



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

Panorama del Ecosistema de **Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación** en Chile de los últimos 10 años

2013



2023

Autores

Instituto Milenio Fundamentos de los Datos

Dirección de Innovación y Transferencia Tecnológica

María José Bravo

Francisca Cona

Juan José Alegría

Hernán Sarmiento

Jazmine Maldonado

Contraparte Consejo CTCI

María José Menéndez

Katherine Villarroel

A continuación, presentamos un estudio contratado por el Consejo Nacional de CTCI para el Desarrollo, que busca contar con un panorama general del Ecosistema CTCI en Chile en los últimos 10 años, adoptando el concepto de “Ecosistema CTCI”. Este concepto busca relevar como características esenciales la robustez, diversidad de actores y las conexiones en este, así como la importancia del contexto o “sustrato” en que está inmerso el Ecosistema CTCI.

SANTIAGO, CHILE - DICIEMBRE 2023



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



Instituto Milenio
Fundamentos
de los datos

Índice

Glosario.....11

Capítulo I: Panorama del Ecosistema de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación en Chile de los últimos diez años

Introducción.....13

Marco Conceptual.....15

Conceptualización operativa de Ecosistema CTCI.....15

Componentes de un Ecosistema CTCI.....17

Atributos de un Ecosistema CTCI.....18

Conceptualización operativa para la caracterización y monitoreo del Ecosistema CTCI.....20

Contexto Nacional21

Evolución del PIB Per cápita de Chile, 2013 - 2022.....22

Evolución del índice de Gini de Chile, 2013 - 2020.....22

Evolución de las emisiones de CO2 (toneladas métricas per cápita) en Chile, 2013 - 2020.....23

Evolución de la Tasa de población activa en Chile (% de la población total mayor de 15 años), 2013 - 2022.....23

Evolución de las exportaciones de alta tecnología, 2013 - 2022.....24

Evolución de la inversión extranjera directa, entrada neta del capital (% del PIB), 2013 - 2022.....24

Variación anual de la Productividad Total de Factores (media móvil 5 años), 2013 - 2022.....25

Evolución en el Ranking de Complejidad Económica Chile, 2013-2021.....25

Desconfianza en instituciones en Chile, 2019.....26

Evolución de la preferencia de la democracia en comparación con otra forma de gobierno, 2016-2022.....26

Estructura del Ecosistema CTCI Chileno.....28

Diversidad de Actores y sus Roles en el Ecosistema CTCI.....28

Categorización de los Actores del Ecosistema CTCI según su contribución principal.....29

Caracterización de los Actores del Ecosistema CTCI.....30

Actores del Ecosistema CTCI en números.....30

Personal de Investigación y Desarrollo.....31

Evolución de la cantidad de personal total dedicado a I+D.....31

Evolución del personal I+D según nivel educacional y sector de ejecución, 2013 - 2018.....32

Evolución del porcentaje de mujeres en JCE trabajando en I+D, 2013 - 2020.....33

Evolución de la cantidad de investigadores/as, 2013 - 2020.....33

Evolución del número de investigadores/as según disciplina, 2013-2018.....34

Porcentaje de investigadores/as por región e investigadoras mujeres respecto al total de investigadores/as por región en 2020.....35

Evolución del número de investigadores por cada mil personas trabajando, en Chile y promedio OCDE.....35

Número de investigadores por cada mil personas trabajando el 2020, en Chile y el mundo.....36

Periodistas Científicos y Divulgadores.....37

Instituciones de Educación Superior.....38

Evolución del número de instituciones de educación superior, 2018 - 2023.....38

Cantidad de instituciones de educación superior desagregadas por región.....	39	Evolución de la cantidad de proyectos de emprendimientos apoyados por CORFO según región de procedencia.....	54
Centros I+D+i.....	40	Evolución de la cantidad de proyectos de emprendimientos apoyados por CORFO según género de su líder.....	55
Porcentaje de centros por instrumento según taxonomía, 2019.....	41	Evolución de la cantidad de inventores/as por género, 2021 - 2022.....	55
Actores en el Estado.....	42	Evolución de la proporción de inventores/as, solicitudes de patentes de invención residentes, 2013- 2022.....	56
Año de nacimiento de los ITPs.....	42	Actores y sus Relaciones.....	57
Incubadoras, Aceleradoras y Hubs.....	43	Redes de colaboración en proyectos cofinanciados por el Estado.....	57
Empresas de Base científica y/o tecnológica.....	46	Redes de colaboración entre instituciones en proyectos adjudicados por ANID.....	58
Evolución de la cantidad de EBCTs por región.....	47	Redes de colaboración entre instituciones en proyectos CORFO.....	60
Género de líderes de EBCTs.....	48	Evolución de la colaboración en proyectos cofinanciados por el Estado.....	61
Empresas que innovan en Chile.....	49	Número de relaciones entre instituciones entre 2016 - 2023, en base a proyectos adjudicados por ANID.....	62
Evolución de la cantidad de empresas que Innovan.....	49	Número de relaciones entre instituciones entre 2016 - 2023, en base a proyectos adjudicados por CORFO.....	64
Comparación de la cantidad de empresas que innovan entre 2017 - 2018 y 2019 - 2020, según tamaño de las empresas.....	50	Caracterizando la Colaboración.....	66
Porcentaje de empresas que innovan respecto al total de empresas de cada macrozona en el periodo 2019 y 2020.....	50	Instituciones con mayor centralidad de grado para cada año en red de colaboración de ANID.....	67
Empresas que realizan I+D.....	51		
Evolución de la cantidad de empresas que hacen I+D por años de antigüedad.....	51		
Evolución de la cantidad de empresas que hacen I+D por tamaño de las empresas.....	52		
Emprendedores/as.....	52		
Evolución de la cantidad total de proyectos de emprendimientos apoyados por CORFO.....	53		
Inventores/as.....	53		

Instituciones con mayor centralidad de grado para cada año en red de colaboración de CORFO.....	69	Evolución del Presupuesto Público en I+D según Ministerio, 2016-2021.....	90
Desafíos para el análisis de la colaboración.....	72	Evolución del Presupuesto Público en I+D según Objetivo Socioeconómico (OSE), 2013-2021.....	91
Funcionamiento del Ecosistema CTCI de Chile.....	74	Instrumentos de Apoyo Público a la CTCI.....	92
Institucionalidad Pública.....	74	Cantidad de instrumentos por dimensión sistémica, vigentes al 2023.....	92
Evolución de la Institucionalidad CTCI.....	75	Porcentaje de los recursos ejecutados por instrumento, vigentes al 2021.....	93
Caracterización del Funcionamiento.....	79	Distribución de instrumentos según si incentivan la oferta o la demanda en I+D+i, vigentes al 2023.....	94
Gasto en actividades de Investigación y Desarrollo.....	79	Distribución de instrumentos según tipo de Instrumentos de Política Pública, vigentes al 2023.....	95
Evolución del gasto en I+D total, en términos netos y con respecto al PIB, 2010-2020.....	79	Evolución de cantidad de empresas ejecutando proyectos bajo la Ley I+D y montos certificados, 2013-2021.....	96
Comparación internacional del Gasto en I+D total con respecto al PIB, 2013 - 2020.....	80	Comparación internacional del financiamiento público I+D diferenciado según incentivo tributario y financiamiento directo.....	97
Evolución del Gasto en I+D según fuente de financiamiento, 2013-2020.....	81	Beneficiarios del Apoyo Público a la I+D+i.....	98
Evolución del Gasto en I+D según sector de ejecución, 2013-2020.....	82	Evolución de la cantidad de proyectos beneficiarios de ANID por región de ejecución.....	98
Evolución del Gasto en I+D por Macrozona, 2013-2017.....	83	Evolución del tipo de beneficiarios por tipo de agencia.....	99
Evolución del Gasto en I+D según tipo de I+D, 2013-2018.....	84	Comparación de las empresas que usan financiamiento público para innovar en periodos 2017-2018 y 2019-2020.....	100
Gasto en I+D en empresas el año 2019, por sector económico (clasificación CIU rev. 4).....	85	Evolución de las empresas que hacen I+D que usan el incentivo tributario en periodos 2017-2018 y 2019-2020.....	101
Proporción del Gasto en I+D por fuente de financiamiento en América Latina y otros territorios, 2011-2020.....	86	Infraestructura Habilitante.....	102
Presupuesto Público en I+D.....	87		
Evolución del Presupuesto Público en I+D, 2013-2021.....	87		
Comparación Internacional del Presupuesto Público I+D con respecto al PIB, 2013 y 2021.....	88		

Cantidad de equipos FONDEQUIP instalados por región, 2023.....	102	Evolución de la cantidad de programas de postgrado en áreas STEM entre los años 2013 al 2022, desagregado por región.....	114
Distribución de las instituciones que recibieron equipamiento FONDEQUIP, 2023.....	103	Evolución de personas graduadas de becas ANID de postgrado en Chile y extranjero.....	115
Distribución por tipo de equipamiento otorgado por FONDEQUIP, 2023.....	103	Evolución de las personas graduadas de becas de magíster en Chile y en el extranjero según área de conocimiento.....	116
Plataformas de Información: índice de datos abiertos, útiles y reutilizables (OURdata).....	104	Evolución de las personas graduadas de becas de doctorado en Chile y en el extranjero según área de conocimiento.....	117
Evolución de la Red Nacional REUNA, 2018-2023.....	104	Evolución del porcentaje de mujeres graduadas de becas de postgrado con Becas ANID.....	118
Capital de Riesgo.....	105	Evolución de la distribución de profesionales con grado de doctor en Chile por género según año de egreso del doctorado, 1995-2019.....	119
Distribución de la inversión (millones de US\$) por actividad económica.....	105	Evolución de la distribución de profesionales con doctorado por área de conocimiento de sus estudios, 2011-2019.....	120
Evolución de la inversión total según tipo de fondos de inversión, 2013-2022.....	106	Número de personas con doctorado trabajando por cada mil trabajadores en la región, 2019.....	121
Evolución de la cantidad de nuevas empresas beneficiarias de fondos de inversión, 2013-2022.....	107	Innovación.....	122
Desempeño del Ecosistema CTCI de Chile.....	109	Evolución del Puntaje Índice Global de Innovación de Chile, 2017-2023.....	122
Formación de Capital Humano.....	109	Índice Global de Innovación (Global Innovation Index) para los países de la OCDE y Latinoamérica, 2023.....	123
Evolución de la cantidad de matrículas anuales en universidades de Chile, 2012-2020.....	110	Evolución del porcentaje de empresas que innovan según tipo de innovación, 2013-2020.....	124
Evolución de la matrícula de educación superior según género, 2013-2023.....	111		
Porcentaje de mujeres que se titularon del área STEM en educación terciaria respecto al total de personas con título universitario en países OCDE, 2020.....	112		
Evolución de la cantidad de programas de postgrado en áreas STEM entre los años 2013 al 2022, total país.....	113		

Evolución del gasto en actividades innovativas según tipo de actividad, 2017-2020.....	125	Evolución de patentes PCT de invención solicitadas en Chile.....	137
Evolución del porcentaje de empresas que coopera en actividades innovativas, con instituciones nacionales y/o internacionales.....	126	Evolución de la cantidad de solicitudes de patentes PCT por cada millón de habitantes a nivel mundial.....	137
Evolución del porcentaje de empresas que innovan por macrozona.....	126	Proporción de solicitantes residentes en oficinas nacionales de patentes, países seleccionados, 2019-2021.....	138
Porcentaje de empresas que innovan a nivel internacional.....	127	Evolución de las solicitudes de patentes de invención y modelos de utilidad por parte de universidades chilenas.....	138
Porcentaje de empresas que innovan en productos nuevos para el mercado a nivel internacional.....	128	Evolución del número de divulgaciones de invención y el número de licenciamientos gestionados por Oficinas de Transferencia y Licenciamiento (OTL).....	139
Innovación Pública y Social.....	129	Evolución del número de spin-offs y startups creadas con apoyo de OTL.....	140
Distribución del puntaje del índice de innovación pública, 2019-2022, medición sobre un máximo de 100 puntos.....	129	Ciencia y Sociedad.....	141
Evolución del índice de desempeño de las instituciones, 2019-2022.....	130	Interés en áreas del conocimiento.....	142
Evolución del porcentaje de madurez metodológica de las instituciones, 2019-2022.....	130	Valoración del desarrollo científico y su impacto en la sociedad.....	143
Evolución de la Producción Científica.....	132	Consumo científico.....	144
Evolución de la Cantidad de Publicaciones y Citas por año.....	132	Evolución de PISA Rendimiento medio en Ciencias, Chile y otros países OCDE, 2006-2018.....	145
Publicaciones científicas por región, 2018.....	133	Porcentaje de adultos con bajas habilidades en TIC y procesamiento de información, Chile y resto de países OCDE, 2019.....	146
Evolución de publicaciones y citas por área OCDE.....	134	Evolución de la Intención Emprendedora en Chile, %, 18-64 años de encuestados. 2013-2022.....	147
Publicaciones científicas con colaboración internacional.....	135	Empresas y Emprendimientos de Base Científico-Tecnológica (EBCT).....	148
Porcentaje de publicaciones científicas que involucran colaboración internacional, 2013-2021.....	135	EBCT según tipo de tecnología predominante.....	148
Producción Tecnológica.....	136		
Evolución del patentamiento en Chile (nacionales y extranjeras).....	136		

Origen de la idea en la que se basan las Empresas de Base Científico-Tecnológica (EBCT), según tecnología predominante.....	149	Evolución de la cantidad de artículos publicados sobre salud, cáncer, diabetes y enfermedades cardiovasculares en Chile (2013 - 2023)	160
Capítulo II: Análisis y Caracterización de las actividades de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación en Salud		Total de artículos publicados sobre salud, cáncer, diabetes y enfermedades cardiovasculares en Chile (2013 - 2023).....	160
Alcance del Estudio.....	152	Colaboración Internacional en Producción Científica.....	161
Enfermedades con mayor causa de muerte en Chile entre años 2009 y 2019.....	153	Salud.....	161
Metodología.....	154	Mapa de co-autoría de países en artículos sobre Salud entre los años 2016 y 2019, incluyendo ambos años.....	162
Análisis de publicaciones científicas.....	154	Mapa de co-autoría de países en artículos sobre salud entre los años 2020 y 2023, incluyendo ambos años.....	163
Objetivo.....	154	Estudios o Investigación en Cáncer.....	164
Base de datos.....	154	Mapa de co-autoría de países en artículos sobre cáncer.....	165
Metodología.....	154	Estudios o Investigación en Diabetes.....	166
Consideraciones.....	155	Mapa de co-autoría de países en artículos sobre diabetes.....	167
Análisis de proyectos.....	157	Enfermedades cardiovasculares.....	168
Objetivo	157	Mapa de co-autoría de países en artículos sobre enfermedades cardiovasculares.....	169
Base de Datos.....	157	Colaboración Institucional en Producción Científica.....	170
Metodología	157	Salud.....	170
Consideraciones	158	Mapa de co-autoría de instituciones en artículos sobre salud entre los años 2016 y 2019, incluyendo ambos años.....	171
Resultados del análisis.....	159		
Análisis de publicaciones científicas.....	159		
Evolución del estudio de cáncer, diabetes, enfermedades cardiovasculares y salud en general.....	159		
Evolución de la cantidad de artículos publicados sobre cáncer, diabetes y enfermedades cardiovasculares en Chile (2013 - 2023).....	159		

Mapa de co-autoría de instituciones en artículos sobre salud entre los años 2020 y 2023, incluyendo ambos años.....	172	Cáncer	188
Estudios o Investigación en Cáncer.....	173	Tipos de instituciones chilenas que participaron en artículos relacionados al cáncer durante año 2023.....	189
Mapa de co-autoría de instituciones en artículos sobre cáncer.....	174	Evolución en 10 años de los tipos de instituciones chilenas que participan en artículos relacionados a cáncer.....	190
Estudios o Investigación en Diabetes	175	Diabetes	191
Mapa de co-autoría de instituciones en artículos sobre diabetes	176	Tipo de instituciones chilenas que participaron en artículos relacionados a diabetes durante año 2023.....	191
Enfermedades cardiovasculares	177	Evolución en 10 años de los tipos de instituciones chilenas que participan en artículos relacionados a diabetes.....	193
Mapa de co-autoría de instituciones en artículos sobre enfermedades cardiovasculares	178	Enfermedades cardiovasculares	194
Keywords más frecuentes	179	Tipos de instituciones chilenas que participaron en artículos relacionados a enfermedades cardiovasculares durante el año 2023	194
Salud	179	Evolución en 10 años de los tipos de instituciones chilenas que participan en artículos relacionados a enfermedades cardiovasculares	195
Cantidad de artículos por año con alguna de las 15 keywords más comunes relacionadas a salud	180	Análisis de proyectos.....	196
Cáncer	181	Proyectos ANID	196
Incidencia de distintos tipos de cáncer en Chile, para ambos sexos, 2022	182	Número de proyectos y montos adjudicados por proyectos ANID entre 2013 y 2023	197
Cantidad de artículos por año con alguna de las 10 keywords más comunes relacionadas a cáncer.....	183	Número de proyectos y montos adjudicados por proyectos ANID, desglosados por programa.....	199
Diabetes.....	184	Número de proyectos y montos adjudicados por proyectos FONDECYT, desglosados tipo de instrumento	200
Cantidad de artículos por año con alguna de las 10 keywords más comunes relacionadas a diabetes.....	185		
Enfermedades cardiovasculares.....	186		
Cantidad de artículos por año con alguna de las 10 keywords más comunes relacionadas a enfermedades cardiovasculares.....	187		
Caracterización de las instituciones chilenas participantes	188		

Número de proyectos y montos adjudicados por proyectos ANID, desglosados por macrozona.....	202
Proyectos CORFO.....	203
Número de proyectos y montos adjudicados por proyectos CORFO entre 2013 y 2023.....	204
Número de proyectos CORFO por tipo de intervención.....	205
Número de proyectos y montos adjudicados por proyectos CORFO, desglosados por instrumento homologado.....	207
Porcentaje de proyectos CORFO en salud desglosados por instrumento homologado.....	208
Número de proyectos y montos adjudicados por proyectos CORFO, desglosados por macrozona.....	210

