Científica Milenio. En las siguientes dos décadas la ANID (ExCONICYT) y CORFO pusieron en marcha otros programas e iniciativas públicas con el propósito de impulsar actividades de investigación y desarrollo e innovación, cuya ejecución se basa en la creación y apoyo a la operación de centros especializados.¹¹ La siguiente tabla presenta una secuencia temporal de los programas creados por distintos organismos nacionales. Luego de la creación del MinCiencia, se decidió el traspaso administrativo a la ANID del programa Milenio desde el Ministerio de Economía y de los programas Centros de Excelencia Internacional (CEI) y Centros Tecnológicos para la Innovación (CTI) desde CORFO.¹²

¹¹ La Agencia Nacional de Investigación y Desarrollo (ANID) fue creada en 2020 en reemplazo de la Comisión Nacional de Investigación Científica y Tecnológica (CONICYT).

¹² El programa Milenio estaba bajo la conducción del Ministerio de Economía desde 2011. Actualmente, se encuentran en proceso el traspaso de los proyectos de los programas Centros de Excelencia Internacional y Centros Tecnológicos para la Innovación de CORFO.

Tabla 1.
Implementación de programas públicos de apoyo a centros científicos y tecnológicos

PROGRAMA	ENTIDAD	ALCANCES PRINCIPALES	AÑO
FONDAP	ANID	Investigación científica y tecnológica en áreas seleccionadas	1997
Iniciativa Científica Milenio	Ministerio de Desarrollo Social	Investigación científica	1999
Programa Centros Regionales	ANID	Desarrollo científico y tecnológico e innovación en áreas de interés regional	2000
Financiamiento Basal	ANID	Investigación científica y tecnológica	2006
Centros de Investigación en Educación	ANID	Desarrollo científico en educación	2007
Centros de Excelencia Internacional	CORFO	Investigación y desarrollo tecnológico	2009
Centros Tecnológicos para la Innovación	CORFO	Innovación e Infraestructura tecnológica	2015
Fortalecimiento de capacidades para bienes públicos	CORFO	Servicios tecnológicos en ámbitos de interés público	2016
Iniciativas asociadas a contratos de explotación de litio	CORFO	Investigación aplicada e innovación en áreas seleccionadas	2019

Fuente: Elaboración propia en base a ANID y CORFO.

Los propósitos y objetivos de estos programas son diferentes y reflejan de buena manera la vocación, misión y mandatos de actuación de las agencias. Mientras la ANID ha procurado el desarrollo de condiciones para incrementar el nivel de actividad y la calidad de la investigación básica y aplicada en el país a través de la organización de grupos de investigadores, particularmente en las universidades chilenas, CORFO ha buscado el despliegue de diversas herramientas que permitan el desarrollo de actividades y proyectos de investigación aplicada, desarrollo tecnológico e innovación para su utilización a nivel de empresas y sectores productivos. Consecuentemente, los programas de las agencias nacionales se diferencian en su diseño y operación tanto por el tipo de ejecutores o beneficiarios, como en el tipo y alcance de los resultados que se espera propiciar.

2.2.1. Programas de investigación de la ANID

Los programas implementados por la ANID para impulsar la investigación a través del mecanismo de creación y fortalecimiento de centros incluyen FONDAP, Centros Regionales, Financiamiento Basal y la iniciativa para la formación de Centros de Investigación en Educación, a los que se agregó recientemente el programa Milenio puesto en operación originalmente por el Gobierno de Chile de manera independiente al trabajo de esta agencia.

Los centros de científicos y tecnológicos corresponden a diversos tipos de arreglos institucionales, que permiten la organización de grupos de investigadores y recursos de alta especialización para el desarrollo de programas, líneas y proyectos de investigación con aptitudes para la generación y adaptación de conocimiento, en períodos de tiempo prolongados y con el propósito de generar resultados e impactos científicos y tecnológicos relevantes. Estos centros disponen de capacidades científicas y tecnológicas propias y/o acceden a otras disponibles en las universidades, y, en la mayoría de los casos, su principal *output* corresponde a resultados académicos asociados a las actividades de investigación. Los centros regionales constituyen un grupo distinto que combina actividades de investigación e innovación para su aplicación a desafíos regionales.

La importancia de este tipo de organizaciones ha sido reconocida en el país en términos de su potencial para el desarrollo de actividades científicas en torno a objetivos más ambiciosos y, al mismo tiempo, como un mecanismo efectivo para el despliegue de esquemas de trabajo cooperativos y multidisciplinarios (CNID, 2016). Aunque existen muchas similitudes entre estas iniciativas, se trata de programas que fueron creados en distintos momentos del tiempo y que respondieron a requerimientos y justificaciones de política diferentes.

El programa FONDAP

La implementación del programa FONDAP en 1997, ocurrió en un contexto en el cual las agencias nacionales se encontraban en sus primeras fases de desarrollo.¹³ En ese período la ANID contaba solo con dos instrumentos de apoyo para incentivar y sustentar el desarrollo de actividades de investigación científica y tecnológica en el país. Estos corresponden al Fondo Nacional de Desarrollo Científico y Tecno-

¹³ Aunque el programa FONDECYT opera desde 1981, CONICYT y CORFO iniciaron su desarrollo como agencias de promoción propiamente tales a principios de la década de los 90 a través de una operación de crédito con el Banco Interamericano de Desarrollo (BID).

lógico (FONDECYT) para el financiamiento de proyectos de investigación individual y al Fondo de Fomento al Desarrollo Científico y Tecnológico (FONDEF) para la ejecución de proyectos de investigación y desarrollo aplicada con potencial para la generación de impactos económicos y sociales.

La preocupación central de la agencia para el diseño y puesta en operación del FONDAP se asoció a la necesidad de disponer de un esquema de financiamiento especializado para la promoción de proyectos de investigación de excelencia bajo esquemas de tipo colaborativo. Aunque en esa época en el país ya existían algunos grupos de investigación con la capacidad científica necesaria para impulsar conjuntamente el desarrollo de proyectos de investigación de relevancia en algunas áreas disciplinarias, los recursos disponibles, a través de combinaciones de fuentes nacionales e internacionales a las que podían acceder los investigadores, no eran suficientes para generar condiciones de estabilidad para el desarrollo de programas y líneas de investigación en períodos de tiempo razonablemente prolongados, inhibiendo así la posibilidad de acumulación de capacidades científicas y tecnológicas.

En este contexto, el FONDAP fue un programa pionero en la implementación de un mecanismo de promoción de centros de excelencia para Chile. Como otros programas pares a nivel internacional, su implementación consideró como elemento clave la participación de grupos de investigadores con una cierta trayectoria en ámbitos considerados de relevancia, demostrable a través de su productividad científica, para su organización a través de centros de investigación científica de excelencia en áreas definidas como prioritarias por la agencia. El programa estableció como una preocupación central el desarrollo de capital humano a través del apoyo de los centros a la formación de nuevos doctores y la incorporación de nuevos investigadores.

Aunque las bases de las seis convocatorias del período 1998 y 2015, que regulan las exigencias para la postulación y operación de los proyectos, han sido modificadas paulatinamente en un conjunto de aspectos operativos, el programa no presenta cambios sustantivos en su propósito principal. La organización en torno a centros y la definición de áreas prioritarias se han mantenido en el tiempo como los aspectos centrales para la orientación de los recursos públicos que se asignan.

La definición de áreas prioritarias es un rasgo distintivo del programa. Este aspecto sugiere un cierto nivel de focalización que ha alimentado la percepción respecto del programa FONDAP como una herramienta del tipo *mission-oriented*.

En la práctica, las primeras tres convocatorias del programa establecieron un conjunto de áreas disciplinarias a modo de “líneas prioritarias definidas por el Gobierno” respecto de las cuales debía identificarse un problema de investigación con pertinencia y relación directa con el desarrollo del país. Al mismo tiempo, sin embargo, el programa estipulaba que se trataba de áreas en las cuales el país ya disponía de un cierto nivel desarrollo.¹⁴ La siguiente tabla presenta esta “primera generación” de centros creados por el FONDAP, de los cuales solo el CIMAT no opera en la actualidad. Cinco de ellos fueron beneficiarios del programa Basal posteriormente.

Tabla 2.

Creación de centros científicos y tecnológicos FONDAP, primera generación

CENTROS	AÑO (a)	UNIVERSIDAD PRINCIPAL
Centro de Modelamiento Matemático – CMM (b)	1998	U. Chile
Centro para la Investigación Interdisciplinaria Avanzada en Ciencia de los Materiales – CIMAT	1998	U. Chile
Centro de Envejecimiento y Regeneración CARE Chile UC (Ex CRCP) (b)	1998	PUC
Centro de Investigación Oceanográfica – COPAS Sur-Austral (b)	2001	UDEC
Centro de Ecología Aplicada y Sustentabilidad – CAPES (Ex CASEB) (b)	2001	PUC
Centro de Astrofísica y Tecnologías Afines – CATA (Ex CENASTRO) (b)	2001	U. Chile
Centro de Estudios Moleculares de la Célula – CEMC	2001	U. Chile
Centro de Regulación del Genoma – CGR	2009	U. Chile
Centro de Excelencia en Geotermia de Los Andes – CEGA	2009	U. Chile

(a) Año de adjudicación; (b) Centros con continuidad en programa Basal.
Fuente: ANID.

Los siguientes concursos, entre 2011 y 2015, aportaron a sus procesos de convocatoria una mayor descripción del tipo de problemas que podrían abordarse. Aunque se trató de caracterizaciones relativamente generales, este aspecto sugiere que el programa, al menos en su diseño, distinguió una suerte de segunda etapa que reconocía los avances en el proceso de creación de capacidades científicas en el país, particularmente a partir de una cierta masa crítica de centros formados con apoyo del propio FONDAP y por las iniciativas Milenio y Basal que ya se encontraban en operación.

¹⁴ Las áreas prioritarias fueron definidas por los Consejos Superiores de FONDECYT, entidad encargada del programa FONDAP.

En esta segunda etapa, el programa se habría encontrado en condiciones para identificar con mayor precisión ámbitos de interés para el desarrollo del país. Algunos de los centros creados en ese período parecen ratificar esta idea si se considera la definición de sus ámbitos de trabajo para la eventual aplicación de sus resultados.

De cualquier forma, se debe advertir que no existen antecedentes respecto de una aproximación más sistemática a la definición de áreas prioritarias ni sobre la priorización de problemas candidatos en algunos ámbitos, así como tampoco del monitoreo de sus avances y evaluación de sus resultados por parte de la agencia. Este tipo de aspectos son relevantes para determinar la naturaleza y alcances del programa y pueden colaborar con el fortalecimiento de los procesos de aprendizaje de las agencias para su trabajo en torno a focos y objetivos de política determinados.

Los 11 centros de “segunda generación” de FONDAP se presentan a continuación.

Tabla 3.
Creación de centros científicos y tecnológicos FONDAP, segunda generación

CENTROS	AÑO (a)	UNIVERSIDAD PRINCIPAL
Centro Interdisciplinario de Estudios Interculturales e Indígenas – CIIR	2011	PUC
Centro de Ciencia del Clima y la Resiliencia – CR2	2011	U. Chile
Centro Nacional de Investigación para la Gestión Integrada de Desastres Naturales – CIGIDEN	2011	PUC
Centro de Investigaciones en Energía Solar – SERC Chile	2011	U. Chile
Centro del Desarrollo Urbano Sustentable – CEDEUS	2011	PUC
Centro Interdisciplinario de Investigación en Acuicultura Sustentable – INCAR	2011	UDEC
Centro de Estudios de Conflicto y Cohesión Social – COES	2013	PUC – U. Chile
Centro de Estudios Avanzados de Enfermedades Crónicas – ACCDiS	2013	PUC
Centro de Recursos Hídricos para la Agricultura y la Minería – CRHIAM	2013	UDEC
Centro de Investigación Dinámica de Ecosistemas Marinos de Altas Latitudes – IDEAL	2015	U. Austral
Centro de Gerociencia, Salud Mental y Metabolismo – GERO	2015	U. Chile

(a) Año de adjudicación.
Fuente: ANID.

A nivel de su desempeño, la última evaluación disponible del programa dio cuenta de un alto desempeño de los centros de la primera generación en su contribución al desarrollo de conocimientos relevantes y la formación de capital humano avanzado (Asesorías para el Desarrollo, 2009).

La Iniciativa Científica Milenio

El programa fue creado en 1999 con el objetivo de promover la calidad e impacto de la investigación nacional. Su diseño general considera cuatro ejes de actuación, a saber, la investigación competitiva a nivel internacional, la formación de nuevos científicos, la formación y mantención de redes internacionales de colaboración y la promoción del conocimiento hacia la sociedad. La creación del programa contó con el apoyo crediticio del Banco Mundial basado en un diagnóstico similar al del FONDAP que identificaba un conjunto de déficits asociados al desempeño de la ciencia y tecnología en el país.¹⁵

Esta iniciativa fue impulsada directamente por las autoridades de gobierno e instalada para su operación en el Ministerio de Planificación y Cooperación (actual Ministerio de Desarrollo Social). De acuerdo con el documento de evaluación de préstamo del banco “aunque el diagnóstico realizado por el propio gobierno apuntaba a la necesidad de corregir esta situación a través de una reforma profunda del sistema de promoción de ciencia y tecnología, las principales agencias públicas nacionales no habrían estado dispuestas a abordar un proceso de ese tipo por los riesgos que esto les podía significar. Además, las agencias públicas habrían tenido un diagnóstico que ponía el foco solo en el nivel de recursos públicos disponibles, sin dar cuenta de problemas relevantes para el desempeño de la ciencia en Chile como los asociados a la calidad y productividad de los investigadores chilenos y el número de doctores formados anualmente, entre otros”.¹⁶

Desde el punto de vista institucional, el análisis del Banco Mundial es interesante ya que plantea una situación en la cual el Gobierno de Chile habría optado por postergar ciertas reformas en CONICYT y llevar adelante un proceso de aprendizaje institucional, basado en nuevos modelos y mecanismos gracias a la implementación

¹⁵ De acuerdo al banco “el desempeño del sistema chileno de ciencia y tecnología a finales de la década de los 90 estaba seriamente afectado por un conjunto de factores que incluían problemas en la formación de capital humano avanzado; una baja disponibilidad y crecimiento de la cantidad de personal para las actividades de ciencia y tecnología; bajos niveles de recursos públicos disponibles; una alta fragmentación en los esfuerzos en investigación y desarrollo; mecanismos y procedimientos de financiamiento con pocas aptitudes para apoyar la obtención de buenos resultados en investigación y desarrollo; bajos niveles de coordinación y proyección de largo plazo de la política pública; entre otros”.

¹⁶ Véase Álvarez R., Belmar C., Lauterbach R., Sierra P. y Valdés S. (2020).

del programa Milenio, pero sin la participación de la agencia. En la práctica, la puesta en operación del programa definió un esquema de trabajo alternativo, con propósitos semejantes al programa FONDAP pero con condiciones y modelos de trabajo distintos. Se debe destacar que el mecanismo de creación de este programa, así como su operación autónoma respecto de la ANID durante dos décadas, contribuyó a generar importantes problemas de coordinación de las agencias y servicios públicos en este campo.

A nivel de diseño, el programa presenta entre sus principales características la orientación al desarrollo de investigación del tipo *blue sky* o por curiosidad, basada en la ejecución de proyectos de investigación básica o fundamental como actividad principal. A través de esta especialización el programa apunta a la generación de conocimientos científicos relevantes. El programa dispone además de financiamiento complementario para actividades de vinculación con el medio que incluyen una amplia gama de posibilidades para la producción de resultados no académicos.

En términos operativos, el programa actúa principalmente través de centros constituidos en torno a universidades albergantes y que cuentan con la participación de investigadores pertenecientes a otras universidades.¹⁷ El programa exige que estos centros dispongan de personalidad jurídica propia. La participación de investigadores de varias universidades en los centros apoyados por el programa ha colaborado, de manera más nítida que FONDAP, con la promoción de esquemas asociativos que contribuyen además a la definición de enfoques de trabajo multidisciplinarios.

Un aspecto interesante a nivel de diseño del programa es la distinción de etapas en la formación de los centros. Una primera etapa de menor financiamiento y período de ejecución apoya la creación de un número importante de centros llamados núcleos. Una segunda etapa permite la creación formal de los centros bajo la denominación de institutos Milenio. El proceso de incubación de institutos permite disponer de una primera fase de tipo experimental en la cual se puede asumir una mayor amplitud temática y niveles de riesgo más altos (Álvarez et al., 2020).

El programa ha colaborado hasta la fecha con la creación de 18 institutos, uno de los cuales no se encuentra en funcionamiento en la actualidad y 3 de ellos recibieron el soporte posterior del programa Basal. Otros 2 institutos apoyados por Milenio corresponden a centros independientes también apoyados luego por Basal.¹⁸ Los 14 institutos creados en el área de ciencias naturales y exactas y 4 institutos en ciencias sociales se presentan en las siguientes tablas.