Referencias.....	211
Anexos.....	220
Anexo 1: Definiciones conceptuales de Ecosistema de Innovación.....	220
Revisión de la literatura de la definición de Ecosistema de Innovación.....	220
Mirada de la literatura socio-técnica: Sistema versus Ecosistema.....	224
Ejemplos de organismos internacionales con el concepto CTCI.....	226
Unión Europea.....	226
Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE).....	226
Banco Interamericano de Desarrollo (BID).....	227
Anexo 2: Dimensiones sistémicas.....	228
Anexo 3: Bases de datos de proyectos.....	229
Base de datos de ANID.....	229
Base de datos de CORFO.....	230
Anexo 4: Metodología de clasificación de proyectos.....	232
Prompts utilizados.....	232
Validación de metodología.....	234
Revisión Proyectos ANID	234
Revisión CORFO.....	239
Limitaciones y consideraciones.....	248

Glosario

- **ANID:** Agencia Nacional de Investigación y Desarrollo, sucesora de CONICYT.
- **ASECH:** Asociación de Emprendedores de Chile.
- **CNIC:** Consejo Nacional de Innovación para la Competitividad.
- **CNID:** Consejo Nacional de Innovación para el Desarrollo.
- **CORFO:** Corporación de Fomento de la Producción.
- **CPP:** Créditos Presupuestarios Públicos. Permiten identificar y cuantificar el presupuesto público destinado a I+D por parte del Estado y las acciones políticas por objetivos socioeconómicos, sector ejecutor y ubicación geográfica.
- **CRUCH:** Consejo de Rectores de las Universidades Chilenas.
- **CUECH:** Consorcio de Universidades del Estado de Chile.
- **EBCT:** Emprendimientos y Empresas de Base Científico-Tecnológica.
- **FIA:** Fundación para la Innovación Agraria.
- **FIC:** Fondo de Innovación para la Competitividad.
- **FIC-R:** Fondo de Innovación para la Competitividad Regional.
- **FONDAP:** Fondo de Financiamiento de Centros de Investigación en Áreas Prioritarias.
- **GBARD:** Presupuesto Público para I+D.
- **GERD:** Gasto Interno Bruto en I+D.
- **HUB:** Centro o espacio físico donde se concentran empresas, startups de base Científico - Tecnológica y emprendedores.
- **I+D:** Investigación y Desarrollo.
- **I+D+i:** Investigación, Desarrollo e Innovación.
- **I+D extramuro:** Actividades de I+D contratadas a terceros para su ejecución. Usualmente ejecutadas fuera de las dependencias de la unidad o institución. No serán I+D extramuro aquellas actividades auxiliares a los proyectos internos contratadas a terceros, así como tampoco la contratación de personas externas que apoyen la ejecución interna de actividades de I+D.
- **I+D intramuro:** Actividades de I+D desarrolladas al interior de la unidad, para usos propios o de terceros. No discrimina la proveniencia de los fondos utilizados ni el tipo de personal necesario para su ejecución.
- **IES:** Instituciones de Educación Superior.
- **INE:** Instituto Nacional de Estadísticas.
- **IPSFL:** Instituciones Privadas Sin Fines de Lucro.
- **ITP:** Instituto Tecnológico Público, también llamados ITIP por institutos tecnológicos y de investigación públicos.
- **JCE:** Jornada Completa Equivalente. Es la unidad de medida que corresponde a un equivalente de un académico contratado por 44 horas a la semana.
- **OCDE:** Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico.
- **OTL:** Oficina de Transferencia y Licenciamiento.
- **ODS:** Objetivos de Desarrollo Sostenible.
- **PIB:** Producto Interno Bruto.
- **REP:** Reciclaje y Responsabilidad Extendida del Productor.
- **Macrozonas:** Se refiere a las Macrozonas definidas por el Ministerio de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación, estas son 5: Macrozona Norte, Macrozona Centro, Macrozona Centro Sur, Macrozona Sur y Macrozona Austral.

Capítulo I:

Panorama del Ecosistema de Ciencia,
Tecnología, Conocimiento e Innovación
en Chile de los últimos diez años

2013



2023

Introducción

La literatura ha reconocido que la innovación es un motor fundamental del crecimiento económico y del desarrollo en general: muchos académicos han estudiado el factor determinante del éxito de la innovación y la I+D y el rol del Estado (Freeman, 1989; Lundvall, 1992). En este sentido, una visión más reciente del proceso de innovación, y ampliamente utilizada, es la perspectiva de sistema de innovación, que identifica nuevas razones para la intervención del gobierno. El sistema de innovación se define como un proceso complejo no lineal de innovación: enfatiza la interacción entre diferentes actores y componentes del sistema, como la industria, los institutos de investigación, las organizaciones financieras, la demanda, la infraestructura y las condiciones marco (Lundvall, 1992). La interacción es central en el proceso de innovación, liderado por la cooperación y el aprendizaje interactivo. Esta perspectiva se ha vuelto más frecuente en el área de políticas a través del uso del enfoque del Sistema Nacional de Innovación y en las publicaciones de la OCDE (Edquist, 1997). Desde esta perspectiva, el aprendizaje y el conocimiento tienen múltiples capas que involucran diferentes tipos de conocimiento, componentes altamente específicos y sólidos del conocimiento tácito, acumulativo y dependiente del camino, que se basan en interacciones sistémicas internas y externas, donde los actores de la demanda y el mercado juegan un papel en el proceso de innovación.

En el dinámico entramado de la Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación (CTCI), el concepto de Ecosistema surge como un paradigma que encapsula la complejidad y la interconexión de los diversos elementos que impulsan la CTCI en Chile. El acercamiento al Ecosistema CTCI planteado en este estudio, va más allá de la mera suma de partes, adoptando

una perspectiva integral y dinámica.

Adoptando una lente sistémica, se concibe el Ecosistema CTCI como un tejido en constante evolución, donde las interacciones entre organismos especializados generan las sinergias cruciales para el progreso. Este enfoque sistémico reconoce que la innovación no sigue una ruta lineal, sino que se nutre de la interacción entre diversos actores, cada uno aportando su perspectiva única. En base a la definición de sistemas de innovación de Lundvall (1992), se visualiza el Ecosistema CTCI como un crisol de relaciones, donde la velocidad y dirección de la innovación se tejen a través de procesos de aprendizaje basados tanto en la ciencia como en la experiencia.

Al explorar esta red compleja, se amplía la mirada más allá de las entidades tangibles, incorporando elementos sociales al concepto de Ecosistema CTCI. Este enfoque sociotécnico reconoce la influencia vital de normas sociales, reglamentos y estándares de buenas prácticas, elementos muchas veces invisibles pero determinantes en el funcionamiento del sistema.

Como bien es sabido las necesidades de información para comprender el fenómeno de la ciencia, tecnología e innovación han ido evolucionando en el tiempo. Las preocupaciones de la sostenibilidad y los objetivos de la política cambiaron. La crisis climática y ecológica y los problemas sociales están desafiando las políticas públicas, buscando nuevas respuestas a estos contextos, por ejemplo, los objetivos de desarrollo sostenible (ODS). Es así como la literatura ha propuesto una revisión a los marcos de política de innovación, pasando por aquellas políticas que respondieron al crecimiento económico y a la competitividad, a un nuevo

marco para el desarrollo sostenible denominado “cambio transformativo” (Schot & Steinmuller, 2018).

Este informe, al desplegar el panorama de la CTCI en Chile durante la última década, representa una recopilación de datos que intentan abarcar la mayor cantidad de fuentes de información existentes, considerando así un horizonte de tiempo que comprende desde el año 2013 en adelante. La intención subyacente en el análisis es no solo examinar los elementos tangibles del sistema, tales como actores, recursos y productos, sino también un intento por explorar las interacciones que configuran su dinámica interna. Este estudio proporciona al Consejo CTCI un insumo esencial para la toma de decisiones estratégicas. Sin embargo, al mismo tiempo, se habrán identificado brechas de información y tareas pendientes que permitirían comprender el Ecosistema CTCI en todas sus dimensiones. Estas brechas y desafíos emergentes ofrecen oportunidades para futuras investigaciones y acciones estratégicas que permitan contar con información para abordar integralmente el complejo Ecosistema CTCI en los próximos años. Este informe, lejos de ser una simple instantánea, busca servir de referente para nutrir el análisis de los desafíos que demandarán atención y acción en la senda de la Ciencia, Tecnología e Innovación en Chile. Utilizar el enfoque de Ecosistema plantea el desafío de redefinir estos nuevos conceptos e incorporar indicadores que se hagan cargo de examinar su complejidad.

Marco Conceptual

Conceptualización operativa de Ecosistema CTCI:

A nivel nacional, es el Consejo Nacional de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación para el Desarrollo (Consejo CTCI) quien tiene la misión de "... asesorar al Presidente o Presidenta de la República en el análisis prospectivo de las tendencias de desarrollo globales y nacionales; en la formulación de propuestas destinadas a fortalecer y desarrollar el Sistema (de CTCI); y en la elaboración y revisión, con mirada sistémica y de largo plazo, de la Estrategia". Así mismo, la Ley 21.105¹ dispone que la Estrategia CTCI "deberá contener, a lo menos, un diagnóstico de las tendencias globales y análisis prospectivos de las oportunidades y desafíos para el desarrollo integral, inclusivo y sostenible de Chile en el escenario mundial; propuestas para el desarrollo del país, a nivel nacional y/o regional, basadas en el fomento de la ciencia, tecnología e innovación; orientaciones sobre prioridades estratégicas para el gasto público en materias de ciencia, tecnología e innovación, y criterios, metas e indicadores para el seguimiento y evaluación del desempeño y desarrollo del Sistema en el mediano y largo plazo."

Desde la visión del Consejo CTCI, compartida en su última Estrategia y en otros documentos técnicos, es importante el uso de CTCI (en vez de innovación) debido a que "apunta a entregar visibilidad a las actividades de generación de conocimiento a través de la investigación, al desarrollo y la transferencia tecnológica y de conocimiento, al igual que a las actividades de innovación, y además, ser coherentes con la institucionalidad pública

1 Ley 21.150 Ministerio de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación.

en la materia en nuestro país" (Consejo CTCI, 2022; Menéndez y Villarroel, 2023).

Además, el Consejo CTCI promueve una visión amplia y sistémica del impacto de la CTCI. Tal como se describe en su Estrategia CTCI 2022, "la interacción conjunta de la Ciencia, la Tecnología, el Conocimiento y la Innovación, constituyen el Ecosistema en el que se genera y transfiere conocimiento con el objeto de aprovecharlo para beneficio de la sociedad". Plantean una lógica de Ecosistema CTCI adoptando la siguiente definición:

"Una compleja red de nodos entrelazados, que interaccionan entre sí para potenciar la creación y el flujo de conocimiento, desde donde emerge el valor social. Sus principales atributos son: la diversidad y la conexión dinámica entre sus nodos, una lógica de red en su funcionamiento y una fuerte vinculación con la sociedad". (Estrategia CTCI, 2022)

Explica también que "este Ecosistema integra al conjunto de instituciones de investigación y fomento de actividades ligadas a la CTCI, de organizaciones gubernamentales y no gubernamentales que las apoyan, de sistemas de conocimiento local y nacional, de empresas de diverso tamaño, de universidades y centros educacionales, entre muchos otros. Todos ellos constituyen una compleja red de nodos, y de interacciones entre ellos, cuyas actividades, con distintos propósitos e intereses, y entrelazadas entre sí, potencian la creación, intercambio y transferencia de conocimiento en su interior".

Este entendimiento del concepto de Ecosistema CTCI adoptado por el Consejo CTCI, de cierta manera va en línea con el enfoque de la teoría

ecológica. Como lo menciona la literatura, un Ecosistema es una metáfora tomada de la biología, como un esfuerzo por describir patrones de interrelaciones estrechamente conectadas entre los actores que necesitan interactuar. Los conceptos de la teoría de la ecología, como la diversidad, la interdependencia y la sucesión ecológica, pueden aplicarse a los Ecosistemas de innovación. Se sugiere que la diversidad de actores en un Ecosistema de innovación puede llevar a una mayor adaptabilidad y resiliencia, al igual que en los Ecosistemas naturales. La interdependencia entre los actores refleja la forma en que las especies en un Ecosistema natural interactúan y dependen unas de otras. Además, la sucesión ecológica puede compararse con la evolución de un Ecosistema de innovación a lo largo del tiempo (Shaw & Allen, 2018). Existe cierto consenso en la literatura en aplicar enfoques de sistemas complejos, como los análisis de redes, al estudio de los Ecosistemas de innovación o Ecosistema CTCI, lo que implica considerar las conexiones y relaciones entre actores de manera integral.

Así como también, el Consejo CTCI, siguiendo la lógica de la Teoría de la Ecología, destaca ciertos atributos que determinan un Ecosistema, como el valor de la diversidad de actores, la interdependencia entre los múltiples factores del sistema y la complejidad de sus interacciones. Así mismo, se releva la importancia del sustrato (o contexto) en que está inmerso el Ecosistema, reflejando la importancia de las condiciones estructurales de los países y territorios en el desempeño de estos Ecosistemas. Siguiendo estas ideas, se propone reconocer y cuidar la diversidad de actores en el Ecosistema (Alvial & Menendez, 2018).

En específico, Shaw y Allen (2018) precisan los siguientes elementos o

atributos que debe tener en cuenta un Ecosistema de innovación desde la óptica de Ecosistema natural: i) diversidad de actores (puede llevar a una mayor adaptabilidad y resiliencia) ii) interdependencia entre los actores (refleja la forma en que las especies en un Ecosistema natural interactúan y dependen unas de otras) iii) sucesión ecológica (puede compararse con la evolución de un Ecosistema de innovación a lo largo del tiempo).

En el Anexo 1 se pueden revisar las definiciones conceptuales que la literatura y los organismos internacionales han planteado y adoptado para referirse a Ecosistema de Innovación, que nos permiten comprender y proponer una definición tanto conceptual como operativa de los que es el Ecosistema CTCI. A nivel internacional, se evidencia cómo los Organismos Internacionales vienen adoptando el concepto de Ecosistema CTCI en los últimos años. Ejemplos de esto también se pueden revisar en el mismo anexo.

Tal como se planteó anteriormente, si bien en la literatura no hay un consenso de la definición de Ecosistema CTCI, ni tampoco de cómo medirlo, sí se han realizado esfuerzos en completar, equilibrar y operativizar su definición. Así, Granstrand y Holgersson (2020), proponen una nueva definición, centrándose en componentes relevantes como actores, actividades, artefactos, además de las relaciones. Del mismo modo, se han identificado elementos esenciales que determinan la robustez y densidad de los Ecosistemas, mediante atributos (Consejo CTCI, 2022; Gomes et al., 2018).

Considerando todos los elementos revisados, a continuación se propone

una conceptualización operativa del concepto de Ecosistema CTCI que permita caracterizar y monitorear el desempeño del Ecosistema. Cabe destacar que se utilizará como marco de referencia metodológica lo sugerido por Olivari & Stubrin (2016) y adaptación que hace Alvial y Menendez (2018), para la selección de las fuentes de información y el nivel de análisis de las dimensiones del concepto de Ecosistema.

- Estructura del Ecosistema: entendida como la identificación de actores, sus categorías, su tamaño y las relaciones existentes (nodos y vínculos siguiendo un enfoque de redes). ¿Cómo se conectan los actores?
- Funcionamiento del Ecosistema: entendida como los mecanismos de organización, reglas y políticas. ¿Cómo se organiza la estructura?
- Desempeño: entendida como los resultados en torno a objetivos específicos. ¿Cuán alineada está esta estructura respecto a los objetivos específicos?
- Evolución: entendida como la información que permite entender cómo el Ecosistema ha pasado de un estado a otro y en qué dirección evoluciona. ¿Cómo ha cambiado el Ecosistema en el tiempo?

Es importante recalcar, tal como lo señalan las autoras, que este enfoque requiere responder las preguntas por etapas o niveles. En sus palabras, este enfoque facilita el análisis si se sigue la siguiente secuencia: el conocimiento de la estructura de un Ecosistema de CTCI facilita la mejor comprensión de su funcionamiento; el conocimiento del funcionamiento de un Ecosistema permite comprender mejor su desempeño; y el entendimiento de la estructura, funcionamiento y desempeño facilita el entendimiento de la evolución de un Ecosistema de innovación.

Componentes de un Ecosistema CTCI

Desde la literatura y la visión que plantea el Consejo CTCI se reconocen las siguientes definiciones:

Actores: son las organizaciones que participan del desarrollo, uso y difusión de las innovaciones (Olivari & Stubrin, 2016); abarca a los integrantes del Ecosistema (personas e instituciones) y sus capacidades y características (competencias, formación y experiencia) (Alvial & Menéndez, 2018); actores que mantienen cierto tipo de vínculo (por ejemplo, financiamiento, codesarrollo de productos, fuentes de información, licencias) con las empresas del sistema (Lundvall, 2007); entidades formuladoras de políticas y financiamiento, entidades institucionales (educación superior, servicios de apoyo, organizaciones no gubernamentales, organismos de investigación, instituciones privadas sin fines de lucro, cooperativas, asociaciones gremiales y empresas, *venture capital*, intermediarios financieros) (Granstrand y Holgersson, 2020). Ejemplos de actores son las entidades públicas, ministerios, empresas, emprendimientos de base científica y/o tecnológica, instituciones de educación superior acreditadas, centros de excelencia nacional e internacional, hubs de transferencia tecnológica, incubadoras apoyadas por CORFO, centros I+D financiados por ANID, institutos tecnológicos públicos (ITPs), oficina de transferencia tecnológica y licenciamiento (OTLs), entre otras (CNID, 2019).

Instituciones: normas sociales y técnicas, reglamentos, estándares

de buenas prácticas (Granstrand y Holgersson, 2020); se define como los hábitos, normas, rutinas, prácticas establecidas, reglas y leyes que regulan las relaciones entre las organizaciones (Lundvall, 1992); reglas del juego dentro de una sociedad (North, 1990); los conjuntos de reglas, procedimientos de toma de decisiones y programas que definen las prácticas sociales, asignan roles a los participantes en esas prácticas y guían las interacciones entre los ocupantes de roles individuales (Young, 2002).

Relaciones: la forma en que los actores se relacionan e interactúan (redes, articulación de actores, combinación de disciplinas y saberes, etc.) (Alvial & Menéndez, 2018); capturan todas las relaciones e interacciones entre los distintos componentes (organizaciones e instituciones) del sistema (Olivari & Stubrin, 2016); relaciones colaborativas/complementarias y competitivas/sustitutas (Granstrand y Holgersson, 2020).

Artefactos: incluye productos y servicios, recursos tangibles e intangibles, recursos tecnológicos y no tecnológicos, y otros tipos de entradas y salidas del sistema, incluyendo innovaciones (Granstrand y Holgersson, 2020); artefacto como elemento clave dentro de los sistemas tecnológicos que proviene de la literatura relacionada en la historia económica de la tecnología (Carlsson et al., 2002).

Actividades: dentro de las funciones consideradas importantes para el proceso de innovación son aquellas basadas en los trabajos de Edquist (Edquist, 2004; Edquist y Chaminade, 2006; Edquist y Hommen, 2008), quien traduce las funciones en actividades, la selección de estas funciones

(actividades) dependerá probablemente de cómo se organiza el proceso de innovación en un determinado contexto y de cuán maduro² es el sistema de innovación (Olivari & Stubrin, 2016); se incluye la co-creación, las actividades de I+D, actividades de innovación (Granstrand y Holgersson, 2020).

Atributos de un Ecosistema CTCI

De acuerdo con la literatura y lo planteado por el Consejo CTCI, existen ciertos atributos que determinan la robustez y la densidad de un Ecosistema CTCI. Estos atributos son:

Diversidad en su interior: Similar a los Ecosistemas biológicos, los Ecosistemas de innovación están habitados por una variedad de diferentes especies de actores que comparten su destino (Moore, 1993). De acuerdo a la última Estrategia Nacional de CTCI, “una diversidad de miradas e interpretaciones, disciplinas y competencias, roles y trayectorias, permite la fertilización cruzada que enriquece su quehacer...”. Allí mismo también se señala que “valorar la diversidad de intereses, conocimientos, trayectorias y roles de los participantes del Ecosistema CTCI, y reconocer su importancia para adaptarse a situaciones emergentes e imprevistas, debe ser uno de los lineamientos permanentes de cualquier Estrategia Nacional” (Consejo CTCI, 2022).

La conexión dinámica entre sus nodos: De acuerdo a la última Estrategia Nacional de CTCI, “son las interacciones entre los diversos actores

² Por ejemplo, si es emergente o maduro, según la taxonomía adelantada por Lundvall et al., 2009a.

institucionales y personas que participan de la CTCI las que multiplican las opciones de crear valor y abordar la incertidumbre, en un juego que es global. Existen, además, diversas formas de interacción, complejas y sofisticadas, que es necesario reconocer, fomentando el trabajo multi, inter y transdisciplinario. Los espacios de conexión facilitan el intercambio de conocimiento tácito y explícito, tanto doméstico como global, y propician la serendipia y la aleatoriedad para que existan más encuentros improbables y más convergencias virtuosas. Es el flujo, intercambio y transferencia de conocimiento entre sus nodos". Al mismo tiempo, en la literatura se reconocen como elementos esenciales de un Ecosistema la co-creación de valor, la interconexión de actores y la coevolución (Gomes et al., 2018).

Una lógica de red en su funcionamiento: En la misma Estrategia Nacional de CTCI se señala que "los sistemas robustos tienen la capacidad de soportar perturbaciones significativas sin perder funcionalidad y dotándose de resiliencia. Para lograr aquello, se requiere contar con una estructura distribuida y contextualizada a sus territorios, que habilite numerosos caminos alternativos desde los cuales el sistema pueda conducir sus procesos, generando capacidades sostenidas en el tiempo (estructura centralizada versus distribuida). En ese sentido, la robustez del Ecosistema CTCI depende, en gran medida, de la forma en que esté estructurada su red de conexiones". Esto va en línea con lo que se menciona en la literatura, donde un Ecosistema de innovación se refiere al conjunto de actores innovadores normalmente organizados en una red (Bomtempo et al., 2017).

Una fuerte vinculación con la sociedad: Nuevamente tomando como referencia la última Estrategia Nacional de CTCI, se considera que la CTCI "está inserta en un contexto social, cultural y territorial que le da forma y sobre el que incide. Por ello, la conexión que la CTCI logre con la sociedad es crítica. Para que esta aprecie y legitime, social y políticamente, la función y actividad del Ecosistema y los problemas que aborde, estos deben ser pertinentes para ella. En otras palabras, para que la relación entre Ecosistema CTCI y Sociedad sea fructífera, ella requiere ser bidireccional. [...] Esto supone reconocer como legítimas las voces de las diversas comunidades existentes: las locales, las de la sociedad civil, del mundo empresarial, del mundo de las artes y, también, la de los pueblos originarios, donde tenemos una gran brecha."

En resumen, un mejor desempeño del Ecosistema CTCI implica una mayor densidad y diversidad de nodos, con múltiples interacciones entre ellos, con capacidades distribuidas en una lógica de red y estrechamente conectados.

Considerando todos los conceptos presentados anteriormente, se puede visualizar el entendimiento del Ecosistema CTCI de acuerdo al siguiente esquema:

Conceptualización Operativa para la Caracterización y monitoreo del Ecosistema CTCI

Componentes	Estructura	Funcionamiento	Desempeño
	Evolución		
Actores	x	x	
Instituciones		x	
Relaciones	x	x	
Actividades/artefactos			x
Atributos: diversidad, conexión, lógica de red, vinculación con la sociedad			

Figura 1

Dimensiones del análisis del Ecosistema CTCI, destacando sus componentes y atributos

Es importante destacar que este esquema fue iterado y revisado, tomando como insumo el análisis de las fuentes de información, el cual permitió retroalimentar las definiciones usando los datos cuantitativos y cualitativos disponibles. Asimismo, esta conceptualización puede y debe ser revisitada a futuro, a la luz de nuevos datos y conocimientos.

Contexto Nacional

Se reconoce que Chile ha sido una de las economías de más rápido crecimiento de América Latina en la última década (OECD, 2022), sin embargo, presenta un estancamiento en el crecimiento y productividad en las últimas décadas. Se observa un buen desempeño en la generación de conocimiento y, a lo largo de los años, ha establecido una sólida trayectoria científica. En materia de innovación es uno de los más altos de América Latina en el Índice Global de Innovación (GII) (WIPO, 2023). Chile se mantuvo liderando el primer lugar de la región de Latinoamérica y el Caribe (LAC) durante ocho años consecutivos, y en el año 2023 bajó al puesto 52° de 132 economías, siendo superado por Brasil.

Considerando estos elementos positivos, los desafíos que enfrentamos nos alertan que aún queda mucho camino por recorrer para irrumpir con este conocimiento en nuevos paradigmas. La evidencia internacional ha demostrado que la política pública juega un rol importante al inicio de las trayectorias. En los últimos diez años, hemos visto una evolución de la institucionalidad en Chile en materia de conocimiento e innovación, ampliando y sofisticando el foco.

En la siguiente tabla se presentan los valores, más recientes, de indicadores que sintetizan algunos elementos de la situación chilena actual, nivel internacional.

Indicador	Valor	Año	Fuente
Productividad laboral (% de USA)	41,40%	2023	The Conference Board (2023)
Inversión total, formación bruta de capital fijo (%PIB)	24,82%	2022	World Bank (2023)
Inversión privada (%PIB)	21,13%	2019	IMF (2019)
Inversión pública en infraestructura económica (%PIB)	0,8%	2021	Infralataam (2023)
Contaminación del aire por PM2,5: población expuesta a niveles que exceden el valor indicativo de la OMS (% del total)	97,70%	2017	World Bank (2023)
Contribución de las energías renovables al suministro total de energía primaria (%)	24,58%	2021	IEA (2024)
Índice complejidad económica del comercio	-0,22	2021	OEC (2021)
Porcentaje de empresas con compromisos ambientales	28%	2021	Wildlife Conservation Society (WCS 2021)
Porcentaje de especies animales amenazadas	58,00%	2023	Ministerio del Medio Ambiente (2023)

Figura 2

Por otro lado, no sólo es relevante la situación actual del panorama en Chile, sino que también lo es el camino recorrido. A continuación, se presenta la evolución de algunos indicadores, de estándar internacional, que reflejan la dinámica del desarrollo en diversas áreas de Chile.

Evolución del PIB Per Cápita de Chile, 2013 - 2022

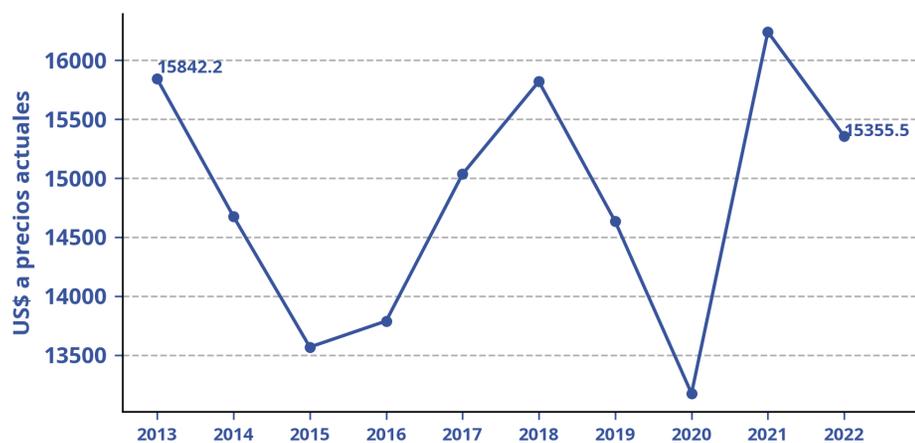


Figura 3

Fuente: *Elaboración Propia en base a Datos de World Bank (2023)*

Evolución del Índice de Gini de Chile, 2013 - 2020

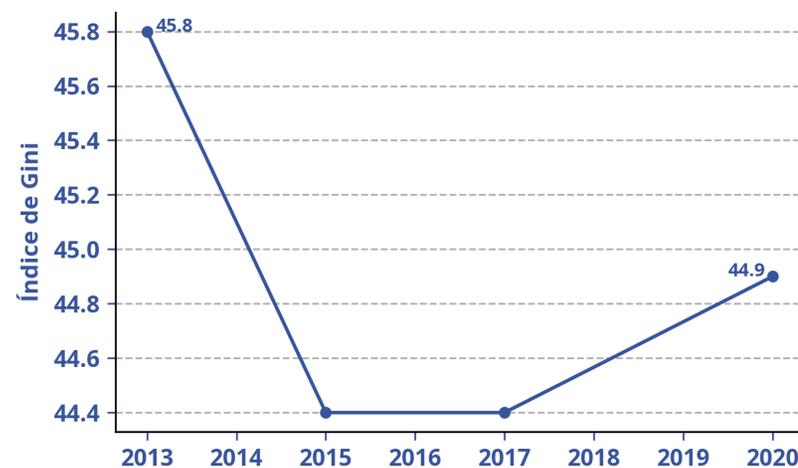


Figura 4

Fuente: *Elaboración Propia en base a Datos de World Bank (2023)*

Evolución de las emisiones CO₂ (toneladas métricas per cápita) en Chile, 2012-2020

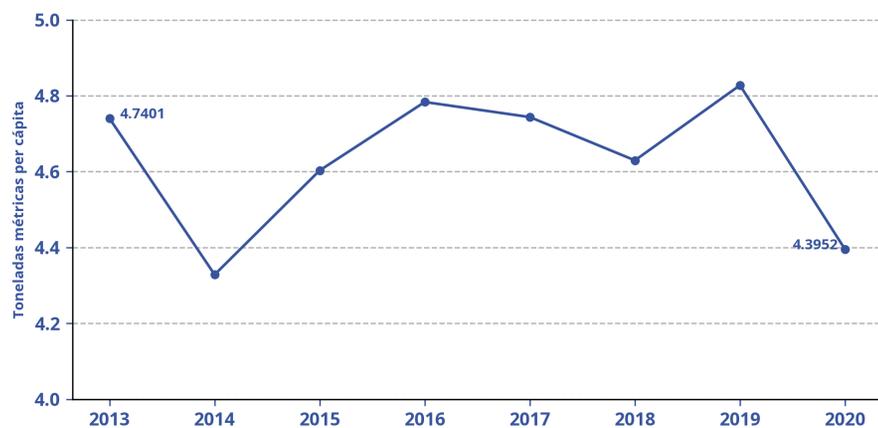


Figura 5

Fuente: Elaboración Propia en base a Datos de World Bank (2023).

Evolución de la Tasa de población activa en Chile (% de la población total mayor de 15 años), 2013-2022

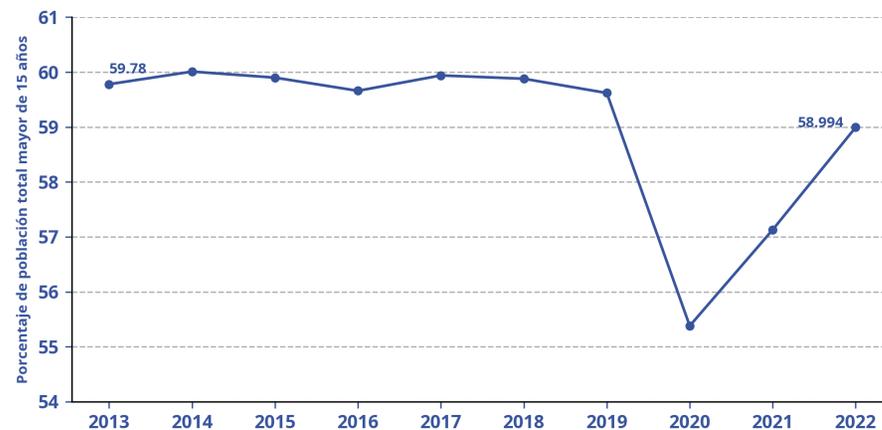


Figura 6

Fuente: Elaboración Propia en base a Datos de World Bank (2023)

Nota: Estimación en base a modelado de Organización Internacional del Trabajo (OIT).

Evolución de las exportaciones de alta tecnología, 2013-2022



Figura 7

Fuente: *Elaboración Propia en base a Datos de World Bank (2023).*

Evolución de la inversión extranjera directa, entrada neta del capital (% del PIB), 2013-2022



Figura 8

Fuente: *Elaboración Propia en base a Datos de World Bank (2023).*

Variación anual de la Productividad Total de Factores (media móvil 5 años), 2013-2022

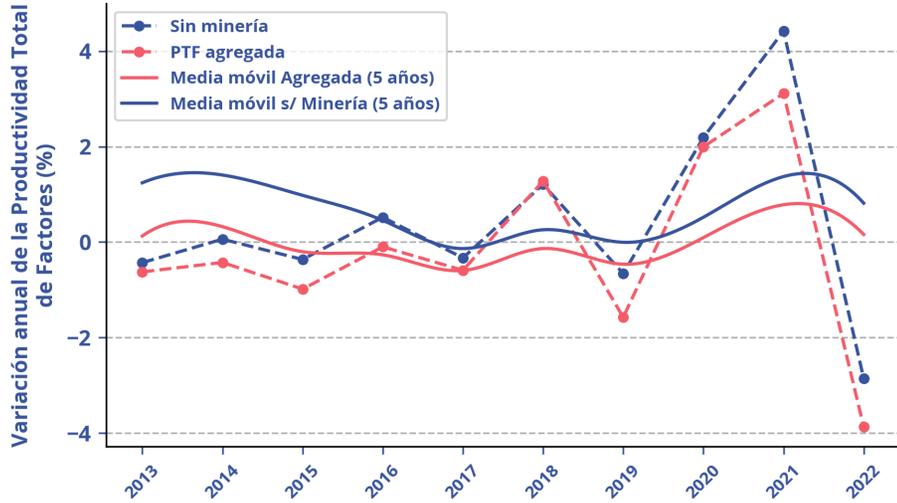


Figura 8

Fuente: Adaptado de Comisión Nacional de Evaluación y Productividad (2023)

Evolución en el Ranking de Complejidad Económica Chile, 2013-2021



Figura 9

Fuente: Elaboración propia en base a datos de OEC (2021).



Por otro lado, también resulta relevante tomar en consideración indicadores que representen la visión de la ciudadanía respecto a cómo se están tomando las decisiones y desarrollando las políticas públicas y los distintos roles del Estado. Esto se refleja, en parte, con los indicadores a continuación, donde se observa que dentro de las instituciones que generan mayor desconfianza en la ciudadanía se encuentran los partidos políticos, el/la Presidente/a de la República, el Congreso Nacional y el Gobierno, quienes son grandes partícipes de las decisiones tomadas respecto a las políticas públicas. Mientras que, por otro lado, se observa que para la mayoría de los votantes, la democracia sigue siendo la forma de gobierno preferida.

Desconfianza en instituciones en Chile, 2019

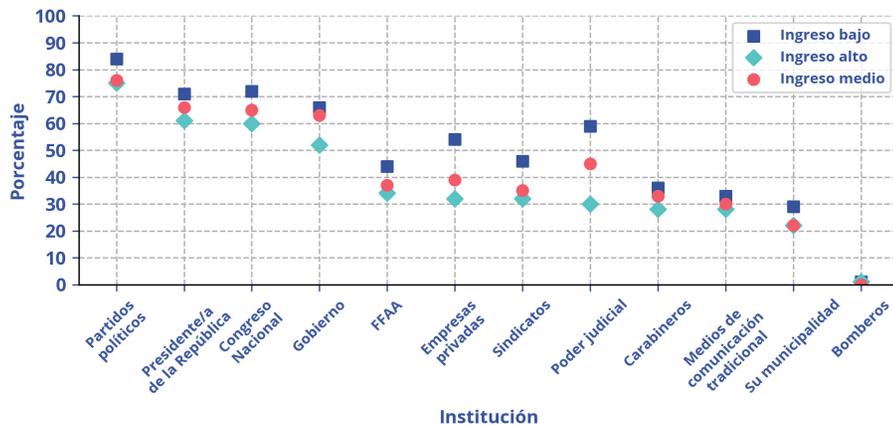


Figura 10

Fuente: Adaptado desde Barozet et al. (2021), construido originalmente en base a datos de Estudio Longitudinal Social de Chile (ELSOC) 2019.