¹⁷ Existen dos casos de centros apoyados por el programa constituidos de manera independiente a las estructuras universitarias.

¹⁸ Estos corresponden al Centro de Estudios Científicos (CECS) y la Fundación Ciencia y Vida.

El programa dispone de estudios de evaluación que destacan su desempeño en la producción científica “a través de indicadores de documentos publicados, citas bibliográficas en publicaciones de visibilidad internacional, excelencia y liderazgo, que superan ampliamente el promedio chileno y se ubica con resultados similares respecto de FONDAP que tiene objetivos y procesos similares” (DIPRES, 2014).¹⁹

Tabla 4.
Creación de Institutos Milenio en Ciencias naturales y exactas

CENTROS	AÑO (a)	UNIVERSIDAD PRINCIPAL
Instituto Milenio de Estudios Avanzados Biología Celular y Biotecnología (b)	2000	U. Chile
Instituto de Ecología y Biodiversidad – IEB (c)	2006	U. Chile
Centros de Biotecnología y Bioingeniería – CEBIB (ex ICDB) (c)	2007	U. Chile
Instituto Milenio Sistemas Complejos de Ingeniería – ISCI (c)	2007	U. Chile
Instituto Milenio de Inmunología e Inmunoterapia – IMII	2011	PUC
Centro Interdisciplinario de Neurociencia de Valparaíso – CINV	2011	U. Valparaíso
Instituto de Neurociencia Biomédica – BNI	2011	U. Chile
Instituto Milenio de Astrofísica – MAS	2013	PUC
Instituto Milenio de Oceanografía – IMO	2013	UDEC
Instituto Milenio en Óptica Avanzada – MIRO	2017	UDEC
Instituto Milenio de Biología Integrativa de Sistemas y Sintética – IBIO	2017	PUC
Instituto Milenio de Investigación sobre los Fundamentos de los Datos – IMFD	2018	PUC
Instituto Milenio en Socio-ecología Costera, SECOS	2021	PUC
Instituto Milenio de Física Subatómica en la Frontera de Altas Energías – SAPHIR	2021	PUC

(a) Año de adjudicación; (b) No operativo; (c) Centros con continuidad en programa Basal.
Fuente: ANID.

¹⁹ Véase DIPRES (2014) e InnovosChile (2015).

Tabla 5.
Creación de Institutos Milenio en Ciencias sociales

CENTROS	AÑO (a)	UNIVERSIDAD PRINCIPAL
Instituto Milenio para la Investigación en Depresión y Personalidad – MIDAP	2014	PUC
Instituto Milenio para la Investigación en Imperfecciones de Mercado y Políticas Públicas – MIPP	2014	U. Chile
Instituto Milenio para la Investigación en Violencia y Democracia – VIODEMOS	2020	PUC
Instituto Milenio para la Investigación del Cuidado – MICARE	2020	UNAB

(a) Año de adjudicación.

Fuente: ANID.

PIA Financiamiento Basal y Educación

El programa de Financiamiento Basal se sumó a los programas FONDAP y Milenio en los esfuerzos de creación y fortalecimiento de centros científicos y tecnológicos para el desarrollo de actividades de investigación de excelencia. El programa se puso en operación en 2006 en el contexto del análisis de propuestas de trabajo del Consejo Nacional de Innovación para el Desarrollo (CNID), orientadas a mejorar las posibilidades de generación de impactos en el desarrollo económico y social del país. En 2009 el programa se integró con algunas de las líneas de apoyo diseñadas en el marco del Programa Bicentenario de Ciencia y Tecnología (PBCT) para el lanzamiento del Programa de Investigación Asociativa (PIA).²⁰

En términos generales, el programa Basal recoge prácticamente las mismas áreas de actuación y características de diseño que los programas FONDAP y Milenio.²¹ Se debe señalar, sin embargo, que el Financiamiento Basal agrega una característica que lo diferencia de los otros programas. Se trata de la intencionalidad declarada del programa respecto de la contribución efectiva de los resultados de los centros para el aumento de “la competitividad de la economía chilena y/o al beneficio de la sociedad”. Este objetivo es abordado a través de la exigencia de una

²⁰ El Programa de Investigación Asociativa (PIA) de la ANID alberga, entre otros programas, la iniciativa Centros de servicios de equipamiento científico y tecnológico mayor de uso compartido. En 2009 la ANID financió cuatro centros beneficiarios de la inversión en equipamiento científico y tecnológico bajo esquemas de uso compartido que faciliten el acceso y uso eficiente de equipos de alto costo en proyectos de investigación.

²¹ El programa PIA incluye la línea de Anillos de Investigación en Ciencia y Tecnología para proyectos de investigación bajo esquemas colaborativos y multidisciplinarios. A diferencia de los núcleos del programa Milenio, este esquema no ha operado como mecanismo para la incubación de nuevos centros.

fracción del cofinanciamiento de los centros que debe provenir de fuentes públicas y/o privadas, así como de planes para la transferencia de los resultados y productos generados.²² Esta característica de diseño ha ayudado a promover la idea que los centros que operan en este programa disponen de una relativa mayor vocación hacia la investigación aplicada que los centros FONDAP y Milenio.

El apoyo a la creación y fortalecimiento de los centros se ha concretado a través varias rondas de financiamiento. La asignación de recursos del programa incluye una cantidad importante de centros apoyados previamente por FONDAP y Milenio, además de un centro universitario preexistente.²³ El programa Basal ha apoyado además a la creación de cinco nuevos centros desde su implementación, uno de los cuales no se encuentra en operación.²⁴ Véase la siguiente tabla.

Tabla 6.
Creación de centros científicos y tecnológicos, Financiamiento BASAL

CENTROS	AÑO (a)	UNIVERSIDAD
Centro de Óptica Fotónica – CEFOP (b)	2008	UDEC
Centro para el Desarrollo de la Nanociencia y Nanotecnología – CEDENNA	2008	USACH
Centro Avanzado de tecnología para la Minería – AMTC	2008	U. Chile
Centro Científico Tecnológico de Valparaíso – CCTVAL	2008	UTFSM
Centro Avanzado de Ingeniería Eléctrica y Electrónica – AC3E	2013	UTFSM

(a) Año de adjudicación; (b) No operativo.
Fuente: ANID.

Una evaluación reciente de este programa sugiere que ha aportado al desarrollo de investigación colaborativa en el país, aunque no es claro su impacto en cuanto a su contribución a una mayor productividad científica. A nivel de la producción de resultados no académicos, la generación de patentes está relativamente concentrada

²² Los indicadores exigidos para el financiamiento de continuidad consideran las siguientes áreas: excelencia científica y tecnológica; formación y atracción de capital humano; transferencia tecnológica y vinculación con otros sectores de la economía y con la sociedad chilena; apoyo a otros grupos de investigación y; actividades de difusión y extensión a otros sectores de la sociedad chilena. Véase las Bases para el Concurso de Apoyo a Centros científicos y tecnológicos de excelencia con Financiamiento Basal, del Programa de Investigación Asociativa de Conicyt, 2018.

²³ Corresponde a la Unidad de Desarrollo Tecnológico (UDT) de la Universidad de Concepción.

²⁴ Este es el Centro de Óptica Fotónica (CEFOP) de la Universidad de Concepción cuya operación se interrumpió por problemas administrativos.

en unos pocos centros, mientras el número de licencias, acuerdos de transferencia y *spin-offs* es relativamente bajo y variable en el tiempo (Verde, 2021).²⁵

En el caso de educación, a través de concursos en los años 2007 y 2016, el programa PIA apoyó la creación de cuatro centros. Esta línea mantiene las mismas características de los programas de la ANID en cuanto a la preponderancia del desarrollo de investigación de excelencia y la formación de capital humano avanzado. A diferencia de los centros de ciencias sociales de Milenio, este instrumento pone un marcado énfasis en la producción de bienes no académicos, integrando la noción de innovación y la vinculación de los resultados a políticas públicas en el área de educación. Un objetivo explícito de los centros corresponde a la transferencia de “los conocimientos generados al medio, de manera de contribuir al mejoramiento del acceso, calidad y/o equidad de la educación preescolar, básica, media y superior chilena”.

Tabla 7.
Creación de centros de investigación avanzada PIA Educación

CENTROS	AÑO (a)	UNIVERSIDAD
Centro de Investigación Avanzada en Educación – CIAE	2007	U. Chile
Centro de Estudios de Políticas y Prácticas en Educación – CEPPE	2007	PUC
Centro de Estudios Avanzados sobre Justicia Educacional	2016	PUC
Centro de Investigación para la Educación Inclusiva	2016	PUCV

(a) Año de adjudicación.
Fuente: ANID.

El programa regional

El programa de centros regionales corresponde a una iniciativa conjunta entre la ANID y la Subsecretaría de Desarrollo Regional para apoyar el desarrollo económico de las regiones a través de la descentralización de actividades de ciencia y tecnología. La creación del programa en el año 2000 apuntó a la creación y fortalecimiento de capacidades en torno a áreas de investigación aplicada y desarrollo tecnológico para la provisión de conocimientos y soluciones aplicadas a problemas de relevancia en el territorio.

²⁵ El estudio de Verde (2021) evalúa 12 de los 17 centros que recibieron apoyo del programa, incluyendo 9 centros beneficiados por los programas FONDAP y Milenio.

A través de distintas rondas de financiamiento el programa apoyó la puesta en marcha de un conjunto importante de centros en casi todas las regiones del país. En la tabla siguiente se presentan los diez centros que se encontraban en operación al 2020. De acuerdo con la exigencia del programa en cuanto a la constitución de entidades independientes, la personalidad jurídica asumida por la mayoría de los centros corresponde a corporaciones. Estas entidades fueron creadas a partir de la concurrencia de universidades y de gobiernos regionales en casi todos los casos. Estos arreglos institucionales varían para cada región, incluyendo la participación del INIA en seis regiones, del IFOP en una y de la ANID en cuatro. En algunos centros participan además empresas, asociaciones gremiales y universidades extranjeras.

Este programa presenta por lejos la mayor cantidad de centros discontinuados en comparación con el total de centros que accedieron al financiamiento de la ANID. Es posible identificar a lo menos siete centros regionales que dejaron de operar luego de la interrupción del financiamiento de la agencia. En cuatro casos, los centros ni siquiera completaron el primer período de ejecución previsto por el programa. Algunos problemas se asocian a la imposibilidad de constituir la personalidad jurídica y, en general, a dificultades para el cumplimiento de los compromisos establecidos por las entidades asociadas (Verde, 2014). La viabilidad y proyección de los centros regionales como organizaciones independientes se asocia, en buena medida, a la capacidad de los gobiernos regionales de integrar este tipo de iniciativas a una visión estratégica de carácter permanente.

Tabla 8.

Creación de centros científicos y tecnológicos Programa Regional

CENTROS	AÑO (a)	REGIÓN
Centro de Investigación Científico Tecnológico para la Minería – CICITEM	2006	Antofagasta
Centro de Estudios Avanzados en Zonas Áridas – CEAZA	2003	Coquimbo
Centro regional de estudios en alimentos saludables – CREAS	2007	Valparaíso
Centro de innovación hortofrutícola para el desarrollo regional de Valparaíso – CERES	2011	Valparaíso
Centro de estudios en alimentos procesados – CEAP	2010	Maule
Centro de estudios avanzados en fruticultura – CEAF	2010	O'Higgins
Centro de genómica nutricional agroacuícola – CGNA	2004	Araucanía
Centro de investigación de polímeros avanzados – CIPA	2008	Biobío
Centro de investigación en ecosistemas de la Patagonia – CIEP	2004	Aysén
Fundación Centro de estudios del cuaternario de fuego-Patagonia y Antártica - CEQUA	2002	Magallanes

(a) Año de adjudicación.
Fuente: ANID.

2.2.2. Programas de investigación, tecnología e innovación de la CORFO

Los programas diseñados por CORFO para la creación de centros de investigación, tecnología e innovación se asocian a sus objetivos institucionales de promoción del desarrollo productivo en Chile. Desde inicios de la década de los noventa esta agencia ha implementado diversas líneas de trabajo y mecanismos de financiamiento para apoyar procesos de modernización e innovación productiva de empresas y sectores productivos. Los diagnósticos sobre la estructura productiva en el país han identificado de manera persistente algunas debilidades que inciden en las posibilidades de desarrollo de actividades económicas de mayor valor y sofisticación técnica. Estas se relacionan con problemas en la producción de conocimientos con aplicación productiva, una escasa actividad innovadora y rezagos en la adopción de tecnologías, déficits en la formación de capital humano y una baja diversificación de las actividades productivas, entre otros aspectos que afectan los niveles de productividad en el país.

Varias de las líneas de trabajo de CORFO se fundamentan en este tipo de diagnósticos, orientándose a la promoción de actividades de investigación y desarrollo, particularmente asociadas a resolver problemas tecnológicos de interés en sectores productivos y al fortalecimiento de las capacidades de innovar e incorporar tecnologías de las empresas, así como también a facilitar su acceso a servicios tecnológicos e infraestructura especializada.

Desde principios de los 2000, algunos de los instrumentos de CORFO fueron especialmente diseñados para avanzar en el logro de estos objetivos, bajo enfoques de tipo asociativo para incentivar la colaboración entre empresas y entidades tecnológicas. Un esquema de trabajo complementario de finales de la década corresponde al programa para la Atracción de Centros de Excelencia Internacionales. La formulación de los denominados Programas Estratégicos de Especialización Inteligente (PEEI) en 2014 permitió a CORFO disponer de un enfoque relativamente más integrado en torno a agendas de trabajo para algunos sectores productivos y ámbitos de desarrollo tecnológico relevantes para impulsar la productividad a nivel nacional y regional. El diseño de estos programas siguió de cerca la experiencia europea de las Estrategias de Especialización Inteligente (RIS3), basándose en la realización de estudios de diagnósticos para la identificación de tendencias tecnológicas, así como de barreras o brechas inhibitorias del desarrollo de las capacidades productivas y tecnológicas, para la formulación de agendas de trabajo y la definición de objetivos y prioridades.

Consortios y programas tecnológicos

El fundamento económico de los programas públicos que promueven esquemas cooperativos se asocia a la idea que éstos permiten compartir costos y riesgos en la generación de conocimiento, facilitan el acceso a recursos especializados para las empresas productivas y, de esta manera, incentivan la incorporación de la innovación en las estrategias de negocio de las unidades productivas. Adicionalmente, la definición de áreas y ámbitos técnicos a través de agendas de investigación en torno a problemas productivos relevantes, así como los procesos de selección de entidades tecnológicas, aporta a una mejor coordinación entre los actores tecnológicos y empresariales.

La trayectoria internacional en este tipo de iniciativas es muy amplia, particularmente en países de mayor desarrollo. La experiencia de CORFO da cuenta de un recorrido prolongado en esta área de trabajo a través de diversos programas que han presentado variaciones en montos, plazos y denominaciones, entre otros aspectos, pero que mantienen hasta ahora el enfoque colaborativo como característica principal. Ello ha permitido la continuidad de proyectos a través de las sucesivas líneas implementadas. Las principales líneas de trabajo se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 9.
Líneas para la colaboración tecnológica empresarial CORFO

INSTRUMENTOS	AÑO	ALCANCE SECTORIAL / TEMÁTICO
Consortios Tecnológicos Empresariales	2004	Multisectorial
Programas de Mejoramiento Genético	2009	Fruticultura
Programas de Diversificación Acuícola	2009	Acuicultura
Consortios Tecnológicos para la Innovación	2012	Multisectorial
Programas Tecnológicos	2015	Sectores y ámbitos tecnológicos priorizados

Fuente: Elaboración en base a CORFO.

La primera versión de programas de fomento de iniciativas colaborativas arrancó en 2004 como una iniciativa conjunta entre CORFO, ANID y FIA.²⁶ Los primeros consorcios tuvieron financiamiento por 5 años para el desarrollo de agendas de investigación en distintos sectores productivos. La exigencia de constitución de personalidad jurídica propia se mantuvo en la segunda generación del programa de 2012. Los programas de diversificación acuícola y de mejoramiento genético en el

²⁶ Para una revisión de la primera generación de consorcios véase Busco, Retamal y Rodríguez (2008).

sector frutícola, apoyaron esquemas con foco sectorial cuya puesta en marcha amplió el horizonte de ejecución de estos programas hasta un máximo de 10 años. La implementación de los programas tecnológicos extendió el modelo de focalización a un conjunto de sectores y ámbitos tecnológicos definidos por los programas estratégicos de CORFO en 2014, condicionando la exigencia de personalidad jurídica propia a una decisión de la agencia.

De acuerdo con la información de CORFO, entre 2009 y 2020 se apoyó la instalación y operación de 36 consorcios y programas tecnológicos. De este grupo al 2020 solo uno se puede considerar como un proyecto terminado. Otros tres casos corresponden a proyectos discontinuados y dos a la línea de diversificación acuícola que continuaron luego como programas tecnológicos.²⁷

La creación de entidades para la ejecución de los instrumentos colaborativos, a través de arreglos institucionales y sociedades de derecho privado, asegura una dedicación especial de las organizaciones beneficiarias de los programas y facilita el control de las actividades comprometidas. La estructura de participación de entidades tecnológicas, empresas y organizaciones gremiales no dispone de una regla general, así como tampoco se definen a priori alcances y metas para la transferencia de los resultados. Ambos aspectos varían dependiendo de los alcances de cada iniciativa. En principio, la temporalidad de estas nuevas entidades está definida por el horizonte de los programas de investigación y desarrollo financiados. Ello marca una diferencia respecto de centros y entidades con funciones de tipo permanente que actúan en períodos de tiempo indeterminados.

Centros Tecnológicos para la Innovación

Los programas estratégicos de CORFO avanzaron en la generación de información de *benchmarking*, estudios de diagnóstico y prospección tecnológica, la constitución de plataformas de trabajo para la articulación y coordinación de actores públicos y privados, y la definición de agendas a modo de hojas de ruta con horizontes temporales definidos para sectores y ámbitos de interés. Con distintos focos de trabajo los sectores cubiertos por el programa incluyeron la minería, alimentos saludables, construcción sustentable, servicios de salud, turismo, pesca y acuicultura e industria creativa, mientras los ámbitos tecnológicos incluyeron logística, energía solar e industrias inteligentes y manufactura avanzada.²⁸

²⁷ Véase CORFO (2020).

²⁸ La denominación actual del programa es Transforma y mantiene un mayor nivel de actividad a nivel nacional para alimentos, construcción e industrias creativas. A nivel regional las iniciativas en operación son coordinadas por las direcciones regionales de CORFO.

En este marco, fueron inauguradas las líneas de soporte para programas tecnológicos y para la creación de los centros tecnológicos para la innovación (CTI). Con una justificación semejante a los programas tecnológicos, los centros “se crean para fortalecer y/o desarrollar infraestructura tecnológica y capital humano avanzado que permita activar la demanda por innovación de las empresas para la creación de nuevos productos o servicios de alto valor y potencial de mercado”.

Entre las características principales del programa se cuenta el requerimiento de creación de los centros a través de la constitución de personas jurídicas sin fines de lucro, a partir de una entidad ejecutora, conformadas por entidades tecnológicas y empresas, que asumen la responsabilidad del proyecto. En la mayoría de los casos, la constitución de los centros se basa principalmente en el liderazgo de universidades nacionales, y cuentan con la participación de empresas y asociaciones gremiales productivas.²⁹ En varios de ellos participan además centros tecnológicos y otras entidades especializadas. En dos casos, la responsabilidad de la puesta en marcha y organización de los centros recayó en organizaciones privadas.³⁰ Su financiamiento permite la inversión en infraestructura a través de equipamiento y plantas pilotos para el desarrollo de actividades de investigación aplicada, transferencia de tecnología, innovación y emprendimiento.

²⁹ Cinco de los nueve centros fueron organizados por la Universidad de Chile y la Pontificia Universidad Católica.

³⁰ Estas corresponden a SOFOFA con el Centro de Biotecnología Traslacional y la empresa Bizarro Live Entertainment para el Centro para la Revolución Tecnológica en Industrias Creativas.

Tabla 10.
Centros Tecnológicos para la Innovación, 2020

CENTROS	AÑO	ALCANCE SECTORIAL / TEMÁTICO
Centro Tecnológico para la Innovación Alimentaria – CeTA	2015	Alimentos
Centro de innovación y desarrollo para una acuicultura sostenible – Aquapacífico	2015	Acuicultura
Centro Nacional en Sistemas de Información en Salud – CENS	2016	Servicios de salud
Centro tecnológico para la innovación en productividad y sustentabilidad en la construcción – CTeC	2016	Construcción
Centro interdisciplinario para la productividad y construcción sustentable – CIPYCS	2016	Construcción
Centro nacional de pilotaje de tecnologías para la minería – CNP	2017	Minería
Centro Integrado de Pilotaje de Tecnologías Mineras – CIPTEMIN	2017	Minería
Centro de Biotecnología Traslacional – CBT	2018	Biotecnología
Centro para la Revolución Tecnológica en Industrias Creativas – CRT+IC	2019	Industrias creativas

Fuente: CORFO.

Atracción de centros de excelencia internacionales

La instalación de los Centros de Excelencia Internacionales (CEI) en Chile se inicia en 2009 a partir del diagnóstico del Ministerio de Economía que confirma las principales deficiencias del sistema nacional de ciencia, tecnología e innovación, particularmente en cuanto al escaso desarrollo relativo de las capacidades locales. En este caso, una especial atención les correspondió a aspectos asociados a la persistente desconexión entre las actividades de investigación y las necesidades de actualización y desarrollo tecnológico e innovador de los sectores productivos. Los escasos aportes del sistema nacional de innovación a la productividad del país definieron el marco para avanzar en un nuevo tipo de política de promoción de capacidades a través de la instalación en el país de entidades con especialización y trayectorias demostradas.

Un aspecto que se debe relevar es la escala de operación del programa que buscó apoyar la instalación en un período relativamente corto de un grupo numeroso de centros internacionales en Chile. En la década de los 2000, las prácticas más frecuentes daban cuenta de la participación en centros en proyectos y convenios de colaboración a nivel internacional, mientras la instalación de centros de investigación y desarrollo en otros países era un fenómeno relativamente escaso. Además de algunos centros europeos que desarrollaban actividades en el marco de los programas de la Unión Europea en países de esa región, solo unas pocas entidades de países de mayor desarrollo disponían de estrategias y experiencia para su instalación a nivel global. Este es el caso, por ejemplo, de la Sociedad Fraunhofer de Alemania y el Instituto Pasteur de Francia.

Las convocatorias del programa permitieron la instalación en el país de 13 centros internacionales, ocho de los cuales corresponden a centros institucionales dependientes de entidades tecnológicas y cinco a centros asociados a empresas internacionales.³¹ Los ocho centros que operan en el país al momento de preparación de este informe se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 11.
Centros internacionales, 2020

CENTROS	AÑO (a)	MATRICES
Center for Systems Biotechnology – CSB	2009	Sociedad Fraunhofer, Alemania
Communication and Information Research & Innovation Center – CIRIC	2010	INRIA, Francia
Centro de Excelencia Internacional CSIRO Chile	2010	CSIRO, Australia
Life Sciences Innovation Center	2013	University of California Davis, EEUU
Sustainable Minerals Institute International SMI–ICE Chile	2013	University of Queensland, Australia
International Center of Excellence for Solar Energy – CSET	2013	Sociedad Fraunhofer, Alemania
Centro de Excelencia en Nanotecnología – CEN Leitat Chile	2013	Leitat, España
Marine Energy Research and Innovation Center – MERIC	2014	Naval Energies, Francia

(a) Año adjudicación.
Fuente: CORFO.

³¹ El proyecto institucional del centro holandés Wageningen y los centros empresariales Laborelec Engie, Emerson, Pfizer y Telefónica cerraron sus operaciones en el país.

Las expectativas del programa definieron un conjunto de resultados que incluyó, entre otros, la introducción al país de tecnologías disponibles en los centros internacionales, la generación de tecnologías e innovaciones a nivel nacional, el desarrollo de actividades de transferencia tecnológica, la implementación de modelos de colaboración con empresas, entidades y centros locales para la ejecución de proyectos de investigación y desarrollo, el desarrollo de nuevos negocios y la creación de empresas, la constitución de una nueva infraestructura tecnológica y la formación de capital humano y capacidades locales.

El diseño e implementación de este programa puede considerarse como una iniciativa pública muy novedosa para América Latina y, a la vez, de alta incertidumbre por el alcance de los desafíos establecidos por el Ministerio de Economía.

La apreciación de los aportes de los centros debe considerar, en una primera aproximación, los resultados obtenidos a nivel local durante el período de ejecución de actividades con financiamiento público. Los productos y resultados incluyen la ejecución de proyectos de investigación, en especial, a través de iniciativas colaborativas, la formación de recursos humanos, publicaciones y, particularmente dada la orientación del programa, el desarrollo de tecnologías e innovaciones, el licenciamiento y comercialización de paquetes tecnológicos, la suscripción de contratos de soporte técnico con empresas y nuevos emprendimientos basados en los resultados de investigaciones científicas y tecnológicas. Aunque el programa realiza actividades periódicas de monitoreo, particularmente a nivel de los *input* y *output* de los proyectos, no se encuentran disponibles antecedentes e información sistemática asociados a la producción de los resultados de cada centro ni del programa en su conjunto. CORFO ha dejado a los propios centros las tareas de difusión de sus actividades y resultados a través de sitios *web*, publicaciones y otros medios.

Un segundo tipo de aproximación debe recoger aspectos que permitan establecer una diferencia o adicionalidad en la contribución de los centros internacionales respecto de otros esquemas de apoyo público de corte más tradicional. En este caso se trata de aportes específicos, tales como nuevos métodos de investigación, infraestructura tecnológica, incorporación de capital humano de mayor especialización relativa y modelos de transferencia tecnológica, entre otros, así como el acceso temprano a conocimientos y tecnologías más avanzadas, que no se encuentran disponibles y que presenten posibilidades para su adaptación a requerimientos y singularidades locales para su aplicación en el país.

No existen estudios actualizados sobre aspectos de adicionalidad de estos centros. Una evaluación temprana sobre algunos centros instalados en 2015, identificó algunos ámbitos de contribución como el acceso a equipamiento tecnológico especializado, la organización del trabajo colaborativo y el acceso a redes internacionales, particularmente importante para universidades regionales, mientras sugiere algunas dudas sobre el aporte en la formulación de nuevas agendas de investigación y desarrollo, la participación de capital humano avanzado y los modelos de empaquetamiento y transferencia de tecnología al sector productivo (Addere, 2016).

Iniciativas asociadas a contratos de litio

El proceso de actualización de los contratos de explotación de litio de CORFO con las empresas Albemarle y SQM en el Salar de Atacama incorporó cláusulas específicas para el aporte anual de estas empresas a actividades de investigación y desarrollo. De acuerdo a estas estipulaciones, el aporte conjunto entre 2018 y 2030 de ambas empresas alcanzará a poco más de 350 millones de dólares. Para el período 2031 a 2043, se estima que Albemarle aportará cerca de 160 millones adicionales.

Al momento de preparación de este informe, CORFO ha aprobado la ejecución de tres proyectos. El más importante de ellos corresponde al Instituto Chileno de Tecnologías Limpias (ITL), en proceso de adjudicación, que actuará como persona jurídica sin fines de lucro. El consorcio liderado por Associated Universities Inc. (AUI) incluye la participación de universidades nacionales y empresas de los sectores minería y energía. El financiamiento de este centro supera en cerca de diez veces el financiamiento de los centros de investigación y desarrollo de los programas presentados anteriormente y compromete la mayor parte de los recursos provenientes del contrato con SQM.³²

Las otras iniciativas corresponden al Centro de Aceleración Sostenible de Electromovilidad (CASE) y el Centro Tecnológico de Economía Circular para la Macrozona Norte. Los recursos de estos centros, provenientes del contrato con Albemarle, ascienden a cerca de 7 millones de dólares para un período de ejecución de 5 años para el primero y a 10 millones en un período de 10 años, para el segundo.

³² AUI es una organización sin fines de lucro, fundada por nueve universidades estadounidenses: Columbia, Harvard, Cornell, MIT, Pensilvania, Princeton, John Hopkins, Rochester y Yale. El financiamiento solicitado en la propuesta de AUI alcanzó a 142 millones de dólares. Véase https://www.corfo.cl/sites/cpp/sala_de_prensa/nacional/11_01_2020_declaracion_publica_proceso_seleccion_aporte_i%20d.

3. Los institutos tecnológicos públicos



Los institutos tecnológicos públicos

Los institutos tecnológicos públicos (ITPs) corresponden a organizaciones técnicas que apoyan el desarrollo de funciones públicas. A nivel internacional, este tipo de entidades realizan actividades de investigación y desarrollo, desarrollo tecnológico, investigación operativa y otras tareas en el ámbito técnico de acuerdo a las funciones encargadas por la administración pública correspondiente. Existe una alta heterogeneidad respecto del número de estas entidades en cada país así como de las áreas técnicas en las que operan.

En Chile, los ITPs corresponden a un conjunto de entidades que desarrollan funciones técnicas complementarias para la implementación de políticas y programas públicos sectoriales. En general, se trata de organismos técnicos que cuentan con una alta especialización en áreas de interés de los ministerios y en los cuales el sector público ejerce niveles variables de influencia y control, tanto respecto de sus orientaciones estratégicas como en sus áreas de actuación. Estas organizaciones fueron creadas en distintos momentos del tiempo, la mayoría en el siglo pasado, como una respuesta del Estado para atender la emergencia de nuevos desafíos en áreas de política que requerían del ejercicio de nuevas funciones basadas en el desarrollo de capacidades técnicas e institucionales con cierto nivel de especialización.

Los ITPs fueron organizados bajo distintos esquemas jurídicos, obedeciendo a mandatos y modelos de gobernanza diversos. Algunas de estas entidades hacen parte de la Administración del Estado, como entidades de derecho público con funciones y dependencia de ministerios, mientras otras se constituyeron como personas jurídicas de derecho privado en las cuales el sector público mantiene participación en los gobiernos corporativos y en la nominación de miembros de los directorios y la selección de directores ejecutivos. En la mayoría de los casos, los recursos provenientes del sector público son muy relevantes en el financiamiento institucional. Las fuentes públicas de financiamiento operan a través de diversos mecanismos que incluyen transferencias directas establecidas en la Ley de Presupuesto, otros recursos provenientes de convenios institucionales y el financiamiento de diversos proyectos contratados por ministerios y otras entidades públicas.

La preocupación respecto de la contribución del sistema de institutos públicos en el área de ciencia, tecnología e innovación surgió a principios de la década de los noventa asociada a los requerimientos de modernización de los institutos CORFO. Este grupo

incluye algunas de las entidades a las cuales esta agencia concurrió a su formación, como es el caso del CIREN, IFOP, INFOR y el INN, en las cuales mantiene ciertos niveles de participación y control establecidos en sus estatutos. Los ámbitos de perfeccionamiento abordados por CORFO cubrieron, entre otros aspectos, el modelo de financiamiento, la focalización de las líneas de trabajo y la profundización de la participación de los ministerios sectoriales en la conducción estratégica y operativa de los institutos.³³

A principios de la década de los 2000, el Ministerio de Economía amplió el ámbito de análisis a otros institutos relacionados con el desarrollo de sectores productivos, incorporando además la revisión de dimensiones como la pertinencia de sus líneas de actuación y modelos de trabajo, entre otros, para orientar la formulación de propuestas dirigidas a incrementar el aporte de este tipo de instituciones al Sistema Nacional de Innovación. Adicionalmente, el ministerio abordó otros aspectos de política asociados a la definición de mecanismos y criterios orientadores para la identificación de áreas para la creación de nuevos institutos, así como de ámbitos y líneas de trabajo para el desarrollo de sus actividades científicas y tecnológicas.³⁴

Un reexamen del sistema de institutos públicos fue abordado por el CNID en 2008. Entre sus principales resultados se debe destacar la caracterización del grupo de institutos en cuanto a la especialización de sus actividades. El diagnóstico del CNID detecta que se trata de un grupo heterogéneo de entidades, cuyo ámbitos de acción incluyen el desarrollo de actividades de investigación aplicada y transferencia de tecnologías, así como la provisión de servicios tecnológicos e información útil para la regulación sobre recursos naturales y medio ambiente. No obstante este diagnóstico, en la práctica la mayor parte de estas organizaciones presenta una relativa baja intensidad del quehacer de investigación y desarrollo, una mayor especialización y dedicación orientadas a la provisión de servicios e información y distintos niveles de relación con los sectores productivos.³⁵

Entre otras propuestas que emanaron del trabajo de diagnóstico del CNID, se debe considerar la conformación de una nueva instancia institucional que permitiera abordar de manera integrada diversos aspectos sobre el funcionamiento y las orientaciones estratégicas de los institutos tecnológicos públicos (CNIC, 2008).

³³ Estos institutos corresponden a entidades de derecho privado y no forman parte de la Administración del Estado. Hasta 2002 incluían además la Corporación de Investigación Tecnológica (INTEC), entidad disuelta ese año, cuyos activos fueron transferidos a la Fundación Chile.