Evolución de la preferencia de la democracia en comparación con otra forma de gobierno, 2016-2022

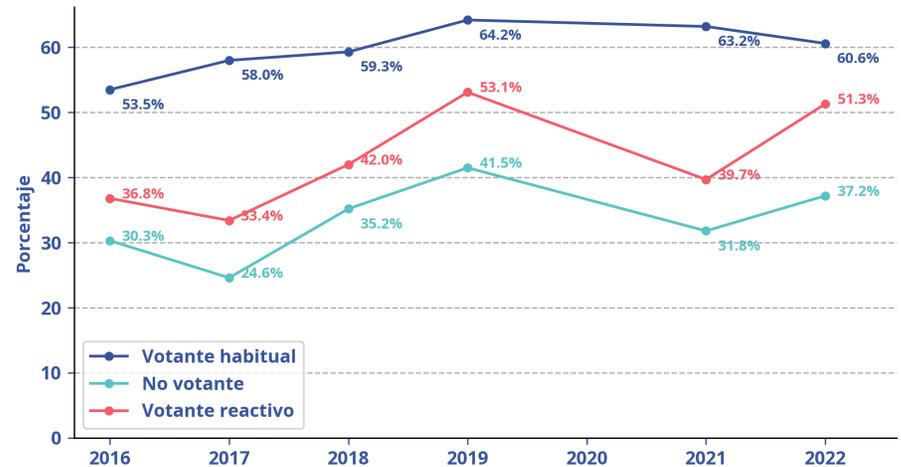


Figura 11

Fuente: Adaptado desde COES (2023), construido originalmente en base a datos ELSOC 2016-2022.

Estructura del Ecosistema CTCI Chileno

Diversidad de Actores y sus Roles en el Ecosistema CTCI

En esta sección inicia la caracterización del Ecosistema de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación (CTCI) en Chile, centrándose en la compleja red de actores que lo constituyen.

Dentro de la categoría de actores se encuentran entidades, de diversa índole, que le dan vida al Ecosistema CTCI. Los actores abarcan desde entidades públicas o sin fines de lucro como ministerios, centros de excelencia, centros de investigación y desarrollo e instituciones de educación superior; hasta instituciones privadas como empresas, emprendimientos de base científica y tecnológica, hubs de transferencia tecnológica, incubadoras, divulgadores de la ciencia y el conocimiento, y otras instituciones clave en el ámbito científico y tecnológico.

Categorización de los Actores del Ecosistema CTCI según su contribución principal

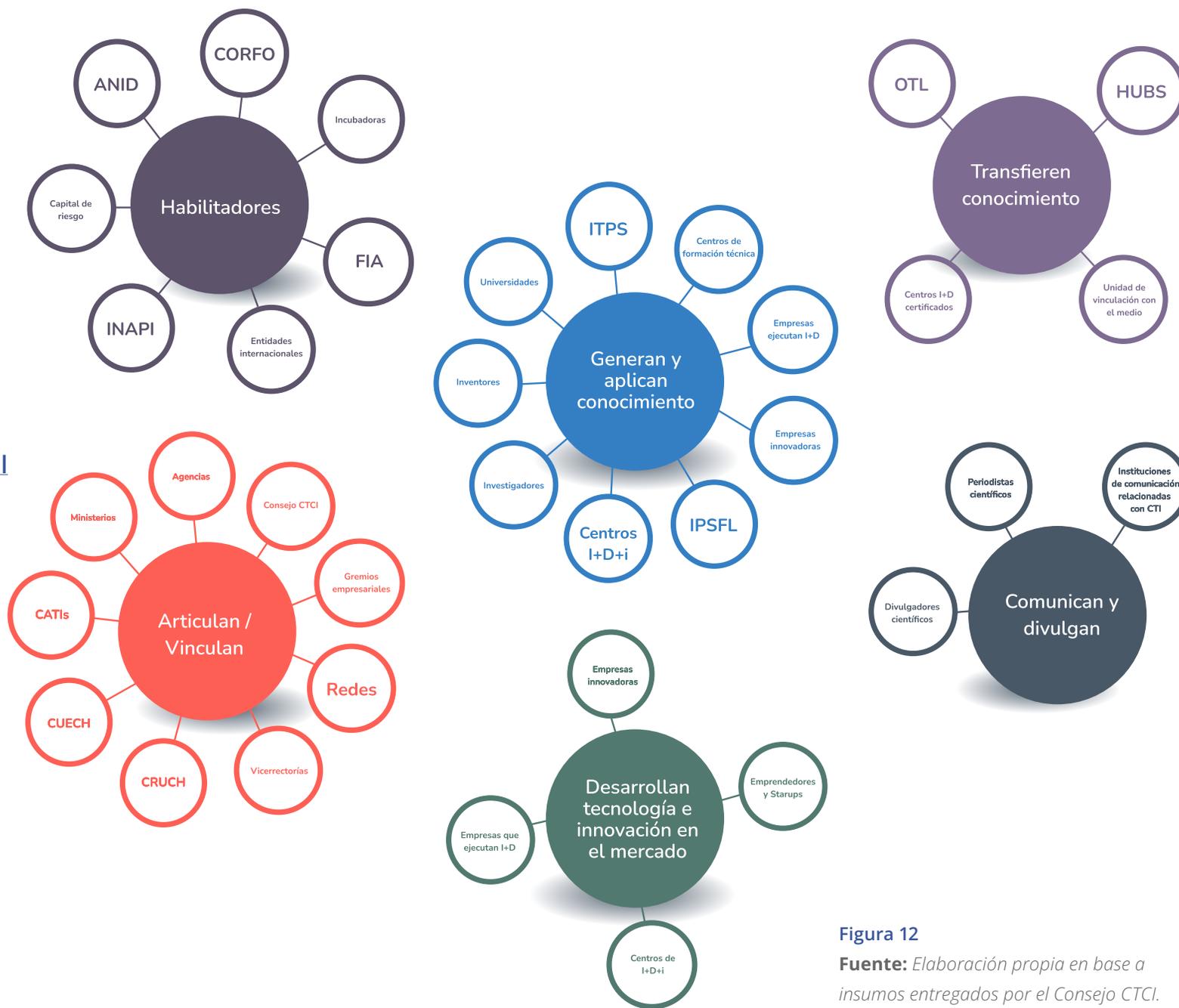


Figura 12

Fuente: Elaboración propia en base a insumos entregados por el Consejo CTCI.

Los participantes pueden ser clasificados según su contribución al dinamismo del Ecosistema. Reconociendo la posibilidad de que desempeñen más de un rol, algunos se destacan especialmente por su función principal. Por una parte, están quienes destacan en la generación y aplicación del conocimiento, actuando como nodos esenciales en la creación y aplicación de nuevas ideas. Otros destacan por su habilidad para transferir conocimiento, facilitando la difusión de ideas innovadoras a través de la red. La categoría de articulación y vinculación engloba a aquellos actores que desempeñan un papel integral al conectar entidades diversas dentro del Ecosistema, promoviendo la colaboración y la sinergia. Por otro lado, algunos actores se especializan en el desarrollo de tecnología e innovación, llevando a cabo investigaciones avanzadas y traduciéndolas en soluciones concretas que impactan en el mercado y la sociedad en su conjunto. Además, la categoría de comunicación destaca a aquellos actores que facilitan la difusión efectiva de conocimientos e innovaciones, fortaleciendo la interconexión y el intercambio de información en todo el Ecosistema.

Caracterización de los Actores del Ecosistema CTCI

El Ecosistema, compuesto por diversos actores, es un sistema dinámico que experimenta cambios a lo largo de los años. Las siguientes páginas muestran una caracterización de los actores del Ecosistema. Este análisis tiene como objetivo comprender tanto la configuración actual del Ecosistema como la trayectoria que algunos de los actores han experimentado en la última década en términos de cantidad y composición.

Actores del Ecosistema CTCI en números ¹

Dato	Descripción
20	Institutos Tecnológicos Públicos
4%	Créditos Presupuestarios Públicos (CPP) para I+D corresponden al Ministerio de Economía
1,30%	CPP para I+D de los Gobiernos Regionales
3,00%	CPP para I+D corresponden al Ministerio de Agricultura
89%	CPP para I+D corresponden al Ministerio de Ciencia
50	Universidades acreditadas
52%	De las universidades acreditadas están en regiones diferentes a la Metropolitana
83	Centros que realizan I+D+i
78	Instituciones sin fines de lucro que realizaron I+D en 2020
830	Empresas hicieron I+D el 2020
16,40%	Aumento en empresas que hicieron I+D en los últimos 10 años
16,70%	Empresas innovaron en 2020
1308	Total inventores en 2022
24%	Son inventoras mujeres en 2022
9709	Investigadores Jornada Completa Equivalente
66,21%	Variación porcentual de investigadores en la última década
278	Entidades internacionales participaron de fondos públicos CORFO y ANID en 2022
25	Oficinas de Transferencia y Licenciamiento (OTLs)
3	Hubs

¹ Indicadores más recientes.

Dato	Descripción
484	Emprendimientos apoyados por CORFO en 2022
40,50%	De estos emprendimientos son de la Región Metropolitana
-6,74%	Variación porcentual de la cantidad de emprendimientos apoyados por CORFO en la última década
70	Fondos de Inversión al 2022
446	Empresas beneficiarias de inversiones de Venture Capital (VC) en 2022
160	Asociados a la Asociación Chilena de Periodistas y Profesionales para la Comunicación de la Ciencia (ACHIPEC)
295	Empresas de base científica y tecnológica (EBCT)
9,30%	Variación porcentual de la cantidad de EBCT entre 2018 y 2020

Figura 13

Personal de Investigación y Desarrollo

La cantidad de personas que contribuyen a través de actividades de investigación y desarrollo a lo largo del tiempo proporciona una visión cuantitativa clave.

Los siguientes gráficos muestran la evolución de la cantidad de personas trabajando en I+D en Chile durante los últimos años, medido como jornadas completas equivalentes (JCE) totales trabajadas. Estos datos se construyen encuestando a las organizaciones que ejecutan la I+D (Empresas, Instituciones Privadas sin Fines de Lucro, Instituciones de Educación Superior, Estado), y son reportados a través de la Encuesta sobre Gasto y Personal en I+D que es mandatada año a año desde el Ministerio de Ciencia al INE.

Evolución de la cantidad de personal total dedicado a I+D

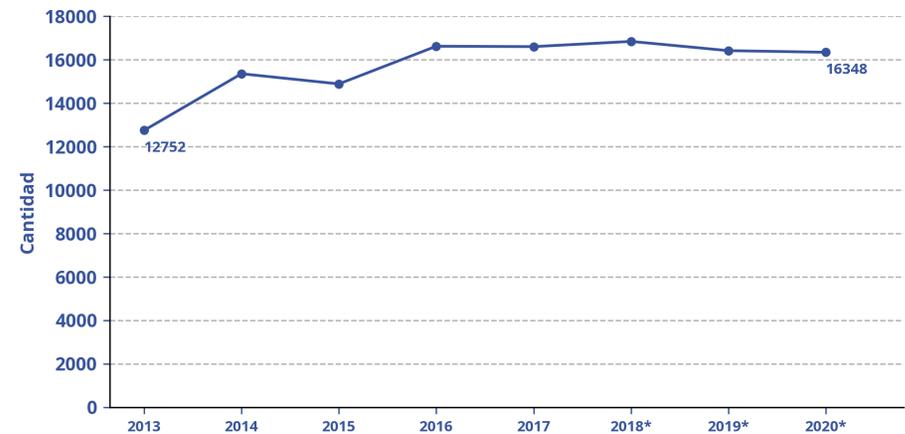


Figura 14

Fuente: Adaptado desde plataforma web Observa, construido originalmente en base a datos de Encuesta sobre Gasto y Personal I+D 2013-2021, Ministerio de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación. **Nota:** La cantidad de personal I+D se cuantifica considerando Jornadas Completas Equivalentes (JCE), que es la unidad de medida que corresponde a un equivalente de un académico contratado por 44 horas a la semana. Los datos 2018, 2019 y 2020 están corregidos por no respuesta.

Evolución del personal I+D según nivel educacional y sector de ejecución, 2013-2018



Figura 15

Fuente: Elaboración propia en base a datos de Encuesta sobre Gasto y Personal I+D 2013-2021, Ministerio de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación. **Nota:** No se reportan los datos de 2019 y 2020 corregidos por no respuesta.



Evolución del porcentaje de mujeres en JCE trabajando en I+D, 2013-2020

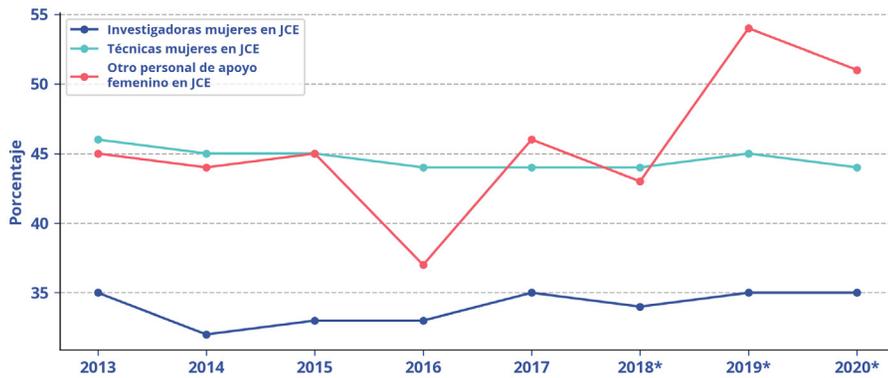


Figura 16

Fuente: Adaptado desde Oficina de Estudios de la División de Políticas Públicas (2023).

Nota: La cantidad de personal I+D se cuantifica considerando Jornadas Completas Equivalentes (JCE), que es la unidad de medida que corresponde a un equivalente de un académico contratado por 44 horas a la semana. Datos 2018, 2019 y 2020 están corregidos por no respuesta.

Evolución de la cantidad de investigadores, 2013- 2020

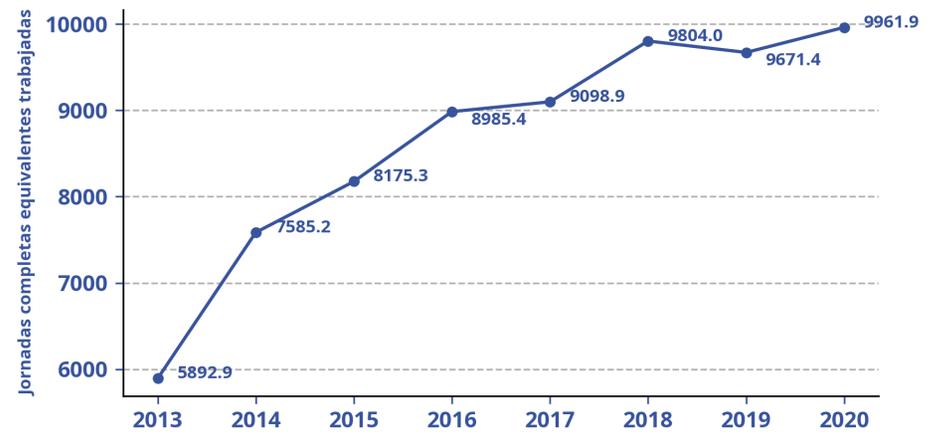


Figura 17

Fuente: Elaboración propia en base a datos de Science, Technology and Innovation Scoreboard, desarrollado por OECD (2017).

Evolución del número de investigadores/as según disciplina, 2013-2018



Figura 18

Fuente: Adaptado desde plataforma web Observa, construido originalmente en base a datos de Encuesta sobre Gasto y Personal I+D 2013-2021, Ministerio de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación. **Nota:** La cantidad de personal I+D se cuantifica considerando Jornadas Completas Equivalentes (JCE), que es la unidad de medida que corresponde a un equivalente de un académico contratado por 44 horas a la semana. No se reportan los datos 2019 y 2020 corregidos por no respuesta.

Utilizando los datos existentes, es posible evaluar no solo el crecimiento en la participación, sino que también la distribución de dichos actores en función de la región y del género. Explorar estos indicadores arroja luz sobre la diversidad de quienes generan y aplican el conocimiento en el país. Al examinar la distribución regional de investigadores e investigadoras en 2020, se evidencia claramente que la Región Metropolitana concentra el mayor porcentaje, alcanzando un 58%. A su vez, las regiones de Valparaíso y Biobío se posicionan como los siguientes dos focos respecto a concentración de investigadores/as, aunque cada una sólo con un 10%.

Al mismo tiempo es posible observar que, a pesar de que la cantidad total de personas que investigan ha aumentado año a año, la proporción de mujeres investigadoras se mantiene relativamente constante a lo largo del tiempo, en torno al 35%. Esta proporción se observa no solo a lo largo del tiempo, sino que también es muy similar en todas las regiones del país. Así, en 2020 destacan las regiones de Atacama con el porcentaje más bajo de mujeres investigadoras, con solo un 20%, y la región de Aysén como la región con mayor porcentaje de mujeres investigadoras, alcanzando un 41%.

Porcentaje de investigadores/as por región e investigadoras mujeres respecto al total de investigadores/as por región en 2020

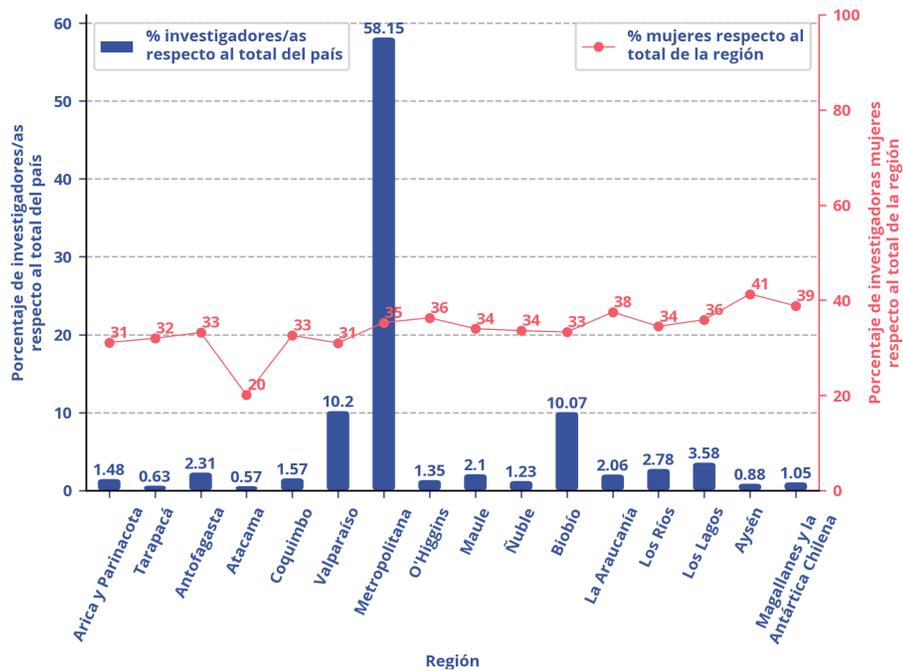


Figura 19

Fuente: Elaboración propia en base a datos de Encuesta sobre Gasto y Personal I+D 2021, Ministerio de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación (2021a).