³⁴ Para este trabajo el Ministerio de Economía contrató una consultoría internacional a través del Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo (CIID) del Canadá. Véase Mullin et al. (2000).

³⁵ La formulación del diagnóstico se realizó a través de una consultoría internacional contratada por el CNID. Véase Lemola y Peña-Ratinen (2008).

La siguiente tabla presenta el actual elenco de institutos tecnológicos públicos. Este grupo corresponde a las instituciones definidas en la Política Nacional de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación formulada por el Ministerio de Ciencia en 2020, que incluyó el Instituto para la Resiliencia ante Desastres (ITREND) y la Fundación Chilena de Eficiencia Logística (Conecta Logística), ambas entidades recibieron financiamiento para su creación del Programa de Fortalecimiento y Creación de Capacidades Tecnológicas Habilitantes para Bienes Públicos de CORFO.

Tabla 12.
Institutos Tecnológicos Públicos, 2021

INSTITUTOS	AÑO	SECTOR INSTITUCIONAL
Instituto Geográfico Militar – IGM	1922	
Servicio Aerofotogramétrico – SAF	1963	Defensa
Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada – SHOA	1990	
Comisión Chilena de Energía Nuclear – CCHEN	1965	Energía
Servicio Nacional de Geología y Minería – SERNAGEOMIN		Minería
Instituto Nacional de Hidráulica – INH	1967	Obras Públicas
Instituto Antártico Chileno – INACH	1964	Relaciones Exteriores
Instituto de Investigaciones Agropecuarias – INIA	1964	
Instituto Forestal – INFOR	1961	Agricultura
Centro de Información de Recursos Naturales – CIREN	1985	
Instituto Nacional de Normalización – INN	1973	
Instituto de Fomento Pesquero – IFOP	1964	Economía
Fundación Chile	1976	
Fundación Chilena de Eficiencia Logística - Conecta Logística	2020	Transportes y Telecomunicaciones
Instituto para la Resiliencia ante Desastres - ITREND	2020	Interior

Fuente: MinCiencia (2020).

Una definición oficial de los institutos tecnológicos públicos fue abordada recientemente en la ley 21.105 que dio origen a la creación del Ministerio de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación en 2018. En 2019 se puso en marcha el Comité de

Institutos Tecnológicos y de Investigación Públicos que opera como una instancia de coordinación para la conducción de los ITPs en el marco de la nueva institucionalidad.³⁶

La ley define que se entiende por “institutos tecnológicos y de investigación públicos las instituciones que formen parte de la Administración del Estado; y las personas jurídicas de derecho privado sin fines de lucro en las que el Estado tenga participación o representación, excluidas las instituciones de educación superior; que lleven a cabo actividades de investigación y desarrollo, transferencia de tecnología e innovación, asistencia tecnológica y técnica especializada, difusión tecnológica o generación de investigación e información de apoyo a la regulación y las políticas públicas”.

La nueva definición legal releva un aspecto de interés para el análisis de política al incluir explícitamente un espectro muy amplio de actividades. En efecto, además de las actividades de investigación y desarrollo y otras relacionadas como la transferencia tecnológica, típicamente las más características de las entidades de investigación y desarrollo tecnológico, se incluyen la asistencia técnica, la difusión tecnológica y la provisión de información, actividades que pueden realizarse de manera complementaria con tareas científicas y tecnológicas, o bien ser ejecutadas de manera independiente, sin estar asociadas a actividades de generación de contenidos científicos y tecnológicos. De esta forma, el concepto nacional de ITPs buscó ser inclusivo respecto de las entidades consideradas hasta ahora en esta categoría y, al mismo tiempo, se aleja de las definiciones utilizadas internacionalmente.

Algunas clasificaciones propuestas por la OCDE, por ejemplo, incluyen varios tipos de organizaciones que desarrollan funciones y roles diversos, en las cuales la participación pública es variable. Son entidades que pueden contar con participación estatal en su propiedad o gobernanza y otras que corresponden a organizaciones privadas sin fines de lucro, pero que operan en un área considerada cercana a la actividad pública. En todos los casos, sin embargo, la característica común de este tipo de entidades es la ejecución de actividades de investigación y desarrollo tecnológico (OECD, 2011).

En el caso de en Reino Unido, las organizaciones de investigación e innovación incluyen aquellas entidades sin fines de lucro, que no pertenecen a universidades,

³⁶ El objetivo del comité es “fomentar la generación y fortalecimiento de capacidades científicas y tecnológicas para la innovación y provisión de bienes públicos, y servirá de instancia de coordinación e intercambio de información y buenas prácticas entre instituciones públicas y privadas sin fines de lucro, que llevan a cabo actividades de investigación y desarrollo, transferencia de tecnología e innovación, asistencia tecnológica y técnica especializada, difusión tecnológica o generación de investigación, e información de apoyo a la regulación y las políticas públicas”.

que realizan actividades de investigación y desarrollo como tarea principal, en las cuales el financiamiento público es muy relevante para sus operaciones y cuyo trabajo sirve a algún tipo de propósito de política pública. En este conjunto, las denominadas Entidades de Investigación del Sector Público (PSREs, por su sigla en inglés), propiamente tales, corresponden a aquellas entidades dirigidas por departamentos de gobierno (véase Department for Business, Innovation and Skills, 2015).

El mandato de los institutos tecnológicos públicos

Los institutos tecnológicos públicos chilenos constituyen un grupo de gran heterogeneidad tanto respecto de su naturaleza jurídica, como de sus actividades, ámbitos de actuación y modelos de financiamiento, entre otros aspectos. Una de las principales diferencias corresponde al tipo de mandato bajo el cual operan estas entidades, lo que define en buena medida el tipo de funciones que desempeñan. Aunque prácticamente en todos los casos, el quehacer de los institutos se asocia al ejercicio de políticas públicas, la vinculación con la administración pública varía según el caso. Para el conjunto de ITPs es posible distinguir las siguientes situaciones:

- Algunos institutos actúan en ámbitos regulatorios desarrollando actividades en respuesta a mandatos legales específicos. Este es el caso, por ejemplo, del IFOP que ejecuta investigaciones en el marco de la Ley de Pesca; la CCHEN que regula y fiscaliza las fuentes nucleares y radiactivas en el país; el SERNA-GEOMIN como encargado del cumplimiento de normativas obligatorias para las faenas mineras y el monitoreo de la actividad volcánica en el territorio y; el SHOA en sus obligaciones vinculadas a la seguridad de la navegación.
- En otros casos, el quehacer de algunos institutos responde a sus roles como organismos técnicos oficiales de carácter permanente. Este es el caso del IGM, el SAF y el SHOA, en el desarrollo de funciones y actividades asociadas a la provisión de información cartográfica en sus respectivas áreas; el INACH como entidad encargada de la coordinación de las actividades definidas en la política antártica nacional y; el INH como organismo técnico asesor del Ministerio de Obras Públicas para el desarrollo de la infraestructura hidráulica en el país.
- En el caso del INIA, INFOR y el CIREN se trata de entidades que proveen bienes y servicios para el desarrollo de los sectores agrícola y forestal. Estas instituciones se encuentran integradas a la estructura operativa del Minis-

terio de Agricultura, aunque su relación institucional con este ministerio no está definida a través de un mandato legal.

- Para el INN y la Fundación Chile, la relación con el sector público es distinta. En el caso del INN, la vinculación formal con el Ministerio de Economía es más débil, aunque se reconoce el rol clave y exclusivo que juega en el desarrollo y operación del sistema e infraestructura de la calidad en el país. La Fundación Chile actúa sobre la base del acuerdo del Gobierno de Chile con BHP Billiton, Minera Escondida, y se relaciona con el sector público particularmente a través de la CORFO, agencia que ha realizado aportes para aumentar su disponibilidad de recursos y con la cual mantiene proyectos y convenios de manera regular³⁷
- Finalmente, los casos del ITREND y Conecta Logística son relativamente recientes. La creación de estas organizaciones responde a la identificación de necesidades de desarrollo de capacidades en ámbitos establecidos por entidades públicas y su relación con la administración no responde hasta ahora a mandatos legales definidos.

El trabajo de los institutos tecnológicos públicos

Desde el punto de vista de sus tareas principales, los ITPs desarrollan un conjunto amplio de actividades relacionadas con su oferta de bienes y servicios. Los principales ámbitos de trabajo se presentan a continuación.

Investigación y desarrollo

La ejecución de este tipo de actividades, con distinta intensidad y modalidades, se asocia al trabajo de varios de los institutos. En los casos del IFOP, el INIA y el INH, las tareas de investigación y desarrollo hacen parte de sus funciones principales. En otros institutos el desarrollo de estas actividades presenta una menor importancia relativa y se encuentra acotada a algunas áreas de trabajo. Este es el caso del INFOR donde esta actividad ha perdido espacio de manera paulatina en los últimos años. Para SERNAGEOMIN éstas se realizan en el área de geología, mientras para la CCHEN en algunos ámbitos seleccionados como alimentos, energía, litio, minería y salud. Una parte de la agenda de esta última institución se realiza a través de la articulación de capacidades y financiamiento externos. En el caso del

³⁷ La Fundación Chile fue creada en 1976 a partir del acuerdo suscrito entre el acuerdo del Gobierno de Chile y la International Telephone & Telegraph Corporation (ITT Corp.), a la fecha accionista mayoritario de la Compañía de Teléfonos de Chile (CTC), a partir del cual se constituyó una dotación inicial de recursos para su operación.

INACH, aunque algunos de sus investigadores participan en redes científicas, la mayor parte de los esfuerzos de investigación es ejecutado externamente a través de convocatorias del instituto en conjunto con la ANID que cuentan con distintas fuentes de financiamiento. La Fundación Chile mantiene capacidades técnicas para realizar actividades de investigación aplicada y desarrollo experimental en algunas áreas como acuicultura, participando además en otros sectores de manera indirecta a través de empresas relacionadas.

Transferencia de tecnología

Los procesos de transferencia tecnológica corresponden a actividades que facilitan el uso y la comercialización de resultados provenientes de las actividades de investigación y desarrollo, como tecnologías, prototipos, procesos y *know-how*. En términos prácticos, esta función se lleva a cabo a través de licenciamiento, contratos de servicios tecnológicos y *spin-offs*, entre otros, asociados al desarrollo tecnológico previamente generado. En los institutos públicos nacionales este tipo de tareas es relativamente escaso. La Fundación Chile y el INIA a través de distintos mecanismos y de manera muy acotada en el caso del INFOR, llevan a cabo este tipo de funciones.

Extensionismo tecnológico

A diferencia de la transferencia tecnológica, las actividades de extensionismo tecnológico están orientadas a facilitar el acceso a conocimientos y tecnologías conocidas y con resultados probados. Son diversas formas de conocimiento aplicado que incluyen procedimientos, métodos y *know-how* productivo, así como tecnologías que tienen aptitudes para su adaptación o para su adopción en los procesos productivos y de negocio.³⁸ Esta área de trabajo es relativamente común para los institutos públicos nacionales que desarrollan actividades de asistencia técnica, asesorías y estudios técnicos y proveen información técnica a agentes productivos. Este tipo de funciones es realizado por la mayoría de estas instituciones con la excepción del IGM, SHOA, SAF y el INN.

Servicios de información pública

La generación de información de uso público es parte de las funciones de los ITPs en la mayoría de los casos. En general, el trabajo que desarrollan los institutos en la generación de información abarca muchas áreas de información técnica y

³⁸ Para una presentación comprensiva de este tipo de servicios véase, por ejemplo, Shapira y Youtie (2013).

económica y es considerada como parte de su contribución en el ámbito de la producción de bienes públicos. Los institutos que producen información geoespacial como parte de sus tareas principales, como en los casos del IGM, SHOA, SAF y CIREN, realizan aportes parciales a la red de Infraestructura de Datos Espaciales (IDE Chile) liderada por el Ministerio de Bienes Nacionales.

4. Caracterización general de centros de investigación y desarrollo e ITPs



A lo largo de un período de casi 25 años, producto de un esfuerzo de inversión pública sostenido, se puso en operación un conjunto importante de centros de investigación y desarrollo. Al momento de la preparación de este informe fue posible identificar 78 centros que recibieron apoyo de iniciativas públicas para su creación u operación en el país.³⁹

Estos centros se suman a los institutos tecnológicos públicos de mayor trayectoria en el país y a un conjunto de otras organizaciones técnicas que disponen de distintas capacidades científicas y tecnológicas y cumplen distintas funciones en el ecosistema local, tales como:

- otros centros y entidades tecnológicas que operan en las universidades, muchos de ellos de menor visibilidad que los centros beneficiarios de los programas públicos revisados;
- empresas de base tecnológica, caracterizadas por actividades regulares de investigación y desarrollo en áreas de emergentes y de mayor sofisticación;⁴⁰
- organizaciones adscritas a entidades privadas;
- organizaciones no gubernamentales;
- entidades y centros dependientes de las Fuerzas Armadas;
- infraestructuras tecnológicas que operan como plataformas para el desarrollo de investigaciones, que incluyen, por ejemplo, instalaciones astronómicas, la Base Antártica y el buque oceanográfico de la Armada y;⁴¹
- los laboratorios clínicos, de calibración y ensayo que operan en el sistema nacional de calidad como Organismos Evaluadores de la Conformidad (OEC).⁴²

³⁹ Estos no incluyen tres centros independientes que fueron apoyados por los programas Milenio y Basal. Estos corresponden al CECS, la Unidad de Desarrollo Tecnológico (UDT) y la Fundación Ciencia y Vida.

⁴⁰ Un estudio contratado por el Ministerio de Economía identificó cerca de 630 empresas de base tecnológica. Véase Ematris Consultores y PRODEM (2020).

⁴¹ El programa PIA de la ANID dispone de una línea de creación de soporte a centros de servicios de equipamiento científico y tecnológico mayor de uso compartido.

⁴² De acuerdo con información del INN, actualmente están acreditados en el país 8 laboratorios clínicos, 76 laboratorios de calibración y 967 laboratorios de ensayo.

Un recuento general de estas organizaciones según programas e iniciativas públicas se presenta en la siguiente tabla.

Tabla 13.
Creación de centros e institutos con soporte público

PROGRAMAS E INICIATIVAS PÚBLICAS	NUEVAS ENTIDADES	PERÍODO DE CREACIÓN
Programas ANID (FONDAP, Milenio, PIA)	44	1998 en adelante
Programa Regional	10	2001 – 2011
Atracción Centros Internacionales – CEI	8	2009 – 2015
Programas Estratégicos – CTIs	9	2015 en adelante
Programa Bienes Públicos (nuevos ITPs) (a)	2	2015 en adelante
Contratos Litio	3	2019 en adelante
Otras iniciativas públicas	2	2019 en adelante (b)
Total entidades	78	

(a) De acuerdo a la Política Nacional de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación de 2020.

(b) Corresponden a la Corporación Alta Ley (Ex CIMM) y la Fundación Data Observatory.

Fuente: Elaboración en base a información institucional.

Durante todo este período los 13 institutos públicos “históricos” recibieron el soporte financiero del sector público a través de diversos mecanismos. Adicionalmente, en el período reciente se sumaron dos nuevas entidades que cuentan con la participación y financiamiento proveniente del sector público.⁴³

Los centros de investigación y desarrollo nacionales presentan rasgos comunes y algunas características que los diferencian. A continuación se abordan algunos aspectos que son considerados de interés para su caracterización.⁴⁴

El tamaño de los centros e institutos

Un primer tipo de característica se asocia a su tamaño. Si se considera la cantidad de investigadores se trata de organizaciones relativamente más pequeñas comparadas con algunos países de la región como Argentina y Brasil, con diferencias

⁴³ El recuento de programas asociados a la creación y operación de centros no incorpora la promoción de consorcios y programas tecnológicos impulsados por CORFO, normalmente integrados por universidades, centros y empresas para abordar desafíos tecnológicos de mayor especificidad y que operan con horizontes temporales limitados para su ejecución.

⁴⁴ Estudios a nivel internacional proponen diversos esquemas para la caracterización de este tipo de organizaciones. Véase, por ejemplo, OECD (2011) y Cruz-Castro, Martínez, Peñasco y Sanz-Menéndez (2020).

de escala particularmente importantes en relación con países de mayor desarrollo económico. De acuerdo con CNID (2016), a nivel internacional los centros de investigación pequeños y medianos cuentan con al menos 100 investigadores, mientras los centros nacionales no superan los 20 investigadores con doctorado. Una encuesta de la OCDE para 2012 da cuenta de centros de investigación de excelencia con una media de 87 investigadores para entidades con financiamiento anual promedio cercano a los 3,2 millones de dólares, mientras aquellos centros de menor tamaño, con un financiamiento anual promedio en torno a los 470 mil dólares, registran una planilla de 61 investigadores (OECD, 2014).

El tamaño de los centros de investigación puede afectar la calidad de la producción científica a nivel individual y grupal. Este tipo de aspecto ha sido abordado en la literatura con diversos resultados. El tamaño de las áreas de investigación parece no influir en la productividad e impacto de las publicaciones en departamentos universitarios, no obstante la disminución de costos administrativos y una mayor capacidad para acceder a fondos cuando éstos operan a mayor escala (Aksnes, Fredrik y Rørstad, 2018). Centros de investigación de mayor tamaño pueden generar beneficios adicionales como una mayor comunicación entre investigadores a nivel nacional e internacional y generar mejores condiciones para publicar internacionalmente (Horta y Lacy, 2011). Por otra parte, el desempeño de los centros de excelencia puede cambiar a lo largo del tiempo. Aunque la productividad científica puede aumentar con el tamaño de los centros, es posible que ésta encuentre límites en su ritmo de crecimiento, lo que sugiere que puede existir un nivel de financiamiento óptimo dependiendo de las áreas y agendas de investigación de los centros (Bloch, Schneider y Sinkjær, 2016). Con todo, el objetivo de los programas públicos de apoyo a centros de excelencia es convocar la cantidad necesaria de investigadores para garantizar la formación de la masa crítica que se requiere para generar conocimientos de frontera (OECD, 2014).

En el país no existe información oficial que dé cuenta del tamaño de los centros en términos de la cantidad de investigadores en jornada equivalente.⁴⁵ La información que publican los centros nacionales en sus sitios *web* es heterogénea, presentando en algunos casos antecedentes generales sobre investigadores principales,

⁴⁵ De acuerdo con el informe de evaluación del programa Milenio, 10 institutos contaban, además de los investigadores principales, con la participación de entre 8 y 35 investigadores en sus distintas categorías, con un promedio cercano a 19 investigadores. El CECS contaba en 2019 con 14 investigadores a tiempo completo más 8 becarios posdoctorales y 45 estudiantes graduados y de pregrado (Alvarez et al., 2020).

asociados y adjuntos, sin información cuantitativa sobre su dedicación efectiva.⁴⁶ En muchos casos no se entrega este tipo de antecedentes.

La información pública para los 7 centros de excelencia internacionales, que operan actualmente con apoyo público, y los 9 centros tecnológicos para la innovación, tampoco es nítida para conocer a cabalidad la intensidad del trabajo de los investigadores. De acuerdo con antecedentes públicos de CORFO, los CEI cuentan en promedio con 23 profesionales con doctorado y magister, mientras los CTI disponen de menos de 6 profesionales con estos mismos grados. En ambos casos, las cifras consideran jornadas completas equivalentes, aunque no distinguen la cantidad efectiva de investigadores, y corresponden a estimaciones conjuntas para los centros y sus redes de socios.⁴⁷

A nivel de institutos tecnológicos públicos la situación es distinta en cuanto a su tamaño. En general, se trata de entidades que cuentan con una mayor cantidad de personal, aunque la disponibilidad efectiva de investigadores varía de acuerdo con las funciones que realizan estas entidades. En el caso de los denominados institutos CORFO, el IFOP cuenta con 28 doctores y 61 magísteres en un total de 489 personas consideradas como personal de investigación para una dotación total de 620 personas. Mientras el INN y CIREN disponen de una dotación de 77 y 110 personas, respectivamente, sin actividades en el área de investigación, el INFOR cuenta con 91 profesionales en actividades de investigación, transferencia de tecnologías y conocimientos productivos, con una dotación total de 148 personas.⁴⁸ En el caso del INIA, según la información publicada por el instituto su dotación total del alcanza a 979 personas, de las cuales 483 profesionales, técnicos de apoyo y operarios agrícolas integran el equipo de investigación, desarrollo e innovación.⁴⁹

Organización de los centros nacionales

Un segundo aspecto de interés corresponde a los esquemas de constitución de los centros de investigación y desarrollo. Aunque en la mayoría de los casos se trata de entidades sin fines de lucro, el tipo de personalidad jurídica de estas entidades varía dependiendo de las estipulaciones de los programas de las agencias.

⁴⁶ A modo de ejemplo, el ISIC de la Universidad de Chile cuenta con la participación de cerca más de 40 investigadores considerando distintas categorías. Véase <https://isci.cl/nosotros/investigadores/>. En el caso de la Fundación Ciencia y Vida se cuentan más de 120 investigadores de diversas categorías. Véase <https://cienciavida.org/>.

⁴⁷ Véase memoria institucional CORFO 2020.

⁴⁸ Véase Informe de Contexto económico e institucional para la actuación de los Institutos Tecnológicos Públicos, Sierra (2021).

⁴⁹ Véase <https://www.inia.cl/wp-content/uploads/2021/05/MEMORIA-INIA-2020.pdf>

La organización de centros e institutos da cuenta de la alta importancia de las universidades en el proceso de formación y operación de los centros de investigación y desarrollo. Ello ocurre con nitidez en los centros de investigación impulsados por los programas de la ANID cuya arquitectura se basa en la participación asociada de varias universidades. Los 27 centros creados en el marco de los programas FONDAP y PIA corresponden a unidades de investigación dependientes de las universidades. En el caso de los 17 centros impulsados por Milenio, la exigencia de creación de corporaciones integradas por investigadores sugiere una mayor autonomía relativa, aunque en la práctica su funcionamiento se mantiene fuertemente vinculado a las universidades albergantes.

Los diez centros regionales apoyados por la ANID corresponden a entidades sin fines de lucro, en la mayoría de los casos constituidas como corporaciones que cuentan con la participación de universidades regionales. Los arreglos institucionales de estos centros son distintos en cada caso, incluyendo la participación de Gobiernos Regionales, los institutos públicos INIA e IFOP, algunas empresas y entidades gremiales, además de la propia ANID.

Los centros apoyados en su creación por CORFO también cuentan en su mayoría con la participación de las universidades locales en las estructuras de gobernanza. Aunque en los centros de excelencia internacionales esta característica es menos clara, en los demás programas de esta agencia las universidades forman parte en la constitución de los centros, incluyendo los centros recientemente creados en el marco de los contratos de litio. En los diversos arreglos institucionales relacionados con los instrumentos de CORFO, las universidades actúan junto a otras entidades tecnológicas, centros internacionales y empresas. Ello también ocurre en la gran mayoría de los consorcios y programas tecnológicos promovidos por CORFO que cuentan con la participación de universidades.

Una característica que se debe consignar es la alta participación de los dos principales universidades chilenas, la Universidad de Chile y la Pontificia Universidad Católica, en el proceso de creación y funcionamiento de los centros, cumpliendo roles como entidades principales, albergantes o asociadas. Ello ocurre en la mayoría de los programas públicos, aunque en menor medida en los programas de centros regionales y centros de excelencia internacionales.

Áreas de trabajo de los centros

Las áreas de conocimiento en las que actúan los centros de investigación y desarrollo apoyados por el sector público responden a los distintos criterios de convocatoria establecidos por las agencias. Dependiendo de las definiciones reglamentarias de los programas, los investigadores nacionales participan en estos llamados a través de las universidades, los centros en los que participan o como grupos de investigadores propiamente tales.

En general, en el diseño de las convocatorias nacionales es posible distinguir dos tipos de esquemas. Un primer tipo de mecanismo es de carácter abierto, cuya resolución se basa en un proceso de selección entre capacidades existentes que cumplan con ciertos requisitos, e incluye las experiencias de Milenio, FONDAP de primera generación, Basal y las primeras convocatorias del programa de atracción de centros internacionales. Una segunda modalidad de tipo selectiva está orientada a la organización de capacidades en torno a objetivos determinados con algún nivel de focalización. Esta incluye los casos del FONDAP de segunda generación, las convocatorias en ciencias sociales de Milenio y educación del PIA, el concurso para el desarrollo de energía mareomotriz del programa CEI, las convocatorias de centros tecnológicos para la innovación asociadas a los programas estratégicos y los contratos de litio que promueven soluciones en ámbitos tecnológicos seleccionados por CORFO.

Una aproximación a la distribución de las capacidades de los centros de investigación y desarrollo apoyados por FONDAP, Milenio, PIA, CEI y el programa regional, según áreas de conocimiento se propone en la siguiente tabla. Estos corresponden a los de mayor trayectoria en el conjunto de centros nacionales.⁵⁰

⁵⁰ Esta distribución no incluye los centros tecnológicos para la innovación cuya actividad de investigación y desarrollo hasta ahora no es significativa.

Tabla 14.
Distribución de centros de I+D según áreas de conocimiento

ÁREAS DE CONOCIMIENTO	CANTIDAD CENTROS
Ciencia naturales y exactas	28
Ingeniería y tecnología	12
Ciencias médicas y salud	7
Ciencias agrícolas	4
Ciencias sociales	11
Total centros	62

Fuente: Elaboración en base a información de programas.

De acuerdo con este ordenamiento, el área de mayor importancia relativa corresponde a las ciencias naturales y exactas. En esta área es importante distinguir la operación de 16 centros distribuidos en diversos ámbitos tales como astronomía, física, óptica, oceanografía, ciencias de la información, matemáticas y energía, entre otras, y un conjunto de 12 centros que se concentran en ámbitos asociados a medio ambiente, cambio climático y biodiversidad. El grupo de 8 centros que actúa en el área de ciencias médicas y de salud incluye algunos apoyados por Milenio y FONDAP para el desarrollo de actividades de investigación básica y aplicada, con perspectivas de desarrollar resultados y aplicaciones tecnológicas en algunos casos. El área de ingeniería y tecnología, a su turno, la integran centros que en la mayoría de los casos han definido la orientación principal de su trabajo en torno a la provisión de soluciones en sectores económicos y ámbitos tecnológicos determinados.

El área de ciencias sociales corresponde al tercer grupo en importancia. Esta fue inaugurada por el PIA y seguida luego por Milenio y el FONDAP de segunda generación. Además del área de educación, estos centros incluyen ámbitos como ciencias políticas, psicología y estudios urbanos. Finalmente, el área de ciencias agrícolas incluye algunos centros del programa regional y un centro internacional que buscan generar resultados para algunos rubros agrícolas y alimentos.

Orientación de la investigación y actividades relacionadas

El quehacer científico y tecnológico de los centros comprende con distinta intensidad actividades propias de investigación y desarrollo, esto es, investigación

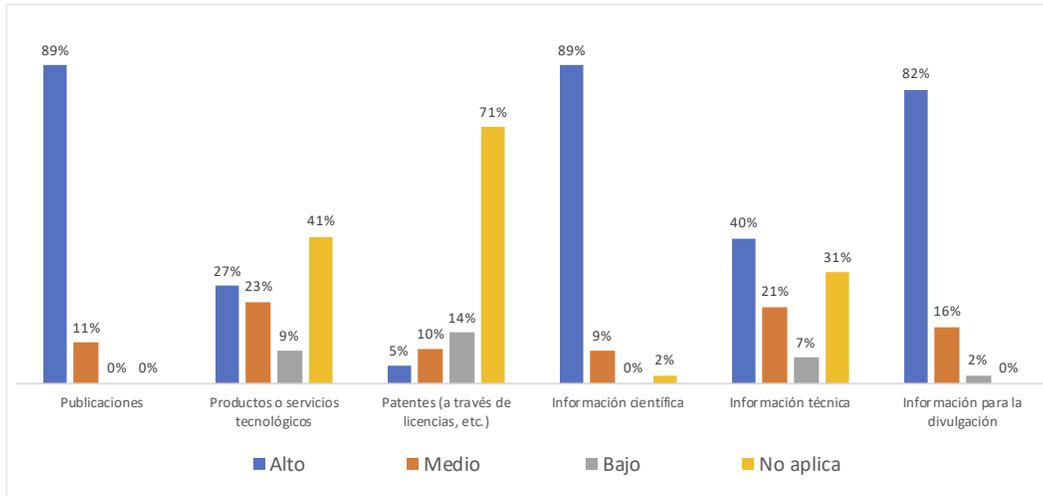
básica, aplicada y desarrollo experimental, así como actividades relacionadas, o complementarias, que incluyen transferencia tecnológica, servicios tecnológicos, mantención de bases de datos y repositorios, provisión de información técnica, entre otras. Los programas nacionales apoyan con distintos focos la ejecución de actividades de investigación y desarrollo y aquellas de tipo complementario.

Para algunos centros de investigación y desarrollo nacionales, la producción de resultados académicos puede considerarse como el foco principal de su trabajo, en particular las publicaciones con aptitudes para la generación de impacto científico. Los centros apoyados por los programas creados por la ANID dejan un espacio abierto para la realización de actividades complementarias a través de requerimientos de vinculación con el medio externo. Este rasgo es más pronunciado en los centros regionales que buscan una mayor conexión con áreas de interés para el desarrollo de las regiones. En general, estos programas permiten un espectro amplio de actividades que incluye desde la divulgación de conocimientos a la comunidad, como una tarea común y obligatoria, hasta la producción de diversos resultados no académicos, sin exigencias de metas ni métricas para su monitoreo en el tiempo.

Aunque la orientación de los programas no necesariamente limita las posibilidades de desarrollo de los centros, se estima que ella ejerce una importante influencia en las definiciones de sus actividades principales. En el caso de Milenio, por ejemplo, la percepción de los directores de institutos y núcleos ratifica la identidad del programa ligada fuertemente a la investigación de excelencia. La siguiente figura muestra la importancia que atribuyen los directores a distintos tipos de resultados susceptibles de ser producidos por los centros. En cualquier caso, ello no obsta con la potencialidad de estos centros para la generación de valor económico (Álvarez et al., 2020).⁵¹

⁵¹ La evaluación de Milenio incluyó una encuesta realizada a finales de 2019 dirigida a 76 directores y directores alternos de institutos y núcleos obteniéndose respuestas para el 73% de los centros. El ejercicio de evaluación costo beneficio de este estudio muestra beneficios potenciales positivos para la mayoría de los institutos del programa.

Figura 6.
Valoración de resultados seleccionados de institutos y núcleos Milenio



Fuente: Informe Evaluación Milenio, véase Álvarez et al. (2020).

La línea de financiamiento Basal del PIA introdujo una variante en sus esquemas de financiamiento de manera de incentivar una mayor producción relativa de bienes y servicios no académicos por parte de los centros. Hasta ahora, la mayor parte de la inversión pública canalizada a través de este programa fue destinada a dar continuidad a centros apoyados previamente por Milenio y FONDAP. La ausencia de evaluaciones específicas sobre este aspecto impide conocer el nivel de influencia de las orientaciones del programa Basal en los centros apoyados previamente. De cualquier forma, tres de los centros creados al alero de este programa se desempeñan en áreas con potencial para generar resultados aplicables dada su mayor vinculación con temas de interés para sectores productivos en el país.⁵²

Aunque no hay evidencia respecto de un flujo significativo de resultados no académicos de los centros apoyados por Milenio, FONDAP y Basal, muchas de estas organizaciones, particularmente en aquellas de mayor trayectoria, han incorporado instancias de mayor especialización para actividades de transferencia de conocimiento y tecnología, para mejorar la gestión de tareas asociadas a propiedad intelectual, licenciamiento, contratos y servicios tecnológicos y la creación de *spin-offs*, entre otras, así como para la formulación de propuestas para su presentación en diversos esquemas de financiamiento especializados en esta categoría de actividades.

⁵² Estos corresponden al Centro para el Desarrollo de la Nanociencia y Nanotecnología (CEDENNA), el Centro Avanzado de tecnología para la Minería (AMTC) y el Centro Avanzado de Ingeniería Eléctrica y Electrónica (AC3E).

Los centros de investigación internacionales, los centros tecnológicos para la innovación y algunos de los centros regionales presentan como característica común una relativa mayor orientación a la generación de resultados aplicables.

La intensidad y el tipo de actividad de investigación y desarrollo es distinta para los centros apoyados por cada programa. La investigación aplicada y el desarrollo experimental es más frecuente en los centros de excelencia internacional y en la mayoría de los centros regionales, aunque con resultados distintos. En ambos tipos de centros una parte de los esfuerzos apunta a generar resultados académicos, mientras las mayores diferencias se pueden encontrar en los niveles de producción de resultados asociados a actividades de transferencia tecnológica. Probablemente, las diferencias en las escalas de financiamiento ayuden a explicar, en parte, los distintos niveles de desempeño de este tipo de centros. En todo caso, la especialización de gran parte de los centros regionales está orientada a la prestación de servicios tecnológicos a sectores productivos de las regiones.

En el caso de los centros tecnológicos para la innovación (CTI), su puesta en operación consideró originalmente la operación de infraestructura tecnológica, como plantas de pilotaje y equipamiento, para posibilitar la innovación empresarial a través de la evaluación y testeado de nuevos productos y procesos. Ello ocurre en algunos centros que poseen infraestructura o que acceden a instalaciones disponibles en empresas participantes.