Evolución del número de investigadores por cada mil personas trabajando, en Chile y promedio OCDE

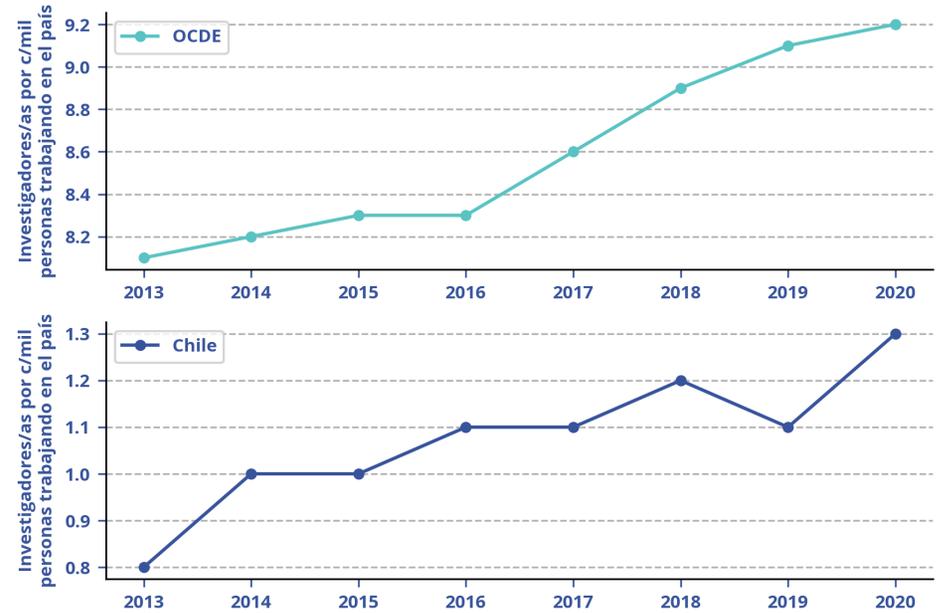


Figura 20

Fuente: Elaboración propia en base a datos de Main Science and Technology Indicators (MSTI), desarrollado por OCDE (2023b).



Número de investigadores por cada mil personas trabajando el 2020, en Chile y el mundo

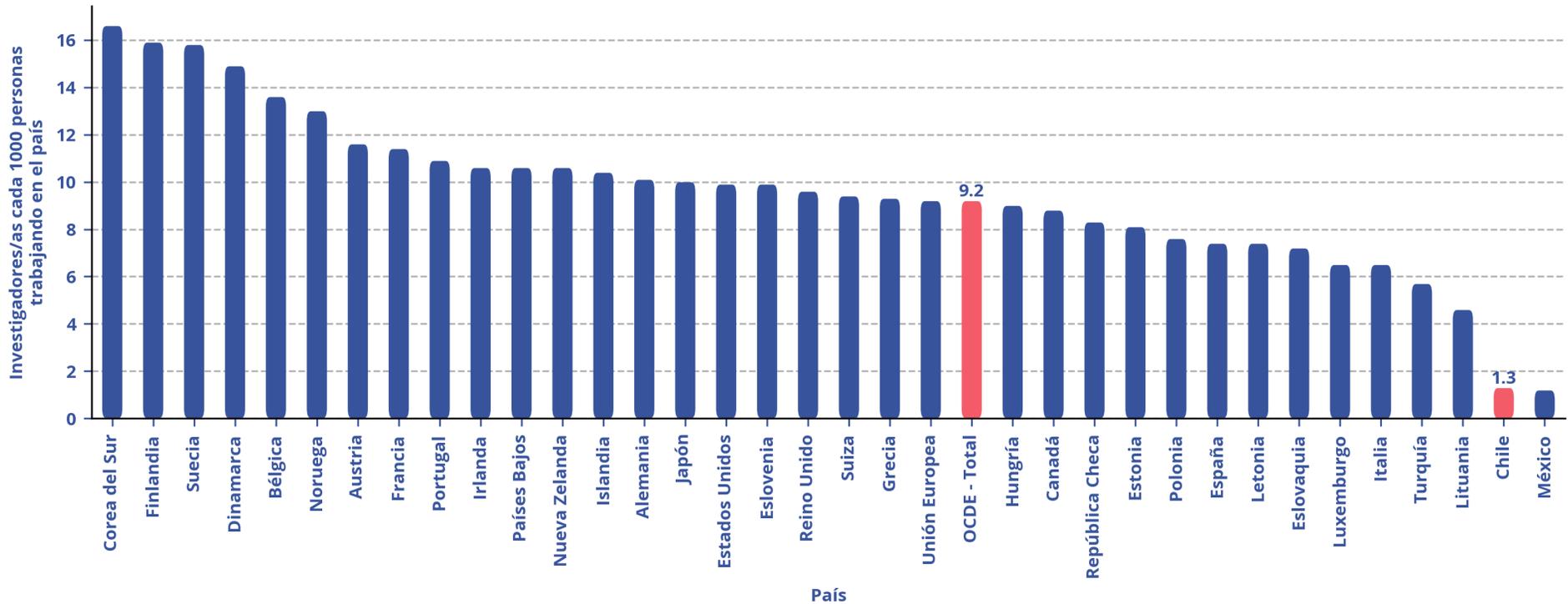


Figura 21

Fuente: Elaboración propia en base a datos de Main Science and Technology Indicators (MSTI), desarrollado por OCDE (2023b).

Es importante notar que, si bien la proporción de investigadores/as respecto al total de habitantes del país ha aumentado progresivamente durante la última década, como país aún nos encontramos muy por debajo del promedio OCDE. Así, mientras en 2020 había 1.3 investigadores por cada mil personas trabajando en Chile, el promedio OCDE para ese año fue de 9.2; es decir, 7 veces más que en nuestro país.

Periodistas Científicos y Divulgadores

De acuerdo a lo revisado en la literatura, no se obtienen cifras que describan con suficiente precisión el panorama de la divulgación científica. Sin embargo, se puede hacer una descripción del periodismo científico a partir de lo mencionado por Vernal et al. (2019). Allí se describe que en América Latina en general existe una deficiencia en el periodismo científico. Y que a pesar de que en Chile existe un aumento en el interés por estudiar periodismo, según cifras del Ministerio de Educación de Chile, poco se sabe sobre las áreas de especialización del periodismo científico.

A partir del año 2012 ha aumentado la oferta formativa en carreras de pregrado de periodismo, y durante el 2014 aparece el primer diplomado en comunicación de las ciencias; acompañado de una mayor cantidad de portales, talleres o cursos cortos y la realización de más de seis encuentros sobre comunicación pública de las ciencias (Méndez & Pohl, 2018; Rojas, 2018). Por otro lado, otros estudios han encontrado que los periodistas en Chile optan en mayor parte por periodismo de cultura (74.7%), viajes (60.8%), internacional (51.4%), espectáculos/entretenimiento (49.4%) y medioambiente (35.7%), mientras que sólo un 26.9% se decantaría por el ámbito de las ciencias (Mellado & Scherman, 2015).

Respecto a los intereses por especializarse formalmente en comunicación de la ciencia, en una encuesta realizada en 2019 a miembros de la Asociación Chilena de Periodistas y Profesionales para la Comunicación de la Ciencia (ACHIPEC) y a la base de datos de los Encuentros de Comunicación y Cultura

Científica (2014 y 2016), se vislumbra que a un 83% de los consultados le gustaría especializarse formalmente en comunicación de la ciencia, pero no todos necesariamente mediante un posgrado. Así, si bien se obtiene que el grado de magíster es el que despierta mayor interés, también se aprecia que, a diferencia de los profesionales que trabajan en instituciones de Ciencia y Tecnología, los periodistas de los medios de comunicación preferirían los diplomados por sobre las otras opciones de especialización.

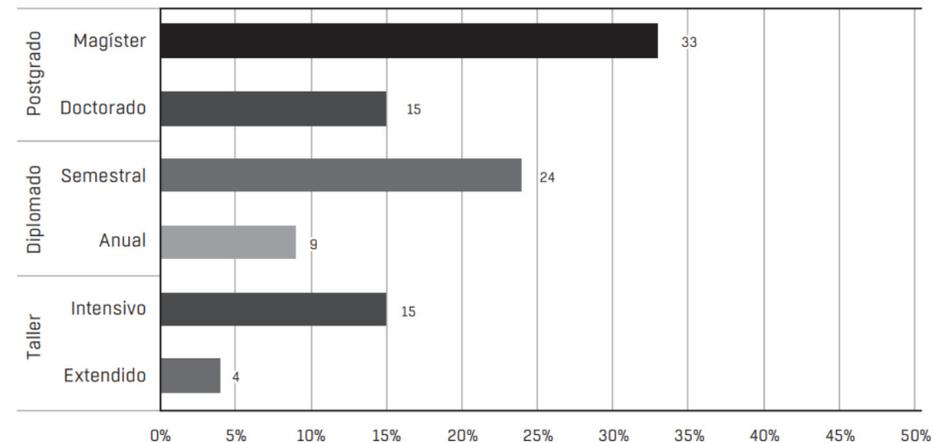


Figura 22

Fuente: Obtenido de "Percepción de la formación y la especialización del periodismo científico en Chile" - Vernal et al. (2019).

Instituciones de Educación Superior

Las instituciones de educación superior cumplen múltiples roles dentro del Ecosistema CTCI, siendo los dos más relevantes la formación de capital humano técnico y científico, y la generación y aplicación del conocimiento. Dentro de este grupo se encuentran universidades, institutos profesionales y centros de formación técnica.

Al analizar la evolución de este tipo de actor a lo largo del tiempo se observa que las universidades y los centros de formación técnica han experimentado leves variaciones, mientras que el cambio más relevante se observa en la disminución sostenida de la cantidad de institutos profesionales en el país. Además, al desagregar los datos por región, se observa que la mayor parte de las instituciones de educación superior se encuentran emplazadas en la Región Metropolitana, ubicándose en un lejano segundo lugar la Región de Valparaíso.

Evolución del número de instituciones de educación superior, 2018-2023

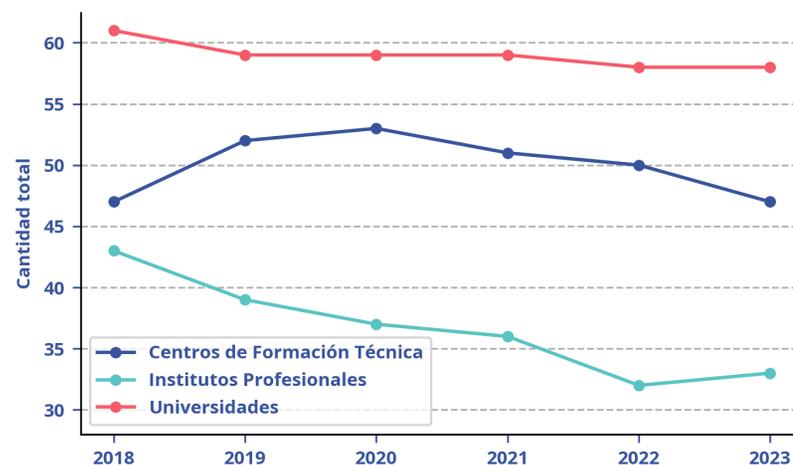


Figura 23

Fuente: Elaboración propia en base a datos del Servicio de Información de Educación Superior (SIES).

Cantidad de instituciones de educación superior desagregadas por región

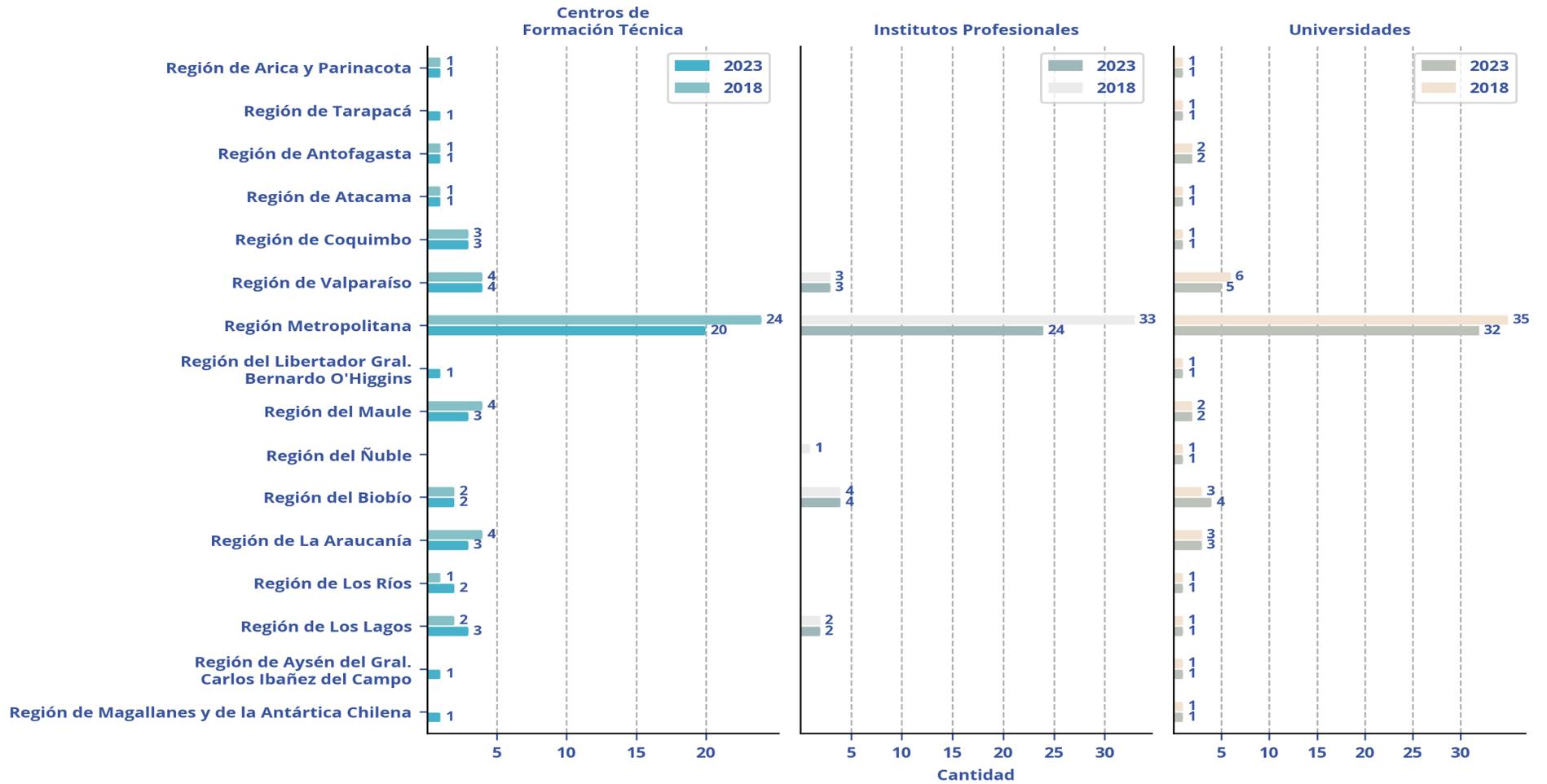


Figura 24

Fuente: Elaboración propia en base a datos del Servicio de Información de Educación Superior (SIES).



Centros I+D+i

Los Centros de Investigación, Desarrollo e Innovación se destacan dentro del Ecosistema CTCI al llevar a cabo actividades de investigación, desarrollo e innovación basadas en ciencia y tecnología. Estas entidades se orientan a áreas diversas del conocimiento y reciben financiamiento para emprender proyectos científico-tecnológicos de mediano o largo plazo, reuniendo a investigadores(as), profesionales y personal técnico de diversas áreas e instituciones para trabajar de manera colaborativa y, en gran parte, multidisciplinaria.

Entre los principales resultados esperados de estos centros se incluye la generación de conocimiento, la formación de capital humano avanzado, el desarrollo de tecnologías y su transferencia, así como la creación de redes y asociaciones. De esta manera, mediante la colaboración, difusión y/o comercialización de conocimientos y tecnologías, los centros buscan generar impacto más allá del ámbito científico. Su objetivo es llevar los conocimientos generados y las soluciones tecnológicas desarrolladas al mercado o a ámbitos de interés público para su aplicación y despliegue.

Los Centros I+D+i se pueden clasificar por tipo dependiendo del instrumento público a partir del cual reciben financiación, ya sea de parte de la Agencia Nacional de Investigación y Desarrollo (ANID) o de la Corporación de Fomento de la Producción (CORFO).

Tipos de Centros ANID

- Centros de Excelencia Científica y Tecnológica con Financiamiento Basal - Centros Basales
- Centros de Excelencia Internacional - CEI
- Centros de Investigación Avanzada en Educación - Centros en Educación
- Fondo de Financiamiento de Centros de Investigación en Áreas Prioritarias - FONDAP
- Creación y Fortalecimiento de Centro Regionales - Centros Regionales
- Institutos Milenio

Tipos de Centros CORFO

- Centros Tecnológicos para la Innovación - CTI
- Consorcios Tecnológicos Estratégicos - Consorcios
- Programas Tecnológicos Estratégicos - PTEC
- Fortalecimiento y Creación de Capacidades Tecnológicas Habilitantes para Bienes Públicos - Institutos Tecnológicos Públicos (ITPs)

Al analizar datos actualizados respecto a cómo se distribuyen los centros según taxonomía, se observa que los instrumentos principalmente enfocados en desafíos productivos (D-P) son los Programas y Consorcios Tecnológicos, Centros de Excelencia Internacional y Centros Tecnológicos para la Innovación. Por otro lado, la orientación hacia desafíos socio-ambientales (D-S) prevalece en los Institutos Tecnológicos Públicos, FONDAP y Centros de Investigación Avanzada en Educación. Además, se observa una mayor propensión a concentrar Centros Impulsados por la curiosidad (IC) en los Institutos Milenio y, en menor medida, en Centros Basales.