Los centros tecnológicos para la innovación no muestran hasta ahora un perfil de especialización nítido en la promoción de la innovación empresarial en los sectores en que actúan. Su trayectoria reciente da cuenta de una importante orientación a la provisión de servicios de extensionismo tecnológico.⁵³ Ello significa que los centros disponen de un espectro relativamente amplio para definir las prestaciones que entregan. Estas pueden incluir la asistencia técnica, la evaluación y validación de tecnologías, nuevas o conocidas, a través del uso de plantas y laboratorios para el pilotaje de procesos y productos, la provisión de información técnica y la promoción de estándares y relaciones técnicas, entre otras. En algunas ocasiones, las entidades que operan en este campo ofrecen además el desarrollo de actividades de investigación e innovaciones, adaptaciones y mejoras en productos y procesos, las que podrían considerarse como actividades de investigación y desarrollo propiamente tales dependiendo de los alcances de estas tareas.

⁵³ Esta es un área de trabajo amplia que ofrece prestaciones asociadas a procesos de difusión tecnológica con el propósito principal de facilitar a empresas y sectores productivos el acceso e incorporación de tecnologías y conocimientos disponibles.

La intensidad del trabajo de los centros de investigación y desarrollo en la producción de resultados con aplicabilidad depende de un conjunto de factores. Entre otros se pueden considerar las estipulaciones y exigencias de los programas públicos, la propia motivación de los grupos de investigadores y las universidades que los gobiernan, así como las habilidades organizacionales para acceder a capacidades técnicas y financieras especializadas durante todo el ciclo que va desde la generación de conocimientos hasta la demanda final por resultados de las investigaciones.

Las áreas de actuación de los centros probablemente también juegan un rol en este ámbito. En el caso de la astronomía y la física, por ejemplo, su lejanía de los mercados de bienes y servicios especializados, al menos en Chile, hace más difícil la producción de bienes no académicos. Para las ciencias sociales y algunas disciplinas de las ciencias naturales, como la investigación del clima, la ecología y la biodiversidad, por ejemplo, la producción de bienes “aguas abajo” presenta características particulares. En este caso, la ruta del conocimiento aplicable tampoco se orienta hacia actividades productivas o de mercado y, más bien, puede avanzar hacia la producción y empaquetamiento de información técnica para alimentar procesos de toma de decisiones con potencial de impacto en el desarrollo económico y social. El monitoreo de procesos sociales, ambientales y económicos y de políticas públicas, así como la provisión continua de información y servicios técnicos específicos para el sector público, son ejemplos de bienes no académicos que se pueden esperar de los centros en estas áreas, las que presentan un amplio potencial para la generación de bienes públicos en ámbitos regulatorios. Aunque, en general, existe una buena disposición para la producción y transferencia de resultados, no muchos de estos centros han avanzado hasta ahora más allá de actividades de divulgación de información.

Finalmente, algunos de los institutos tecnológicos públicos desarrollan actividades de investigación y desarrollo, aunque con distinta intensidad y modelos de trabajo. En general, estas organizaciones se caracterizan principalmente por la producción continua de servicios de información para la toma de decisiones, además de proveer soporte técnico a las instituciones públicas, como parte de sus funciones principales en los marcos institucionales en los que actúan. La intensidad en la provisión de servicios tecnológicos así como en actividades de transferencia de conocimientos y tecnologías es variable en cada caso.

De acuerdo con las orientaciones principales de su trabajo, es posible ordenar los centros que han contado con el apoyo de los programas públicos en el país en los siguientes cinco grandes grupos.

- **Centros de investigación en ciencias naturales y exactas.** Considera centros cuya especialización y ámbito de trabajo corresponden principalmente al ámbito de investigación básica. En este caso no es posible identificar una preocupación nítida por la generación de bienes y servicios no académicos. El trabajo de este tipo de centros, sin embargo, ofrece oportunidades para el desarrollo tecnológico, como por ejemplo aquellas asociadas a algunos requerimientos de equipamiento, tecnologías y sistemas en las áreas de astronomía y oceanografía.
- **Centros de investigación en áreas sociales y ambientales.** Los centros de investigación en ciencias sociales y en algunos ámbitos de ciencias naturales asociadas a temáticas ambientales pueden generar resultados e impactos potenciales en base a actividades de investigación aplicada. Dependiendo de sus características, una parte importante de los resultados esperados de este tipo de centros pueden ser considerados como bienes públicos e insumos potenciales para las políticas públicas.
- **Centros de investigación y desarrollo nacionales.** Algunos centros universitarios, particularmente en las áreas relacionadas con biomedicina e ingeniería, incluyen en sus ámbitos de trabajo principales la investigación aplicada y el desarrollo experimental y, complementariamente, desarrollan esfuerzos de transferencia de los resultados con orientación hacia el mercado. Los mecanismos de colaboración son diversos incluyendo algunos proyectos con empresas. Su diseño organizacional se basa en la mayoría de los casos en la instalación de capacidades propias para ejecutar las funciones de transferencia tecnológica.
- **Centros de investigación y desarrollo internacionales.** Este grupo incluye las organizaciones internacionales que desarrollan en Chile proyectos de investigación aplicada, desarrollo experimental y actividades de transferencia tecnológica. Los resultados esperados de estas entidades se basan en la disponibilidad de recursos distintivos tales como la capacidad de organización de equipos de investigadores, sistemas y metodologías de

trabajo, el acceso a conocimiento científico y tecnológico desde sus casas matrices y la reputación para su participación en redes de colaboración.

- **Centros de innovación.** La mayor parte de estos centros corresponden a arreglos organizacionales con la participación universidades y grupos de empresas. Sus principales áreas de trabajo consideran la prestación de servicios a empresas y sectores productivos para la adopción tecnológica, la promoción de la innovación empresarial y soluciones innovadoras en base a la disponibilidad de infraestructura y recursos especializados.

5. Consideraciones finales



Luego de tres décadas del trabajo de la ANID y CORFO como agencias de promoción de la CTI en Chile, la trayectoria de los esquemas públicos para la creación de centros de investigación y desarrollo e innovación da cuenta de avances importantes en la constitución y acumulación de capital humano avanzado en áreas de interés científico y tecnológico, así como también en el desarrollo de capacidades técnicas y organizacionales con el potencial para producir resultados relevantes en ámbitos de interés para el desarrollo nacional. En esta presentación se han identificado cerca de 80 centros e institutos apoyados desde finales de la década de los noventa hasta la fecha.⁵⁴

Los centros de investigación y desarrollo e innovación y los institutos tecnológicos públicos son considerados actores cruciales para el desempeño de los sistemas nacionales de innovación en países de mayor desarrollo por sus funciones y la relevancia de sus contribuciones técnicas al desarrollo económico y social. En conjunto, estas organizaciones dan cuenta de una buena parte de las capacidades tecnológicas de los países para abordar, normalmente bajo una visión integrada, un conjunto de tareas conducentes a procesos de transformación tecnológica con impacto productivo y social.

La experiencia de los países de mayor trayectoria en el área científica y tecnológica sugiere que es necesario mantener una mirada atenta respecto del desempeño de políticas y programas de promoción en esta ámbito de la CTI. La consolidación de estos esfuerzos en Chile debe orientarse particularmente a la generación de impactos de mayor significación, tanto a nivel académico como en los planos económico y social, lo que indica la necesidad de explorar nuevas orientaciones para el rediseño de políticas y programas públicos en esta área de trabajo. A continuación se sugiere algunos aspectos recogidos de la experiencia nacional de promoción de centros que pueden ser de interés.

⁵⁴ La encuesta sobre centros científicos y tecnológicos de 1999 realizada por el Ministerio de Economía daba cuenta de la operación de 267 centros con operaciones en esta área para ese año. Este directorio, que incluyó departamentos de las universidades, definió los centros como instituciones que organizan y ejecutan de manera permanente actividades de investigación y desarrollo, transferencia y servicios tecnológicos, así como la formación de capital humano (Ministerio de Economía, 2000). Sin perjuicio de los cambios en los tipos de organizaciones registrados en las últimas dos décadas, esta cifra ofrece una aproximación general a la importancia del esfuerzo público de creación de capacidades.

5.1. Centros de investigación y desarrollo e institutos tecnológicos públicos

Una de las principales características de los centros nacionales corresponde a sus escalas de operación. En general, se trata de organizaciones que cuentan con un número acotado de investigadores principales, normalmente asociado al dimensionamiento estipulado por los programas públicos.

La adscripción de otros investigadores, asociados y adjuntos, provenientes de universidades principales y asociadas así como de otras organizaciones vinculadas, amplía las posibilidades para producción académica de los centros, mientras la participación de estudiantes y profesionales en distintas etapas de su formación académica coopera con la proyección de sus actividades en el tiempo. Aunque el número efectivo de jornadas equivalentes de investigadores con que cuentan los centros no es conocido, se trata en general de organizaciones relativamente pequeñas cuando se les compara con entidades semejantes a nivel internacional. En cualquier caso, las capacidades de organización de recursos de los centros al interior de las universidades permiten que su escala de trabajo no afecte el cumplimiento de los objetivos académicos comprometidos con los programas públicos.

En cuanto a las posibilidades de producción de bienes y servicios no académicos, se estima que una gran parte de los centros de investigación y desarrollo pueden proveer recurrentemente nuevas oportunidades de desarrollo tecnológico y que cuentan con un importante potencial para la provisión de servicios en múltiples ámbitos de interés para la economía y la sociedad. A nivel estratégico, es importante para este tipo de organizaciones mantener una perspectiva que vincule su misión académica, así como las capacidades científicas y tecnológicas que disponen, con requerimientos y necesidades asociadas a desafíos de desarrollo del país.⁵⁵

La producción de innovaciones y soluciones tecnológicas de los centros nacionales varía para los distintos grupos de centros identificados. Aunque la práctica de auto reporte de resultados potenciales es relativamente común, en general, el flujo de innovaciones y tecnologías producidas por los centros que operan en el país es hasta ahora relativamente escaso, con un impacto a nivel agregado poco significativo.

⁵⁵ Hay casos cuya trayectoria se sugiere estudiar con detención por el adecuado balance que exhiben entre la producción académica y el flujo de bienes y servicios no académicos. Estos corresponden al Centro de Modelamiento Matemático (CMM) y la Fundación Ciencia y Vida.

Hay un conjunto de factores que pueden afectar el desempeño de los centros en este ámbito. Tanto la motivación de los centros, como las competencias efectivamente disponibles y las habilidades organizacionales para la articulación y el apalancamiento de recursos de terceros, deben tenerse en consideración. En muchos casos, como parte de sus estrategias en este campo los centros han instalado capacidades propias para la identificación, empaquetamiento y comercialización de bienes y servicios, a la vez que gestionan posibilidades de financiamiento *ad hoc* para estas actividades.

Una preocupación clave corresponde a la definición estratégica que asuman estas organizaciones en relación con los espacios de trabajo que ocupan en la ruta de los resultados tecnológicos “aguas abajo”. Hasta ahora, algunos centros nacionales buscan abarcar el abanico completo en la escala de madurez tecnológica (TRL, por sus siglas en inglés). Ello significa que además de las primeras fases de investigación y desarrollo tecnológico, intentan abordar las demás etapas hasta el mercado. Este aspecto es controvertido incluso para organizaciones de investigación y tecnología a nivel internacional, las que suelen desplegar sus mayores esfuerzos desde los niveles asociados a estudios analíticos para las pruebas de concepto hasta la validación de prototipos en entorno real, dejando espacio en los niveles de trabajo superiores a la participación de empresas y organizaciones especializadas.

Los desafíos para el desarrollo de competencias de los centros en este ámbito son significativos. La incorporación a las instancias de gobernanza de profesionales con mayor trayectoria y especialización en negocios tecnológicos puede ser un factor que coopere para encauzar de manera más eficaz este tipo de esfuerzos. Si se considera además el nivel de recursos con que cuentan los centros universitarios, las relaciones de cooperación con organizaciones técnicas y financieras son cruciales para actuar oportunamente en las actividades de valorización y el despliegue de estrategias de mercado. Probablemente, la ausencia de definiciones estratégicas nítidas respecto del tipo de rol que juegan en el ciclo de transferencia tecnológica ayuda a explicar el “atraso” en la gestión de muchos resultados y desarrollos tecnológicos con aptitudes y potencial para la generación de valor económico.

En el caso de los centros internacionales que operan en el país, estas organizaciones asoman como las más completas en este ámbito y muestran, en general, resultados de mayor significación que los centros nacionales en la producción de

bienes y servicios tecnológicos. La mantención de capacidades especialmente dedicadas, los modelos de operación y metodologías de trabajo, así como la reputación de estas organizaciones, como aspecto clave para su participación en alianzas y redes de trabajo, son algunos factores que inciden en su producción de bienes y servicios tecnológicos.

Más allá del desempeño comparado con las entidades locales, el aporte de los centros internacionales requiere ser evaluado. Hasta ahora la operación de estos centros se basa principalmente en el uso de recursos públicos y, en menor medida, en el financiamiento proveniente de servicios al sector privado, manteniendo hasta ahora escalas de operación relativamente bajas. Aspectos como la adicionalidad de estos centros en cuanto al volumen y tipo de conocimiento científico y tecnológico transferido desde sus casas matrices para la adaptación y aplicación a problemas y desafíos locales, así como también la identificación de limitaciones a nivel de las empresas y sectores productivos nacionales para participar en procesos de desarrollo y de absorción tecnológica, resultan importantes para disponer de una mejor comprensión de su contribución al cierre de brechas tecnológicas en el país y sus proyecciones de crecimiento futuro.

En el caso de los centros tecnológicos para la innovación, la amplitud de su diseño y propósitos, así como las escalas de trabajo, sugieren algunas dudas respecto de su contribución efectiva a los objetivos de los programas sectoriales que dieron origen a su instalación. Para aquellos centros con actividades que cooperan con procesos de validación tecnológica existen limitaciones asociadas al escaso flujo de nuevas tecnologías, al menos a nivel local, así como a la ausencia de disposiciones reglamentarias técnicas para el desarrollo de estas actividades. En el caso de centros que operan como promotores de innovaciones, sus modelos de trabajo no presentan hasta ahora características que los distingan como vehículos activadores del ecosistema de los sectores en que operan. En general, estos centros actúan en ausencia de marcos coordinados para la promoción de innovaciones, difusión y adopción tecnológica a nivel sectorial.⁵⁶

Un grupo de centros que debe concitar mayor interés corresponde a aquellos que presentan un potencial de producción de bienes y servicios académicos con naturaleza distinta a la tecnológica. Este tipo de organizaciones plantea nuevos desafíos para la generación de beneficios sociales en base a un mejor aprovechamiento de los esfuerzos que realizan.

⁵⁶ Entre otros aspectos, se debe revisar con detención en este programa las ventajas y desventajas de la operación de más de un centro en algunos sectores, como es el caso de construcción y minería.

La formación de una oferta de bienes y servicios con propósitos de política pública se basa en la idea de que existen nuevos activos de conocimiento generados a partir de la experiencia de centros de investigación y desarrollo que han incursionado en ámbitos de interés para las políticas sectoriales. El estudio de dinámicas políticas, sociales, ambientales y económicas en distintos niveles, a través de diversas áreas disciplinarias y enfoques, debe ser destacado como un aspecto relevante en el proceso de formación de capacidades de investigación en el país.

La incorporación de resultados y respuestas innovadoras a problemas económicos y sociales, así como el uso de capacidades científicas para la medición y monitoreo en áreas sensibles para las políticas públicas y la producción de nuevos flujos de información técnica, por ejemplo, plantean desafíos relevantes y novedosos para el perfeccionamiento tanto de las políticas de ciencia, tecnología e innovación como de las políticas sectoriales. El esfuerzo de diseño debe considerar que los costos de transacción asociados a problemas de coordinación del sector público hacen difícil el empaquetamiento y transferencia de este tipo de resultados para los centros de investigación. Por ello, en este caso se requiere de un rol público más activo que permita el alineamiento de las capacidades de los centros de investigación para la producción de resultados en ámbitos de interés público con un proceso de organización y activación de la demanda pública sectorial.⁵⁷

Institutos tecnológicos públicos

En cuanto a los institutos tecnológicos públicos, la nueva institucionalidad pública de CTI en Chile ofrece un nuevo marco de trabajo para los institutos tecnológicos públicos. En el período reciente se puso en operación el Comité de Institutos Tecnológicos y de Investigación Públicos que actúa como una nueva instancia para mejorar aspectos de coordinación y apoyar a nivel de orientaciones estratégicas y operativas el quehacer de estas organizaciones.

Desde el punto de vista operativo, la nueva institucionalidad enfrenta algunos desafíos. El trabajo de casi todos los institutos tecnológicos públicos se desarrolla en marcos institucionales sectoriales y su operación está sujeta a distintos niveles de control, influencia y financiamiento de las reparticiones ministeriales respectivas. Con la excepción del grupo de institutos CORFO, no ha existido hasta ahora una instancia pública de coordinación significativa para conducir el desarrollo de capa-

⁵⁷ Recientemente MinCiencia ha abordado algunas tareas de asesoramiento científico sistematizando información producida por la comunidad científica aplicable a políticas públicas, con particular atención a ámbitos relacionados con el cambio climático.

ciudades y la promoción de actividades de investigación, tecnología e innovación del conjunto de estas instituciones.⁵⁸

Además del rol de entidad encargada de la coordinación de los institutos públicos que debe cumplir el MinCiencia, la ley 21.105 aporta una definición para este tipo de instituciones. La amplitud del rango de actividades consideradas para los ITPs en esta definición, sin embargo, genera desafíos para la autoridad administrativa en su aplicación, ya sea en cuanto a la revisión de las instituciones actualmente consideradas como ITPs, o bien de frente a la inclusión de nuevas entidades que pueden cumplir con la definición legal. Un aspecto adicional se asocia a la condición de participación o representación del Estado y la necesidad de una identificación más precisa de los mandatos establecidos y sus respectivos mecanismos de control. Un informe reciente preparado para CORFO presenta algunos casos que ilustran este tipo de situaciones.⁵⁹

En cuanto al reexamen de las entidades existentes, el caso del INN es de interés. Se trata de una institución que realiza funciones en las áreas de normas, acreditación y metrología sin desarrollar ninguna de las actividades definidas en la ley, ni disponer tampoco de capacidades tecnológicas. A nivel internacional, este tipo de entidades corresponde a la categoría de agencias públicas.

La inclusión de nuevas entidades a la categoría de ITPs puede considerar algunos casos como el del Instituto Chileno de Tecnologías Limpias (ITL) en proceso de creación y la Fundación Data Observatory (DO), que disponen de aportes públicos y cuentan con la participación de representantes nominados por el Presidente de la República, en el primer caso, y del Ministerio de Economía y MinCiencia como socios fundadores en el segundo. En el caso de La Corporación Alta Ley, se trata de una entidad creada en 2018 en base a la estructura legal y el patrimonio del Centro de Investigación Minera y Metalúrgica (CIMM), considerado previamente entre los ITPs nacionales, y que cuenta con representación de entidades públicas en su consejo directivo.⁶⁰

⁵⁸ La instalación del Programa de Fortalecimiento y Creación de Capacidades Tecnológicas Habilitantes para Bienes Públicos en 2015 amplió los márgenes de trabajo de CORFO a otros institutos tecnológicos, así como también abrió posibilidades para el financiamiento en la creación de nuevos ITPs.

⁵⁹ Véase el Informe "Contexto económico e institucional para la actuación de los Institutos Tecnológicos Públicos CORFO", preparado en el marco de la evaluación trianual de los Institutos CORFO, Sierra (2021).

⁶⁰ Existen además otros casos de entidades que son parte de la Administración del Estado y que realizan funciones en la área de la CTI en el país como, por ejemplo el Instituto de Salud Pública (ISP) y la Dirección Meteorológica de Chile (DCM).

Las actividades de investigación y desarrollo tecnológico son distintas en importancia e intensidad para los institutos tecnológicos públicos nacionales. En general, estas entidades enfrentan desafíos para la mantención de sus capacidades e infraestructura tecnológica que deben ser evaluados en el marco de la nueva institucionalidad pública.

Para los institutos CORFO, su evaluación reciente da cuenta de la identificación de algunos ámbitos. En el caso del IFOP, por ejemplo, además de los requerimientos sostenidos en el tiempo de un buque oceanográfico actualizado tecnológicamente, la capacidad de integración de información oceanográfica es un área que debe ser abordada. INFOR, a su turno, debe abordar decisiones respecto de su especialización futura en torno a aspectos tecnológicos relativos a la conservación de la biodiversidad y ecosistemas forestales. Un aspecto ausente hasta ahora es la prevención y control de incendios. En el caso del CIREN, deben incorporarse herramientas tecnológicas para modernizar su oferta de productos de información. En general, los institutos tecnológicos que producen información geoespacial en Chile enfrentan desafíos en cuanto a sus capacidades para el modelamiento y procesamiento de datos. En el caso del IGM, por ejemplo, las características sísmicas del país imponen desafíos importantes de investigación e incorporación de herramientas tecnológicas para la mantención actualizada de la red geodésica nacional.

Un último caso de interés es la Fundación Chilena de Eficiencia Logística (Conecta Logística) de reciente creación. Los desafíos de desarrollo tecnológico de este tipo de instituciones son significativos. En Panamá, por ejemplo, con apoyo del gobierno opera desde hace algunos años el Logistics Innovation and Research Center de Georgia Tech para la producción continua y consolidación de la información requerida por el gabinete logístico de ese país.

5.2. Programas públicos

La revisión de los programas nacionales presenta algunos aspectos que resultan de interés para posibles rediseños. Se han identificado algunos ámbitos de trabajo que requieren ser analizados para perfeccionamiento.

Armonización de las intervenciones públicas

La necesidad de estandarización de los programas se asocia con diferencias de financiamiento y algunas estipulaciones relativas al trabajo de los centros de investigación y desarrollo, que no parecen justificadas y requieren de un reordenamiento.⁶¹ A nivel de procedimientos es importante considerar además estándares para la puesta en marcha y operación de los centros.⁶²

La hipótesis en la que descansan las diferencias de diseño de los programas públicos se asocia a una eventual identificación *ex ante* de aspectos distintivos tanto respecto de la naturaleza y alcance de las líneas de investigación y desarrollo como del volumen de las actividades y/o resultados esperados de los centros. Este no es el caso de la mayoría de los programas públicos nacionales cuyas principales diferencias se explican en realidad por la ausencia de mecanismos de coordinación al momento de su diseño y puesta en marcha.⁶³

Algunas propuestas de rediseño han sido abordadas por la ANID. La propuesta de un instrumento único para asegurar coherencia entre los programas es una alternativa planteada por el consejo directivo de la agencia (CONICYT, 2018). El nuevo marco institucional que agrupó los programas FONDAP, Milenio y Basal favorece una revisión que permita su reordenamiento.

Métrica e indicadores

La preocupación por la generación de resultados finales e impactos debe servir de guía para una modernización de la arquitectura de monitoreo y evaluación de programas públicos. Para ello es necesario la identificación de métricas que permitan definir indicadores de mayor especialización a lo largo de las etapas de producción de resultados de los programas. Hasta ahora el sistema de monitoreo de programas descansa casi exclusivamente en el uso de metodologías como marco lógico o teoría del cambio, cuya aplicación se concentra principalmente a nivel de *output* o producto y en menor medida en indicadores de resultados finales e impactos.

⁶¹ Diferencias a nivel operativo y financiero entre programas se presentan en MinCiencia (2020).

⁶² A nivel de la puesta en marcha, por ejemplo, los centros apoyados públicamente pueden tardarse entre uno y dos años para el inicio de sus operaciones luego de ser seleccionados. Otros aspectos no estandarizados incluyen los de gobernanza y procedimientos internos asociados a la planificación y control de sus actividades.

⁶³ Los problemas de coordinación pueden afectar tanto aspectos de diseño como de ejecución de los programas. Un ejemplo a nivel de ejecución es el financiamiento de más de un programa a centros en el mismo período. Este el caso de los programas Milenio y Basal que financiaron los centros ISCI e IEB de manera simultánea durante un período.

En general, la formulación de programas públicos se basa en diagnósticos genéricos que destacan las debilidades del sistema de innovación nacional, carecen de especificidad a nivel de sus objetivos y, consistente con ello, no incorporan métricas asociadas a resultados finales e impactos. Los programas además suelen operar como compartimientos estancos con pocos mecanismos para la coordinación e integración de sus actividades y resultados a nivel estratégico.

La realización de estudios complementarios es clave para generar la información requerida. La utilización de líneas base requiere de esfuerzos de caracterización no solo de la población que se beneficia directamente de los subsidios públicos, en este caso investigadores, centros, universidades y otras organizaciones privadas y públicas, sino además de los beneficiarios potenciales de los resultados finales e impactos esperados. En el caso de los estudios de evaluación se deben considerar metodologías, enfoques y alcances que permitan la comparación de sus resultados. Asimismo, su programación en el tiempo es una condición indispensable para las decisiones de asignación de recursos.

Un área de actuación de especial interés corresponde a la de transferencia tecnológica. En este ámbito se requiere una identificación más precisa de los resultados de las acciones reportadas por los centros. La suma a nivel de un programa de indicadores tales como contratos con empresas, licenciamiento o nuevos emprendimientos, por ejemplo, no permiten hasta ahora conocer los impactos en los procesos de cambio tecnológico y de generación de valor a nivel de sectores económicos o áreas tecnológicas de actuación. Esto debe ser considerado un aspecto clave a nivel de política para el perfeccionamiento y la definición de escalas de actuación de programas públicos para la promoción de transformaciones productivas.⁶⁴

Las exigencias en el monitoreo y evaluación de programas son amplias. En el caso de los centros internacionales que operan en el país, a los que se agregará el ITL con financiamiento de los contratos de litio de CORFO, el trabajo de monitoreo debe prevenir el uso eventual de subsidios públicos en el financiamiento de investigaciones sin aplicabilidad en el país, la competencia por financiamiento público en áreas en las que existen organizaciones locales con las capacidades y especialización necesarias, y la utilización del programa como plataforma para la comercialización de tecnologías preexistentes.

⁶⁴ En general, las actividades de transferencia tecnológica requieren de mayor coordinación y especialización. Estas actividades suelen ser desarrolladas directamente por los centros con escasos niveles de coordinación con las Oficinas de Transferencia y Licenciamiento (OTLs) y HUBs de transferencia, entidades que cuentan con financiamiento público especializado.

Sin perjuicio de estas prevenciones, resulta altamente recomendable disponer de una evaluación integrada de los programas públicos de mayor trayectoria. Los programas FONDAP, Milenio, Basal y Centros de Excelencia Internacional presentan algunas semejanzas a nivel de sus propósitos y diferencias en sus condiciones de operación, así como en la producción de resultados, particularmente en la de bienes y servicios no académicos. Una evaluación integrada de su diseño debe ayudar a la identificación de aspectos de diferenciación, particularmente en cuanto al tipo de actividades que promueven en relación a la naturaleza y alcance de los resultados e impactos esperados.

Complementariamente, los centros de investigación desarrollo e innovación, deben ser evaluados de manera estandarizada con independencia de los programas que los han apoyado. La inversión pública acumulada en los programas de mayor trayectoria hasta la fecha es significativa. Las evaluaciones disponibles de los programas arrojan resultados disímiles para los centros evaluados, lo que se explica en parte por la utilización de metodologías y enfoques de evaluación distintos en cada caso.

Áreas de especialización

La asignación de recursos públicos del conjunto de programas en el país ha incorporado tanto criterios de tipo horizontal como distintos niveles de focalización en áreas de conocimiento y sectores de aplicación. Los resultados del proceso de acumulación de capacidades en centros de investigación y desarrollo, en todo caso, parecen dar cuenta de un fenómeno del tipo *path dependence*, en el cual las capacidades previamente existentes indican la ruta a seguir. Un indicador que va en línea con esta hipótesis corresponde al *stock* de doctores según áreas de conocimiento. De acuerdo a la encuesta de profesionales con grado de doctor de 2019, el área de ciencias naturales concentra el 37% de los doctores en el país, mientras ingeniería y tecnología alcanza a cerca del 16%. En la última década el área de ciencias sociales muestra un incremento relativo superior a las otras áreas (MinCiencia, 2021).

Este aspecto es considerado importante de frente a desafíos específicos que se prioricen para el desarrollo del país. El financiamiento futuro de estos programas debe abrir espacio al diseño de líneas complementarias específicas para contribuir a la orientación del trabajo de los centros en vistas a la búsqueda de resultados e impactos en ámbitos prioritarios.

Concentración regional

La constitución de centros de investigación y desarrollo da cuenta de una alta concentración geográfica en las regiones de mayor desarrollo del país. Ello puede considerarse como una suerte de círculo vicioso en el cual las universidades regionales, típicamente más pequeñas, con restricciones financieras importantes y con menores niveles de actividad en investigación y desarrollo, no son capaces de mantener equipos de investigadores de excelencia ni de invertir en la atracción de nuevos investigadores, reduciendo así sus posibilidades de participación en el proceso de creación y mantención de capacidades científicas y tecnológicas. De esta forma, muchas regiones se mantienen rezagadas y alejadas de la producción de conocimiento científico y tecnológico de avanzada.

Algunas experiencias como los casos de centros regionales y algunos centros tecnológicos para la innovación sugieren que se debe actuar proactivamente en la incorporación de actores regionales. El rol de los gobiernos regionales en particular puede resultar clave para ampliar las oportunidades y liderar procesos de inversión pública sostenidos. Es necesario, en todo caso, flexibilizar los modelos de operación de las agencias nacionales en la identificación de nuevos arreglos institucionales que faciliten la atracción e instalación de capacidades en las regiones.

Financiamiento

Los esquemas de financiamiento para la proyección de los centros en el tiempo fueron abordados en las orientaciones definidas por el CNID que propuso un sistema de largo plazo estructurado en base a etapas. Esto colaboraría con la mantención de las capacidades en el tiempo, a la vez que mantiene los esquemas de control de avances basados en períodos quinquenales.

De manera complementaria, la provisión permanente de financiamiento público debe considerar el avance progresivo en definiciones más precisas de las contribuciones a nivel de resultados finales e impactos de los centros nacionales. Con independencia de algunos énfasis en la definición de los objetivos de los programas, los aportes de los centros de investigación, desarrollo e innovación corresponden a tres áreas principales: la producción de conocimiento, la generación de valor económico y la contribución a políticas públicas. Para cada una de ellas es necesario iden-

tificar los resultados e impactos esperados que permitan la proyección del trabajo y la sustentabilidad de los centros en el tiempo.

En la proyección futura de los centros se deben considerar además cambios en su estructura de financiamiento de largo plazo. Hasta ahora, la alta dependencia de los recursos públicos ha impedido el crecimiento de este tipo de organizaciones. La definición de nuevas estrategias de financiamiento requiere de la incorporación de actores distintos al sector público que aporten financiamiento complementario para el crecimiento y sustentabilidad de estas entidades.

La participación de las universidades en el financiamiento, particularmente de aquellas que concentran una parte importante de las capacidades científicas y tecnológicas financiadas públicamente, debe explorarse más allá de sus aportes actuales en infraestructura y gestión. El control y propiedad de los centros así como los distintos resultados intermedios y finales que generan, deben ser valorados por las organizaciones universitarias en la perspectiva de su desarrollo de largo plazo.

5.3. Aspectos institucionales

Hasta ahora, el diseño e implementación de los programas de apoyo a centros respondió a la especialización y misiones institucionales de las agencias nacionales. Así, los programas de la ANID han promovido principalmente la formación de capital científico a través de actividades de investigación y desarrollo, con especial atención a la investigación de excelencia, y la formación de doctores e investigadores. A su turno, CORFO promovió la puesta en operación de distintos esquemas y arreglos institucionales con el propósito de incentivar un comportamiento innovador más activo de empresas y sectores productivos nacionales a través de la incorporación de prácticas de investigación y desarrollo y el despliegue de otras actividades relacionadas, como la transferencia de tecnologías y la oferta de servicios tecnológicos.

La especialización de las agencias es parte del proceso de construcción de capacidades públicas. Ello responde a una suerte de desagregación institucional que permite mejorar la capacidad de respuesta de la institucionalidad pública, así como la orientación de los procesos de experimentación y de aprendizaje al interior de las agencias públicas.⁶⁵

⁶⁵ Véase Angelelli P., Luna F. y Suaznábar C. (2017).

A nivel internacional, la división del trabajo entre las agencias es relativamente nítida. En los casos de España y Portugal, por ejemplo, la Agencia Estatal de Investigación (AEI) y la Fundación para la Ciencia y Tecnología (FCT) están encargadas de la promoción de la investigación y el conocimiento científico y tecnológico, mientras el Centro para el Desarrollo Tecnológico e Industrial (CE-DETI) y la Agencia Nacional de Innovación (ADI), respectivamente, fomentan la innovación y el desarrollo tecnológico en las empresas. Las agencias de innovación en estos países operan líneas de apoyo a programas y centros tecnológicos colaborativos, así como exenciones tributarias en el caso de la ADI y créditos y fondos de capital de riesgo en el caso del CEDETI, apoyando al conjunto de actores de los ecosistemas locales.