Porcentaje de centros por instrumento según taxonomía, 2019

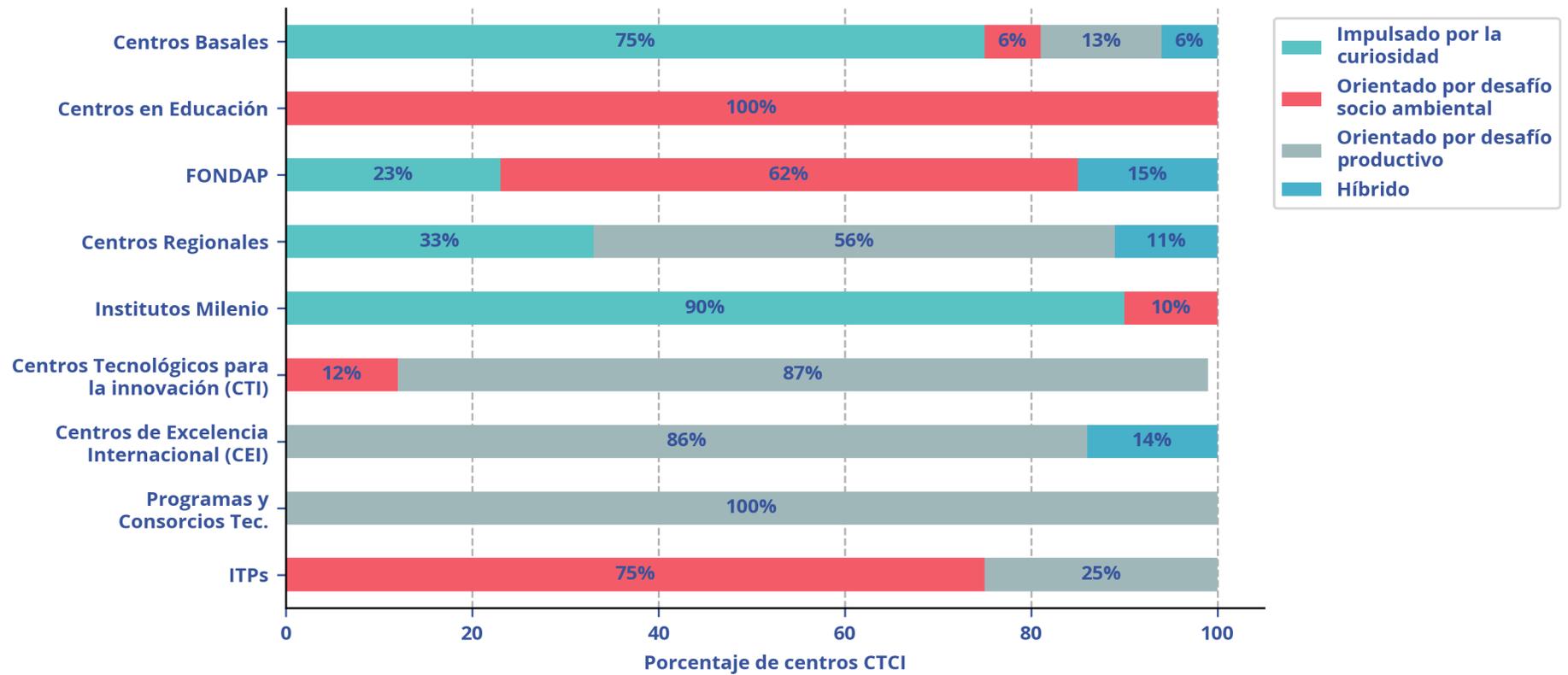


Figura 25

Fuente: Adaptado desde División de Estudios y Estadísticas (2020).

Actores en el Estado

Junto a los diferentes organismos del Estado que promueven la CTCI desde la creación de políticas públicas e instrumentos de apoyo, destacan los Institutos Tecnológicos Públicos.

Los Institutos Tecnológicos y de Investigación Públicos (ITPs) o Institutos Tecnológicos y de Investigación Públicos (ITIPs) en Chile son entidades especializadas que desempeñan funciones técnicas complementarias para implementar políticas y programas públicos sectoriales. Estos organismos, creados en diferentes momentos, algunos de ellos en el siglo pasado, surgieron como respuesta a los nuevos desafíos en áreas de desempeño de organismos públicos que requerían capacidades técnicas e institucionales especializadas. Actualmente, este grupo está conformado por 20 instituciones, cuatro de ellas incorporadas recientemente y que se encuentran en etapa de diseño.

Fuente: *Centros de Investigación y Desarrollo e Institutos Tecnológicos Públicos, Principales características y desafíos, 2021 y Portal web CORFO (https://www.corfo.cl/sites/cpp/movil/centros_tecnologicos). (Nota: * En etapa de Diseño del ITPs a cargo de Corfo. ** Estudio "Centros de Investigación y Desarrollo e Institutos Tecnológicos Públicos. Principales características y desafíos", elaborado por Pedro Sierra Bosch, Diciembre 2021.*

Año de nacimiento de los ITPs

N	Institutos	Años	S e c t o r Institucional	Fuente de Información
1	Instituto Geográfico Militar – IGM	1922	Defensa	Consejo CTCI, 2021**
2	Servicio Aerofotogramétrico – SAF	1963	Defensa	Consejo CTCI, 2021**
3	Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada – SHOA	1990	Defensa	Consejo CTCI, 2021**
4	Comisión Chilena de Energía Nuclear – CCHEN	1965	Energía	Consejo CTCI, 2021**
5	Servicio Nacional de Geología y Minería – SERNAGEOMIN	1980	Minería	Consejo CTCI, 2021**
6	Instituto Nacional de Hidráulica – INH	1967	O b r a s Públicas	Consejo CTCI, 2021**
7	Instituto Antártico Chileno – INACH	1964	Relaciones Exteriores	Consejo CTCI, 2021**
8	Instituto de Investigaciones Agropecuarias – INIA	1964	Agricultura	Consejo CTCI, 2021**
9	Instituto Forestal – INFOR	1961	Agricultura	Consejo CTCI, 2021**

N	Institutos	Años	S e c t o r Institucional	Fuente de Información
10	Instituto de Salud Pública-ISP	1980	Salud	Minciencia, 2022. GBARD.
11	Centro de Información de Recursos Naturales - CIREN	1985	Agricultura	Consejo CTCI, 2021**
12	Instituto Nacional de Normalización - INN	1973	Economía	Consejo CTCI, 2021**
13	Instituto de Fomento Pesquero - IFOP	1964	Economía	Consejo CTCI, 2021**
14	Fundación Chile	1976	Economía	Consejo CTCI, 2021**
15	Fundación Chilena de Eficiencia Logística - Conecta Logística	2020	Transportes y	Consejo CTCI, 2021**
16	Instituto para la Resiliencia ante Desastres - ITREND	2020	Interior	Consejo CTCI, 2021**
17	Instituto Tecnológico Público de Convivencia y Sostenibilidad Social*	2023	Economía	Sitio web CORFO
18	Instituto Tecnológico y de Investigación Público de Litio y Salares*	2023	Economía	Sitio web CORFO
19	Instituto Tecnológico Público para enfrentar la Crisis climática y Ecológica*	2023	Economía	Sitio web CORFO
20	Instituto Tecnológico de Defensa*	2023	Economía	Sitio web CORFO

Figura 26

Nota: * En etapa de Diseño del ITPs a cargo de Corfo.

** Estudio elaborado para el Consejo CTCI (Sierra Bosch, 2021)

Incubadoras, Aceleradoras y Hubs

Dentro del Ecosistema CTCI, un actor relevante es aquel grupo que cumple el rol de articular diversos elementos para fomentar la innovación y el emprendimiento. En este grupo se incluyen las incubadoras de negocio, las aceleradoras de negocio y los hubs de transferencia tecnológica. Las incubadoras brindan apoyo en las etapas iniciales a emprendedores y startups, ofreciendo recursos como espacio de trabajo, asesoramiento y redes de contactos, con el objetivo de impulsar el crecimiento y desarrollo sostenible de nuevas empresas. Por otro lado, las aceleradoras se centran en potenciar el crecimiento de startups establecidas mediante programas intensivos, mentoría, financiamiento y conexiones estratégicas. Finalmente, los hubs de transferencia tecnológica facilitan la transferencia de conocimientos y tecnologías entre academia, investigación y sector empresarial, promoviendo la colaboración y asegurando que los avances científicos se traduzcan en aplicaciones prácticas e innovadoras. Estas entidades operan de manera sinérgica para respaldar la creación, crecimiento y transferencia de tecnologías, contribuyendo al desarrollo de la innovación y la competitividad en diversos sectores económicos, desempeñando un papel crucial en la transformación de ideas y conocimientos en soluciones tangibles que benefician a la sociedad y fortalezcan el tejido empresarial.

Nombre	Año de creación	Región de emplazamiento	Institución a la que pertenece
Santiago Innova	1999	Región Metropolitana	Ninguna
Incubadora 3IE	2001	Región Metropolitana	Universidad Técnica Federico Santa María
Incubatec UFRO	2001	Región de la Araucanía	Universidad de La Frontera
Incuba UDEC	2002	Región de Bío-Bío	Universidad de Concepción
Innovo	2006	Región Metropolitana	Universidad de Santiago de Chile
Chrysalis	2009	Región de Valparaíso	Pontificia Universidad Católica de Valparaíso
Centro Innovación UC (Incuba UC)	2009	Región Metropolitana	Pontificia Universidad Católica de Chile
UDD Ventures	2010	Región Metropolitana	Universidad del Desarrollo
Start-UP Chile	2010	Región Metropolitana	Es parte de CORFO
Austral Incuba	2010	Región de los Ríos	Universidad Austral de Chile
Sinergiamé (COWO)	2012	Región de los Lagos	Organización independiente, conformada a través de una Asociación

Nombre	Año de creación	Región de emplazamiento	Institución a la que pertenece
Magical	2013	Región Metropolitana	Ninguna
Mujeres Empresarias	2013	Región Metropolitana	Mujeres Empresarias
Digevo Ventures	2014	Región Metropolitana	Grupo Digevo
Grupo Imagine	2014	Región Metropolitana	Ninguna
OpenBeauchef	2015	Región Metropolitana	Universidad de Chile
Ganesha LAB	2017	Región Metropolitana	Ninguna
Acelera Latam	2017	Región de Bío-Bío	Ninguna
HUB APTA	2018	Región Metropolitana	Es una corporación privada sin fines de lucro compuesta por universidades y centros tecnológicos nacionales como socios, dentro de las cuales están: U. de Concepción, UTFSM, USACH

Nombre	Año de creación	Región de emplazamiento	Institución a la que pertenece
Know HUB Chile	2018	Región Metropolitana	A 11 universidades y centros de investigación nacionales
HUBTEC	2019	Región Metropolitana	Es una corporación privada sin fines de lucro apoyada por CORFO en conjunto con USS, CREAS, CChEN, CETAQUA, MINNOVEX)
Emprende UCSC	2021	Región de Bío-Bío	Universidad Católica de la Santísima Concepción
Aster	2021	Región de Antofagasta	Ejecutada por Magical, en colaboración con Escondida/BHP, el GORE de Antofagasta, y Comité Corfo Antofagasta; además cuenta con una alianza con la Universidad Católica del Norte
Inncuba GT	2023	Región de Tarapacá	Sin información
La Brújula Incuba	2023	Región de Coquimbo	Sin información
Ecoterráneo Potencia Aysén	2023	Región de Aysén	Sin información

Figura 27

Fuente: CORFO Emprendimiento 2023 y Broota (2022).

Empresas de Base Científica y/o Tecnológica

Dentro de la categoría de empresas, es posible particularizar al grupo de empresas de base científica y tecnológica (EBCT). Si bien no hay datos completos para analizar la evolución a lo largo del tiempo, a partir de los datos publicados por el Ministerio de Ciencia es posible establecer una comparación considerando la cantidad de EBCT por región en los años 2018 y 2020. Empleando estos datos se observa un aumento en la cantidad total de EBCT registradas: mientras en 2018 había 301 EBCT, en 2020 se contabilizan 329.



Evolución de la cantidad de EBCTs por región

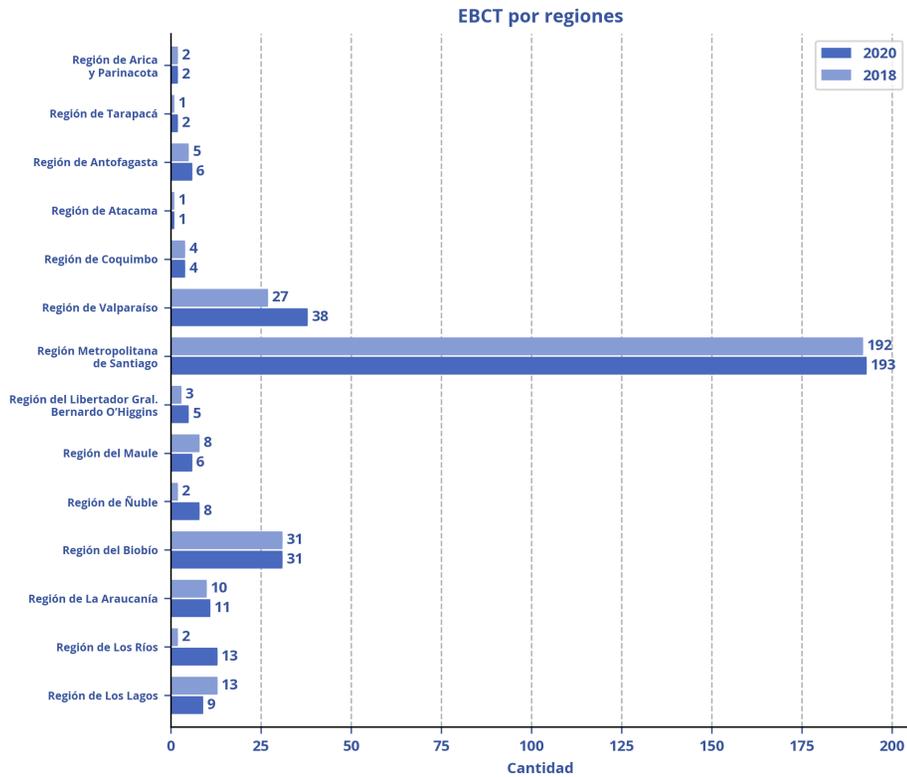


Figura 28

Fuente: Elaboración propia en base a Primer y Segundo Registro de Emprendimientos y Empresas de Base Científico-Tecnológica (EBCT), Ministerio de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación (2018 y 2020b).

Nota: Las EBCT analizadas fueron identificadas por fuentes de información tanto públicas como privadas. Por ejemplo, para el 1er registro se usaron datos de CORFO, ANID, Invest Chile, Chile Global, Crunchbase, entre otras, sumado a llamados abiertos a participar en el registro en las páginas web y cuentas de redes sociales del Min. de Ciencia. Tomando en cuenta los llamados voluntarios y que, además, existen EBCT no informadas de estos llamados, se debe considerar que este registro no representa el panorama completo de las EBCTs.

Género de líderes de EBCTs

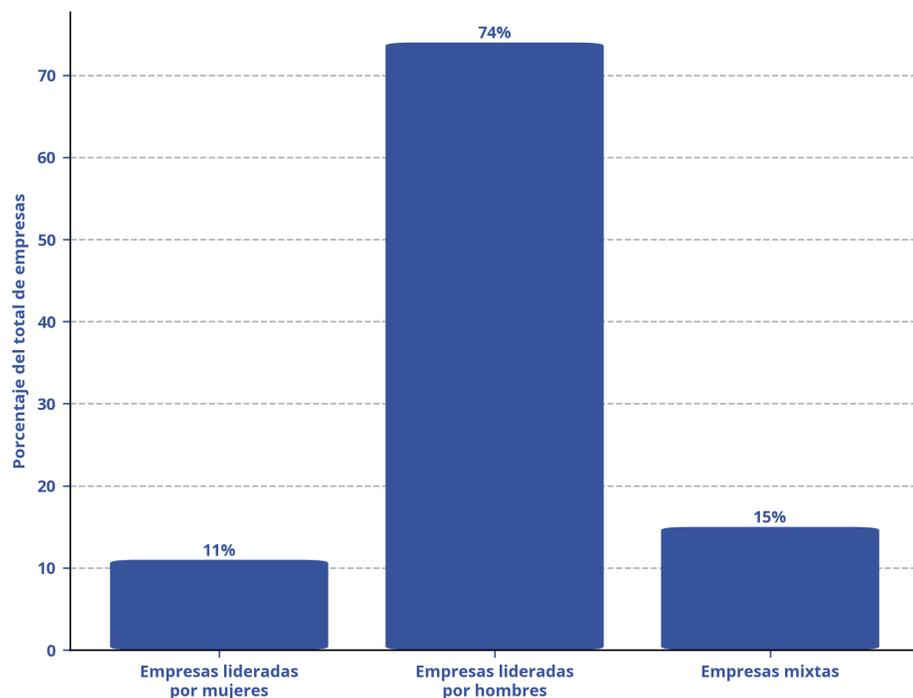


Figura 28

Fuente: Elaboración propia en base a Segundo Registro de Emprendimientos y Empresas de Base Científico-Tecnológica (EBCT), Ministerio de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación (2020b). **Nota:** Empresas lideradas por mujeres: la totalidad o mayoría de los socios son mujeres; Empresas lideradas por hombres: la totalidad o mayoría de los socios son hombres; Empresas mixtas: la mitad de los socios son mujeres.

Empresas que innovan en Chile

Resulta esencial examinar la evolución de los actores que llevan la innovación al mercado. Estos actores, a menudo provenientes del sector empresarial, desempeñan un papel crucial en la masificación de tecnologías y procesos innovadores. Su capacidad para transformar el conocimiento generado en entornos académicos en productos y servicios tangibles tiene el potencial de contribuir al progreso del país y generar impactos en la sociedad.

Mediante el análisis de los datos recopilados a través de la Encuesta Nacional de Innovación, se constata que la tasa de innovación en las empresas chilenas no ha experimentado cambios significativos a lo largo de la última década, manteniéndose en torno al 17%. Además, al examinar los cambios porcentuales según el tamaño de las empresas, se destaca que el aumento observado en los años 2019 y 2020 se atribuye principalmente a las empresas clasificadas como pequeñas y medianas.

Evolución de la cantidad de empresas que innovan

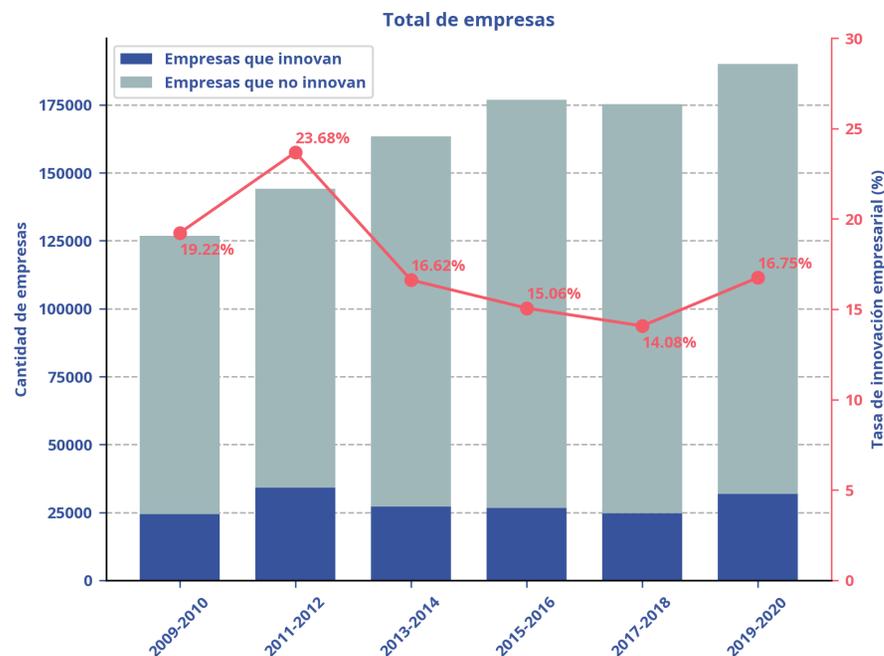


Figura 29

Fuente: Elaboración propia en base a Encuesta Nacional de Innovación 2009-2010 a 2019-2020, Ministerio de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación.

Comparación de la cantidad de empresas que innovan entre 2017-2018 y 2019-2020, según tamaño de las empresas

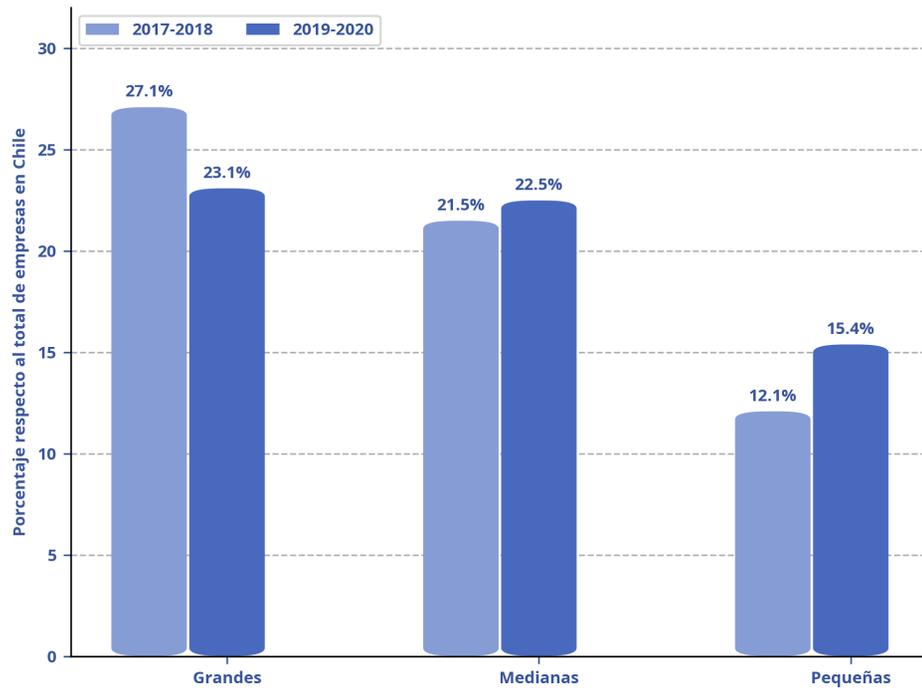


Figura 30

Fuente: Elaboración propia en base a Encuesta Nacional de Innovación 2017-2018 y 2019-2020, Ministerio de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación.

Porcentaje de empresas que innovan respecto al total de empresas de cada macrozona en el periodo 2019 y 2020

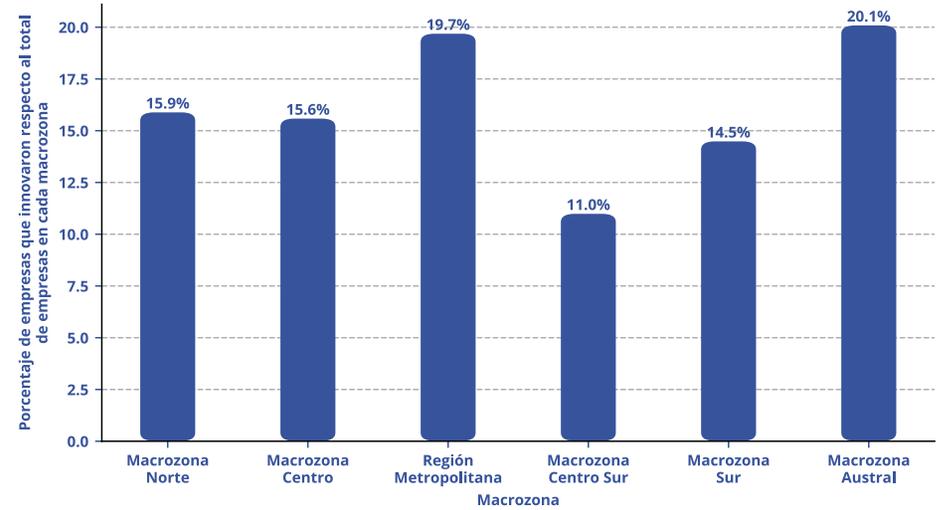


Figura 31

Fuente: Adaptado desde plataforma web Observa, originalmente en base a datos de Encuesta Nacional de Innovación 2019-2020, Ministerio de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación (2020a).



Empresas que realizan I+D

Otro actor de gran relevancia en el impulso de la tecnología e innovación en el mercado son las empresas que llevan a cabo actividades de Investigación y Desarrollo (I+D) internamente. A través de los datos obtenidos de la Encuesta sobre Gasto y Personal en I+D, hasta el año 2018 se evidencia un aumento en la cantidad de empresas que realizan I+D de casi un 24% con respecto al año 2013, especialmente en la categoría de empresas con más de 6 años de antigüedad. Además, se destaca que existen empresas de diversos tamaños que participan activamente en actividades de I+D, siendo las compañías de mayor envergadura las que lideran en este aspecto.

Evolución de la cantidad de empresas que hacen I+D por años de antigüedad

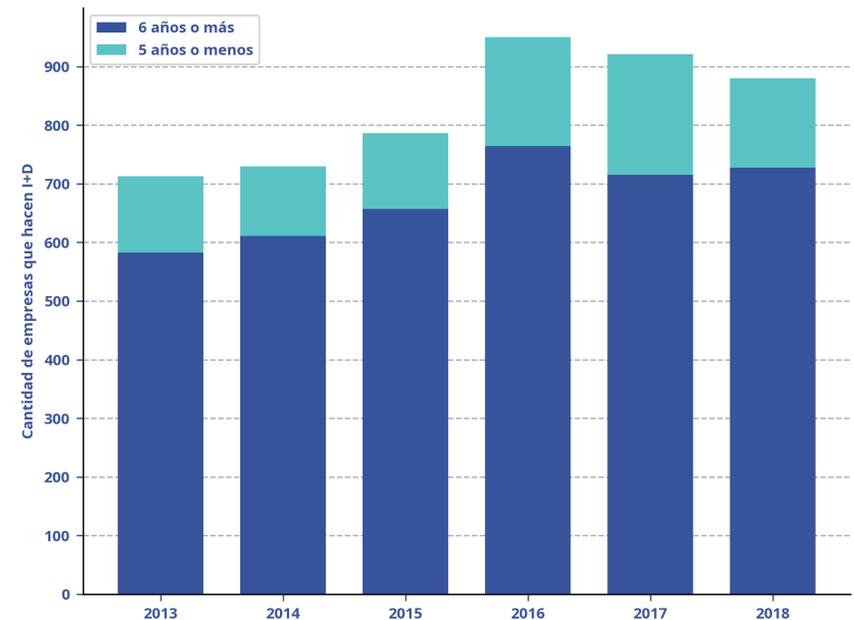


Figura 32

Fuente: Elaboración propia en base a datos de Encuestas sobre Gasto y Personal I+D 2013-2019 obtenidos desde plataforma web Observa.

Evolución de la cantidad de empresas que hacen I+D por tamaño de las empresas

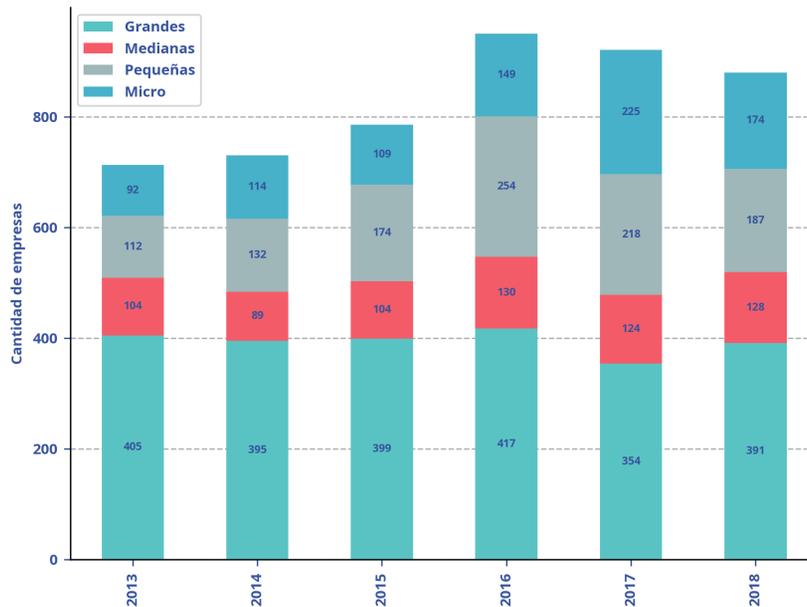


Figura 33

Fuente: Elaboración propia en base a datos de Encuestas sobre Gasto y Personal I+D 2013-2019 obtenidos desde plataforma web Observa.

Emprendedores/as

Los emprendimientos constituyen otro grupo fundamental dentro del Ecosistema CTCI, aunque su cantidad y caracterización específica a menudo carecen de datos certeros. A diferencia de los grupos previamente caracterizados, los emprendedores conforman un conjunto diverso y extenso. Si bien un subconjunto de estos emprendedores puede integrarse en categorías específicas como Empresas de Base Científica y Tecnológica, el grueso de este colectivo no pertenece a esas categorías. A través del análisis de proyectos de apoyo a emprendedores proporcionados por Corfo, se puede obtener una visión parcial de este conjunto, arrojando luz sobre cambios en este tipo de actor del Ecosistema.

Evolución de la cantidad total de proyectos de emprendimientos apoyados por CORFO

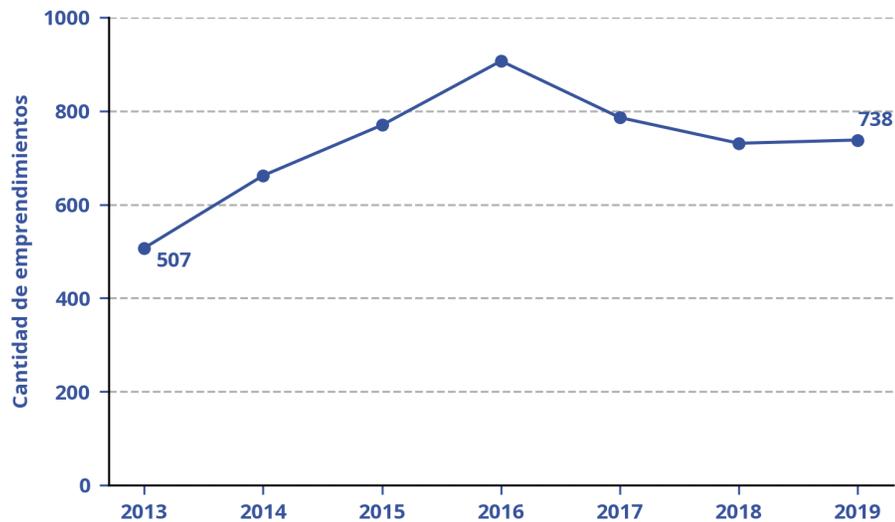


Figura 34

Fuente: Elaboración propia en base a datos de plataforma web Data Emprendimiento, CORFO. **Notas:** 1) Años 2020, 2021 y 2022 no se muestran debido a que la base de datos no cuenta con los beneficiarios del programa Startup Chile. 2) Programas CORFO.: Capital Semilla, Escalamiento, Escalamiento en la Producción de Ventiladores Mecánicos, Programa Regional de Apoyo al Emprendimiento, Scale Up - Expansión, Semilla Expande, Semilla Expansión, Semilla Inicia, SSAF Desafío, SSAF Desarrollo, SSAF Escalamiento, SSAF Innovación, SSAF Social, Start-Up Chile, Start-Up Chile-Scale, The S Factory.

Inventores/as

Por último, otro actor fundamental en el Ecosistema CTCI son los inventores, cuya participación puede cuantificarse mediante la cantidad de personas que solicitan el registro de patentes en el Instituto Nacional de Propiedad Industrial (INAPI). Así, además de cuantificar la participación de inventores, donde se observa en 2022 un aumento de un 8% con respecto al año 2021, estos datos también permiten observar la distribución por género a lo largo del tiempo. De esta forma, se aprecia que la proporción de mujeres en este ámbito es baja, fluctuando entre el 17% y el 25%.

Evolución de la cantidad de proyectos de emprendimientos apoyados por CORFO según región de procedencia

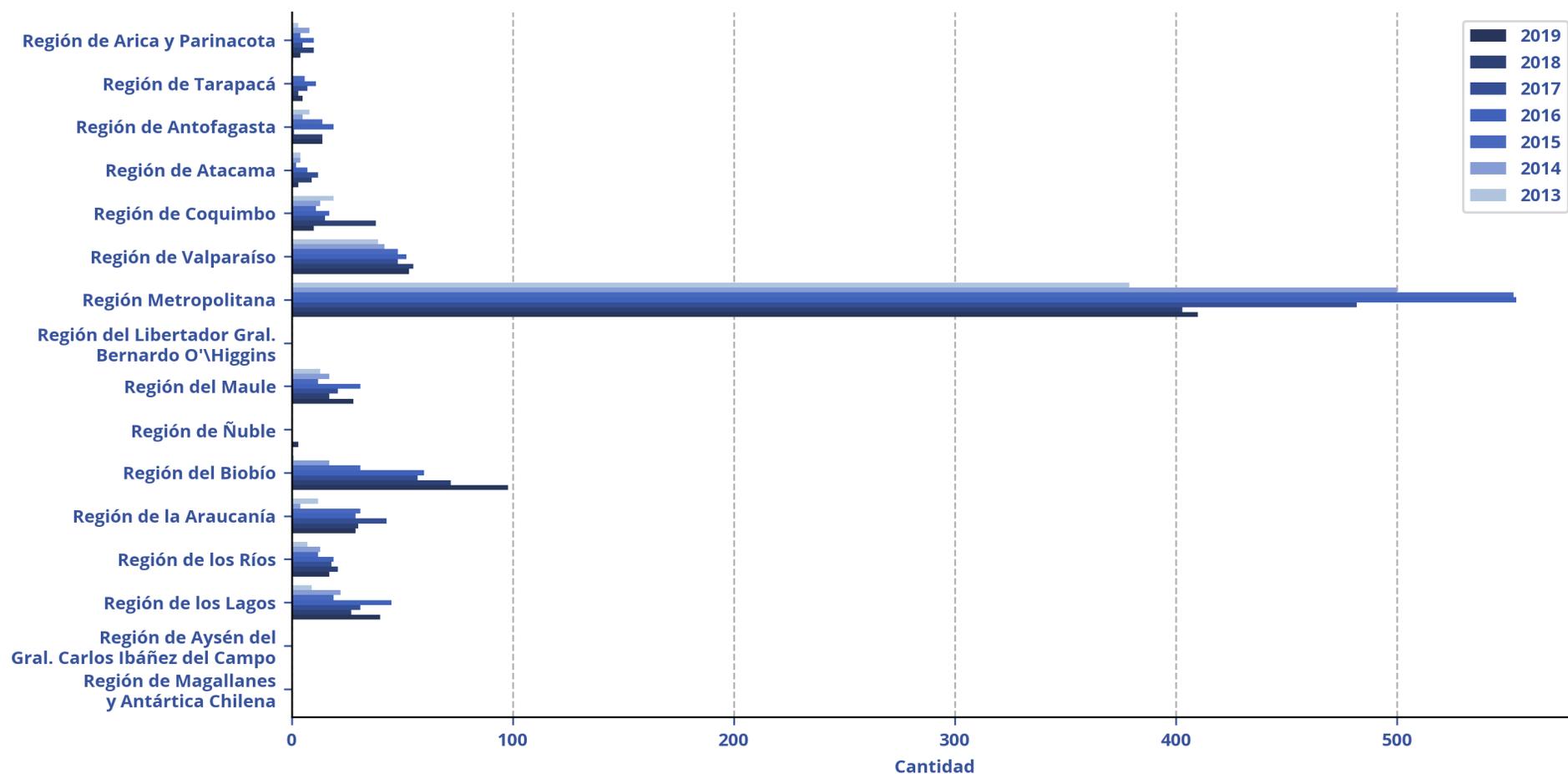


Figura 35

Fuente: Elaboración propia en base a datos de plataforma web Data Emprendimiento, CORFO.