En esta perspectiva, el proceso en curso para el traspaso de instrumentos de apoyo a centros científicos y tecnológicos desde CORFO a la ANID debe observarse con atención. Más allá de cualquier consideración relativa al fortalecimiento de MinCiencia en un contexto restrictivo de los recursos públicos, la hipótesis de estos cambios parece basarse en la idea que las agencias de innovación no financian actividades de investigación y desarrollo en el marco de la creación y mantención de capacidades tecnológicas.

Ello es controvertido si se considera la experiencia internacional de las agencias públicas y el tipo de relaciones entre distintos actores de los ecosistemas de innovación, incluyendo a las universidades. Se estima que este es un aspecto delicado para el caso de Chile, dada la especialización de las agencias nacionales y el trabajo de promoción que deben realizar a través de la creación e inserción en redes de colaboración integradas por agentes con perfiles y objetivos muy distintos. El enfoque general de especialización de las agencias públicas debe preocuparse en mayor medida de sus objetivos y el cumplimiento de metas, y facilitar el despliegue de los instrumentos necesarios.

5.4. Aspectos de política

La revisión de programas públicos para el apoyo a la creación y operación de centros de investigación, desarrollo e innovación en Chile sugiere algunos desafíos a nivel de política pública entre los que se pueden destacar los siguientes.

Orientación de los recursos públicos

Un aspecto que parece crucial en Chile, particularmente por las severas restricciones presupuestarias, es la definición de criterios para asignar recursos públicos en el proceso de formación de capacidades científicas y tecnológicas de manera más focalizada.

La evolución del análisis de políticas ciencia, tecnología e innovación en países de mayor desarrollo previene respecto de la importancia de disponer de marcos integrados para los procesos de definición de orientaciones estratégicas, así como de otros aspectos asociados a la organización y coordinación de los esfuerzos de diversos agentes públicos involucrados en la implementación y seguimiento de las políticas y programas que se implementan. Este tipo de enfoque para políticas del tipo *mission-oriented*, enfatiza la necesidad de contar con objetivos y desafíos comunes para la construcción de agendas de trabajo focalizadas y compartidas a nivel de actores públicos y privados (OECD, 2021b).⁶⁶

Las ventajas de este tipo de aproximación son variadas. Para la administración de los recursos públicos permite disponer de un marco ordenador para la asignación de recursos para periodos de tiempo más prolongados. Para investigadores, centros y universidades ofrece señales para la especialización de las capacidades científicas y tecnológicas en torno a áreas relevantes para el desarrollo económico y social, identifica requerimientos de conocimientos y soluciones de manera más precisa y coopera con la constitución de una demanda más estable por sus resultados.

Centralidad de los resultados

La experiencia de las últimas dos décadas da cuenta de algunos resultados considerados promisorios, particularmente por el desempeño de algunos centros, aunque no se ha logrado hasta ahora generar resultados significativos a nivel del conjunto de centros beneficiarios. Se estima que las capacidades científicas y tec-

⁶⁶ La experiencia de los programas estratégicos de CORFO avanzó en esta dirección a través de la identificación de problemas comunes y prioridades, así como en la concertación de actores técnicos, institucionales y productivos a través de hojas de rutas y mecanismos de organización y gobernanza. Un análisis de los casos de minería y energía solar se presenta en Mazzucato y Penna (2020).

nológicas organizadas en los centros nacionales presentan un potencial importante para una mayor contribución a la generación de conocimiento, la agregación de valor económico y su aporte a las políticas públicas.

Aunque algunas correcciones a nivel de diseño de los programas pueden ayudar a mejorar la contribución de los centros para un marco presupuestario dado, resulta crucial la incorporación de exigencias de metas asociadas a resultados finales e impactos agregados. Nuevos requerimientos de inversión pública en esta área parecen más factibles en un contexto en el que se pueda estimar su retorno de acuerdo a resultados e impactos verificables para aquellas variables consideradas relevantes en las áreas de actuación de los programas.

En el caso de las actividades de investigación debe incentivarse la producción científica disruptiva o de excelencia a nivel internacional a través de nuevas metas e indicadores asociados a la calidad de este tipo de actividades, entre otros.⁶⁷ La producción de bienes y servicios no académicos en el ámbito productivo, a turno, presenta un amplio espacio para mejorar su desempeño en la producción de resultados e impactos. Para ello es necesario incentivar una mejor conexión con la demanda por este tipo de bienes, basada en mayores exigencias para la suscripción de contratos técnicos de cooperación con empresas y agentes demandantes finales, un mayor involucramiento con entidades técnicas de mayor especialización y la exploración de nuevos modelos que amplíen las posibilidades de distribución de los resultados de los centros nacionales.

El rol de la demanda pública

En países de mayor desarrollo, los resultados de centros de investigación, desarrollo e innovación suelen vincularse a la actuación de distintos tipos de actores que demandan sus resultados. En Chile, en cambio, los agentes productivos y sociales son pasivos respecto de la generación de nuevos conocimientos y su demanda por resultados no académicos es relativamente débil. En este contexto, se estima que el rol del sector público tiene mucho espacio para constituir una demanda más activa por los resultados de los centros.

⁶⁷ Complementariamente, puede resultar importante avanzar en la evaluación de las contribuciones que efectivamente realizan los centros nacionales a la generación de nuevos conocimientos. En términos prácticos esta tarea puede abordarse a través de convenios que permitan la incorporación de los proyectos realizados en el país a procesos de evaluación regulares en instituciones como el European Research Council (ERC).

La constitución de una demanda pública de los resultados de los centros puede resultar muy importante para incentivar la generación de resultados, rentabilizar la inversión que realiza el sector público y apoyar además procesos de formación de capacidades y modernización del Estado.

En esta perspectiva, se estima que es necesario explorar nuevos mecanismos para la formación y mantención de capacidades científicas y técnicas en el país, particularmente, para la investigación científica en áreas de relevancia e interés estratégicos. En el caso de los centros de investigación en ciencias naturales y exactas, parece conveniente que el proceso de formación de capacidades en ámbitos seleccionados, como pueden ser las áreas asociadas a astronomía y oceanografía, por ejemplo, sea encarado en una perspectiva de largo plazo a través de mecanismos de financiamiento de tipo basal, aproximándose a esquemas de carácter permanente como en el caso de los ITPs. El rol del Estado debiera incluir además la coordinación de los actores públicos para la promoción de inversiones públicas complementarias.

En el caso de los centros de investigación en ciencias sociales y ambientales se debe incentivar la producción de bienes públicos para el fortalecimiento de políticas sectoriales. Los esfuerzos de generación de conocimiento científico para la anticipación de los efectos territoriales y sectoriales del cambio climático en el país, la producción y sistematización continua de información técnica para el fortalecimiento de políticas sectoriales, así como la demanda de soluciones tecnológicas para abordar problemas específicos en diversos ámbitos de relevantes social y económicamente, entre otros, pueden ser guiados y demandados de manera más proactiva por el sector público. Ello significa explorar posibilidades para el diseño e implementación de contratos de mediano y largo plazo entre el sector público y los centros de investigación.

Conducción estratégica de los ITPs

A nivel de institutos tecnológicos públicos, se debe avanzar en el perfeccionamiento de los mecanismos de participación en su gobernanza y conducción por parte del sector público. En este caso se trata de asegurar oportunamente la provisión de bienes y servicios de estas organizaciones en concordancia con los requerimientos de las políticas sectoriales y, adicionalmente, de conducir los procesos de modernización y actualización de las capacidades técnicas y tecnológicas necesarias para ello.

De manera complementaria, parece necesario que el sector público realice una valoración estratégica de las áreas de actuación en las que dispone de capacidades técnicas relevantes en la actualidad. En esta perspectiva, más allá de los ajustes propuestos en el marco de las definiciones de la nueva institucionalidad de CTI, resulta necesaria la identificación y definición de aquellos ámbitos técnicos de interés estratégico en los que se requiere disponer y/o fortalecer la arquitectura institucional para el soporte técnico de políticas sectoriales.

El proceso de fortalecimiento y/o creación de nuevas capacidades debe orientarse a la organización de un conjunto de recursos especializados para la provisión de respuestas y soluciones a problemas relevantes. Ello involucra avanzar de manera significativa en la coordinación de los institutos tecnológicos públicos con otras capacidades e infraestructura técnicas disponibles, incluidos los centros de investigación y desarrollo que operan en el país, y explorar nuevos mecanismos de cooperación internacional para acelerar la transferencia de tecnologías y conocimientos que apoyen su proceso de modernización.

Bibliografía



Addere Ltda. (2016). *Servicio de evaluación temprana del Programa de Atracción de Centros de Excelencia Internacional*.

Aksnes, Fredrik y Rørstad (2018). *Does size matter? An investigation of how department size and other organizational variables influence on publication productivity and citation impact*. Nordic Institute for Studies in Innovation, Research and Education. Working Paper 2018:14

Álvarez R., Belmar C., Lauterbach R., Sierra P. y Valdés S. (2020). *Evaluación económica de los institutos y núcleos del Programa Iniciativa Científica Milenio*. Synthesis Consultores. Ministerio de Economía, Fomento y Turismo, 2020.

Angelelli P., Luna F. y Suaznábar C. (2017). *Agencias latinoamericanas de fomento de la innovación y el emprendimiento: características y retos futuros*. BID, Nota Técnica N° IDB-TN-1285.

Asesorías para el Desarrollo S.A. (2009). *Evaluación del programa fondo de financiamiento de Centros de excelencia en investigación FONDAP. Informe Final*.

Balbontín R., Roeschmann J.A. y Zahler A. (2018). *Ciencia, Tecnología e Innovación en Chile: un análisis presupuestario*. Dirección de Presupuestos. Enero, 2018.

Bloch, Schneider y Sinkjær (2016). *Size, Accumulation and Performance for Research Grants: Examining the role of size for Centres of Excellence*. PLoS ONE 11(2): e0147726. doi:10.1371/journal.pone.0147726

Busco C., Retamal R., y Rodríguez D. (2008). *Consortios Tecnológicos: Buenas prácticas y lecciones aprendidas*. Pontificia Universidad Católica de Chile, 2008.

—
Comisión Nacional de Productividad (2020). *Informe Anual 2019*.

—
Consejo Nacional de Innovación para la Competitividad (2008). *Hacia una Estrategia de Innovación para la Competitividad. Volumen II*. CNIC, 2008.

—
Consejo Nacional de Innovación para el Desarrollo (2016). *Lineamientos para una Política Nacional de Centros de Investigación*. Documento de Trabajo N°3.

—
Consejo Nacional de Innovación para el Desarrollo (2017). *Ciencias, tecnologías e innovación para un nuevo pacto de desarrollo sostenible e inclusivo. Orientaciones estratégicas de cara a 2030 tras diez años de trayectoria*.

—
CORFO (2020). *Programas Tecnológicos y Consorcios*. Gerencia de Capacidades Tecnológicas. CORFO, 2020.

—
Charles D. y Ciampi K. (2015). *Research and Technology Organisations and Smart Specialisation*. S3 Policy Brief Series. No. 15/2015.

—
CONICYT (2015). *Ciencia y Tecnología para el Desarrollo de las Regiones: Avances y resultados de los Centros Regionales creados por CONICYT y los Gobiernos Regionales*. Programa Regional de Investigación Científica y Tecnológica, 2015.

—
CONICYT (2018). *Informe del Consejo de CONICYT 2015-2018*.

—
Cruz-Castro L., Martínez C., Peñasco C. y Sanz-Menéndez L.(2020). *The classification of public research organizations: Taxonomical explorations*. Research Evaluation, 2020, 1–15. Oxford University Press.

—
Department for Business, Innovation and Skills (2015). *Research and Innovation Organisations in the UK: Innovation Functions and Policy Issues*. Research paper number 226, July 2015. BIS, United Kingdom.

—
Department for Business, Energy and Industrial Strategy (2021). *Catapult Network Review. How the UK's Catapults can strengthen research and development capacity*. BEIS Research Paper Number 2021/013.

—
DIPRES (2014). *Informe Final. Programa Iniciativa Científica Milenio. Evaluación Programas Gubernamentales (EPG)*. DIPRES, Enero – Agosto 2014.

—
Ematris Consultores y PRODEM (2020). *Caracterización de los emprendimientos y empresas de base científica tecnológica en Chile*. Ministerio de Economía, 2020.

European Research Council (2020). *Qualitative Evaluation of completed Projects funded by the European Research Council 2019*. ERC, September 2020.

—
Frølund, L., F. Murray and M. Riedel (2018). *Developing successful strategic partnerships with universities*. MIT Sloan Management Review, Winter Issue, 71-79.

—
Guimón J. (2019). *Policy initiatives to enhance the impact of public research. Promoting excellence, transfer and co-creation*. OECD Science, Technology and Industry Policy papers. October 2019 No. 81

—
Guimón J. y Paunov C. (2019). *Science-industry knowledge exchange: a mapping of policy instruments and their interactions*. OECD Science, Technology and Industry Policy papers. April 2019 No. 66.

Horta y Lacy (2011). *How does size matter for science? Exploring the effects of research unit size on academics' scientific productivity and information exchange behaviors*. *Science and Public Policy*, 38(6), July 2011, pages 449–460

InnovosChile - InnovosGroup (2015). *Informe final. Estudio de productividad científica de los centros del programa Iniciativa Científica Milenio*.

Lemola T. y Peña-Ratinen C., *Reorganization of the Chilean Public Technological Institutes*. Final Report, 2008. Advansis, 2008.

Mazzucato M. y Penna C. (2020). *The age of missions. Addressing Societal Challenges Through Mission-Oriented Innovation Policies in Latin America and the Caribbean*. BID, 2020.

Ministerio de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación (2020). *Política Nacional de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación*.

Ministerio de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación (2020). *Análisis de Centros CTCI*.

Ministerio de Economía, Fomento y Turismo (2000). *Centros científicos y tecnológicos*. Directorio nacional 1999-2000. Programa de Innovación Tecnológica.

Ministerio de Medio Ambiente (2020). *Minuta: Avances para la definición Indicadores de vulnerabilidad y adaptación para Chile en la ECLP*.

Mullin J., Ahumada J., Vessuri H., Olivares J., Waissbluth M. y Yutronic, J. (2000). *Política para los Institutos Tecnológicos Públicos de Chile*. Ministerio de Economía y CORFO, 2000.

—
OECD (2011). *Actor brief on Public Research Organisations (PROs): Roles performed*, OECD, 2011.

—
OECD (2014), *Promoting Research Excellence: New Approaches to Funding*, OECD Publishing.

—
OECD (2015). *Public research centres and knowledge triangle: the case of Chile*. CNID, 2015.

—
OECD (2019). *Benchmarking Higher Education System Performance*. Higher Education, OECD Publishing, Paris.

—
OECD (2021a). *Effective policies to foster High-risk/High-reward Research*. OECD Science, Technology and Industry Policy papers. May 2021 No. 112.

—
(OECD, 2021b). *The design and implementation of mission-oriented innovation policies: A new systemic policy approach to address societal challenges*. OECD Science, Technology and Industry Policy papers. February 2021 No. 100.

—
OECD/UN (2018), *Production Transformation Policy Review of Chile: Reaping the Benefits of New Frontiers*. OECD Development Pathways, OECD Publishing, Paris

—
Pica-Tellez, A.; Garreaud, R.; Meza, F.; Bustos, S.; Falvey, M.; Ibarra, M.; Duarte, K.; Ormazabal, R.; Dittborn, R. & Silva, I.; (2020). *Informe Proyecto AR-Clim: Atlas de Riesgos Climáticos para Chile*. Centro de Ciencia del Clima y la Resiliencia, Centro de Cambio Global UC y Meteodata para el Ministerio del Medio Ambiente a través de la Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ). Santiago, Chile.

Shapira, P. y Youtie, J. (2013). *Impact of Technology and Innovation Advisory Services. Compendium of Evidence on the Effectiveness of Innovation Policy Intervention*. Manchester Institute of Innovation Research. Manchester Business School, University of Manchester.

Sierra P. (2021). *Contexto económico e institucional para la actuación de los institutos tecnológicos públicos*. Synthesis Consultores. CORFO, 2021. Disponible online en: <http://repositoriodigital.corfo.cl/xmlui/handle/11373/715439>.

Verde Educación, Ciencia e Innovación (2014). *Consultoría para la evaluación de Centros Regionales de Desarrollo Científico y Tecnológico*.

Verde Educación, Ciencia e Innovación (2021). *Consultoría para la evaluación de resultados de Centros Científicos y Tecnológicos de Excelencia con Financiamiento Basal*.

World Bank (1999). *Project Appraisal Document on a Proposed Learning and Innovation Loan (LIL) in the Amount of US\$5 Million to the Republic of Chile for a Millennium Science Initiative Project*. Report 19130. Human and Social Development Group, Latin America and the Caribbean Regional Office, April 1.



Miraflores 178, piso 19, Santiago, Chile.
(56-2) 2473 3558

consejo@cnid.cl

CHILE, DICIEMBRE 2021