Evolución de la cantidad de proyectos de emprendimientos apoyados por Corfo según género de su líder

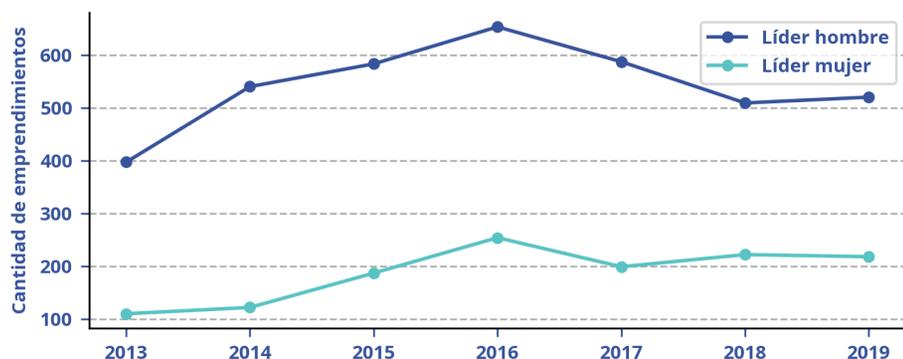


Figura 36

Fuente: Elaboración propia en base a datos de plataforma web Data Emprendimiento, CORFO. **Notas:** 1) Años 2020, 2021 y 2022 no se muestran debido a que la base de datos no cuenta con los beneficiarios del programa Startup Chile. 2) Programas CORFO.: Capital Semilla, Escalamiento, Escalamiento en la Producción de Ventiladores Mecánicos, Programa Regional de Apoyo al Emprendimiento, Scale Up - Expansión, Semilla Expande, Semilla Expansión, Semilla Inicia, SSAF Desafío, SSAF Desarrollo, SSAF Escalamiento, SSAF Innovación, SSAF Social, Start-Up Chile, Start-Up Chile-Scale, The S Factory.

Evolución de la cantidad de inventores/as por género, 2021-2022

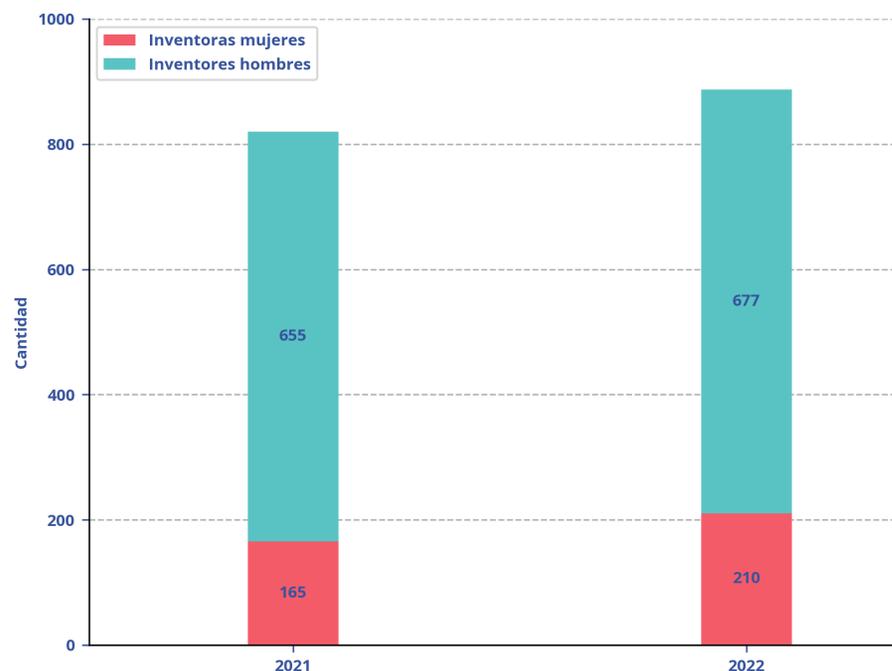


Figura 37

Fuente: Elaboración propia en base a datos de plataforma web Datos Abiertos de INAPI (2022).

Por otro lado, resulta relevante la variación en la proporción de inventoras. Si bien no sigue una tendencia lineal, sí se destaca que hay un aumento de 6 puntos porcentuales entre 2013 y 2023.

Evolución de la proporción de inventoras. Solicitudes de patentes de invención residentes en fase nacional, 2013 -2022

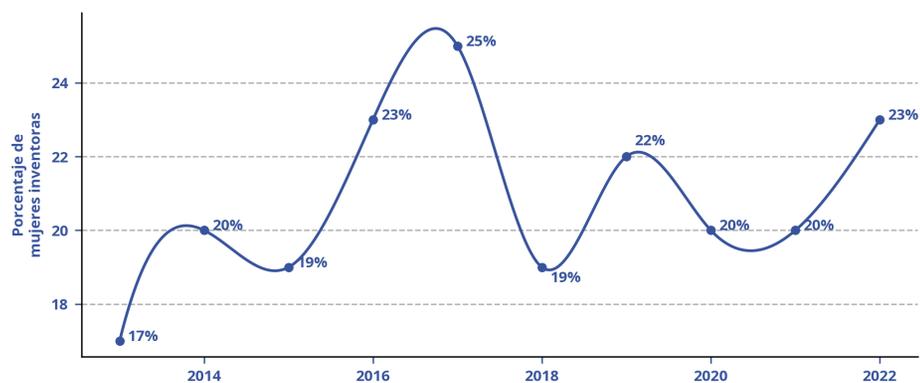


Figura 38

Fuente: Adaptado desde INAPI (2023c). **Nota:** La fase nacional corresponde al periodo donde el solicitante acude a las Oficinas Nacionales designadas, las cuales conceden o rechazan la solicitud de patente.

Actores y sus Relaciones

Estos actores no solo son identificables por sus contribuciones directas al sistema, sino también por los vínculos específicos que mantienen con otras entidades del Ecosistema. Estos vínculos pueden incluir aspectos como financiamiento, codesarrollo de productos, fuentes de información y licencias, según el enfoque de Lundvall (2007).

A través del análisis de los datos provenientes de los instrumentos de financiamiento otorgados por la Agencia Nacional de Investigación y Desarrollo (ANID) y la Corporación de Fomento de la Producción (Corfo) en la última década, emerge una valiosa perspectiva sobre las dinámicas de colaboración en el Ecosistema de CTCI chileno. Estos datos proporcionan una ventana única para observar las relaciones que se forjan entre diversos actores en el desarrollo de proyectos de investigación aplicada e innovaciones.

Redes de Colaboración en Proyectos Cofinanciados por el Estado

Tanto la Agencia Nacional de Investigación y Desarrollo (ANID), como la Corporación de Fomento de la Producción (CORFO) mantienen iniciativas para subvencionar el desarrollo de proyectos de Investigación, Desarrollo e Innovación. Un porcentaje importante de estos proyectos se realizan estableciendo dinámicas de colaboración, basadas en la coejecución de proyectos o figuras de asociatividad. A partir del historial de proyectos adjudicados de ambas instituciones desde el 2016 al 2023, se puede intentar explorar de forma general las dinámicas de colaboración subyacentes.

Para este ejercicio, cada institución fue etiquetada con alguna de las siguientes categorías: Empresa, Estado, Institución de Educación Superior (IES), Institución Privada Sin Fines de Lucro (IPSFL) e Internacional. Adicionalmente, se definió que existe una relación entre dos instituciones cuando ambas entidades participaron del mismo proyecto¹ y el tratamiento fue el mismo sin importar si la institución participó como beneficiaria, colaboradora o asociada.

Utilizando estos datos se construyen redes de colaboración tanto para proyectos ANID como proyectos CORFO. Esta red puede ser interpretada como un grafo, un objeto matemático con nodos y aristas; así, cada institución de la red es un nodo y cada relación una arista.

¹ En un proyecto donde participó la Universidad de Chile, la Universidad de Concepción y el Instituto Milenio Fundamento de los Datos (IMFD), según nuestra definición, habrían tres relaciones: 1) Universidad de Chile con Universidad de Concepción, 2) Universidad de Chile con IMFD, 3) Universidad de Concepción con IMFD

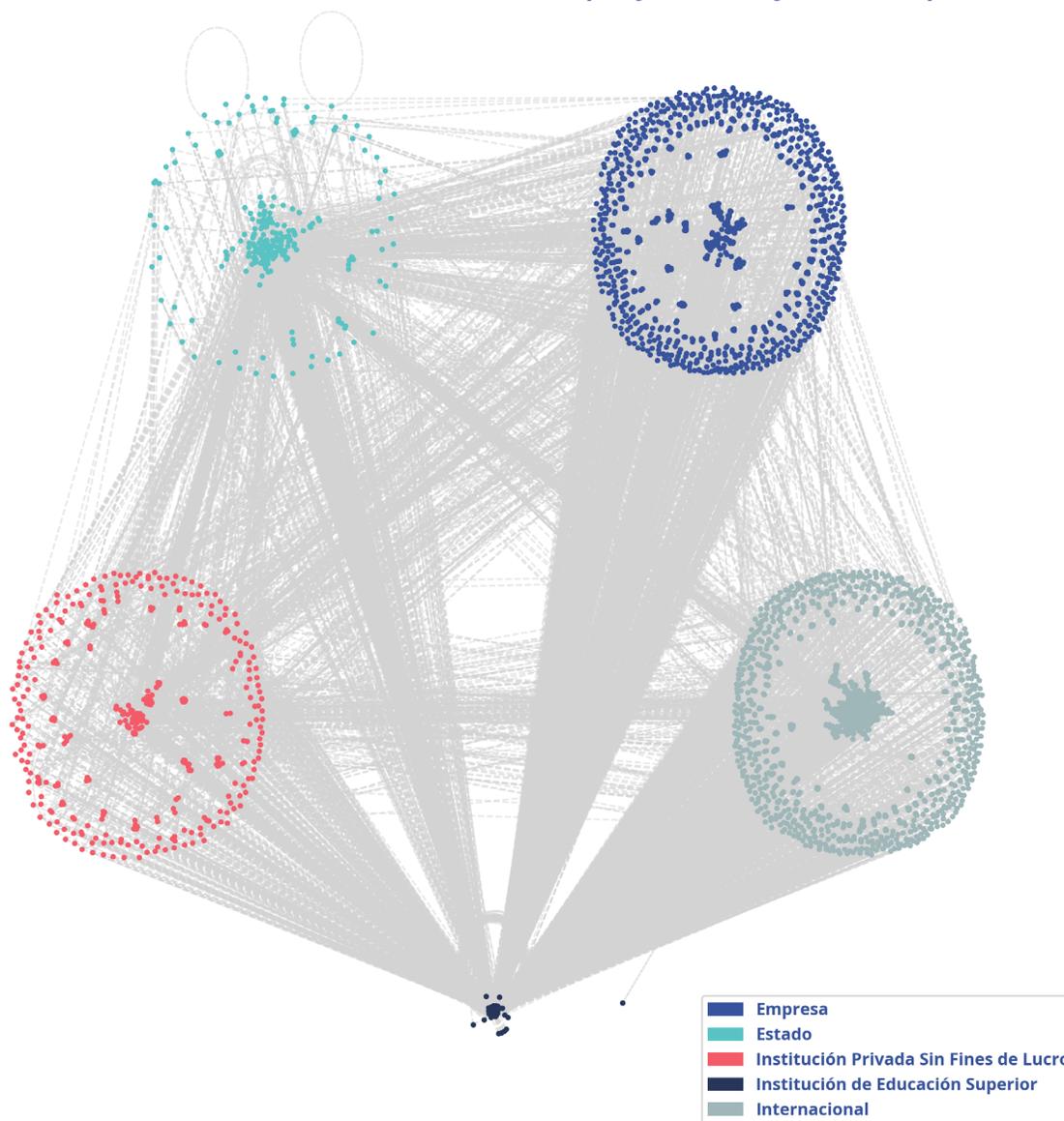


Figura 39

Primero se graficaron las relaciones entre instituciones del mismo tipo siguiendo una disposición de resorte (spring layout), la cual genera que instituciones que han colaborado con otras instituciones del mismo tipo (ej. empresas con empresas) queden al centro del subgrafo. Posterior a eso se graficaron las relaciones entre instituciones de distinto tipo (ej. Estado con IES). **Fuente:** Elaboración propia en base a datos de ANID (2023).

Redes de colaboración entre instituciones en proyectos adjudicados por ANID

Al observar la red de colaboración de proyectos ANID es posible apreciar que las instituciones de educación superior (IES) cumplen un rol articulador de la red, teniendo muchos vínculos con instituciones de otro tipo (Estado, empresas, IPSFL, internacionales). Además, los nodos del grupo de IES se visualizan muy cercanos al centro del grupo, debido a que existe un gran número de relaciones entre instituciones de educación superior, lo que podría representar un vínculo altamente fortalecido entre instituciones de esta categoría.

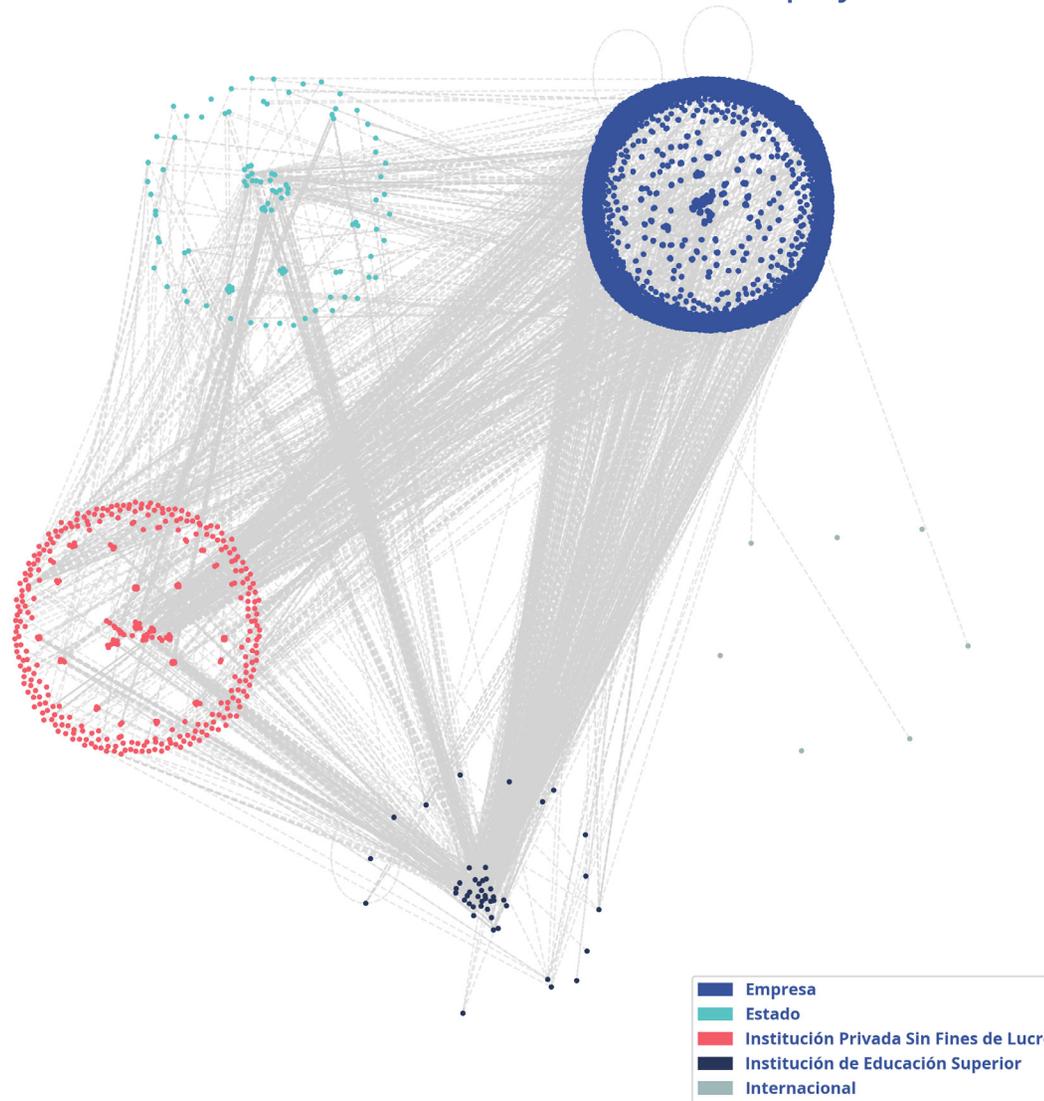


Figura 40

Primero se graficaron las relaciones entre instituciones del mismo tipo siguiendo una disposición de resorte (spring layout), la cual genera que instituciones que han colaborado con otras instituciones del mismo tipo (ej. empresas con empresas) queden al centro del subgrafo. Posterior a eso se graficaron las relaciones entre instituciones de distinto tipo (ej. Estado con IES). **Fuente:** Elaboración propia en base a datos de plataforma web Data Innovación de CORFO.

Redes de colaboración entre instituciones en proyectos CORFO

Por otro lado, al observar la red de colaboración de proyectos CORFO se puede apreciar que, a diferencia de las redes de colaboración ANID, donde las instituciones de educación superior (IES) tienen un rol protagónico en la red, en el caso de CORFO ese rol lo comparten las IES con las empresas. Del mismo modo, se observa que hay muy pocas instituciones de tipo Internacional, lo cual presenta otra gran diferencia respecto a ANID.

Evolución de la Colaboración en Proyectos Cofinanciados por el Estado

Al analizar los cambios que han tenido estas redes a lo largo de los años se observa que en el año 2020, hubo una fuerte caída en colaboraciones en proyectos ANID con instituciones internacionales. Sin embargo, lo más relevante es notar que, cada año, la gran mayoría de relaciones ha sido entre instituciones de educación superior con otras instituciones del mismo tipo (ej. Universidad de Chile con Universidad de Concepción).

Número de relaciones entre instituciones entre 2016 y 2023, en base a proyectos adjudicados por ANID

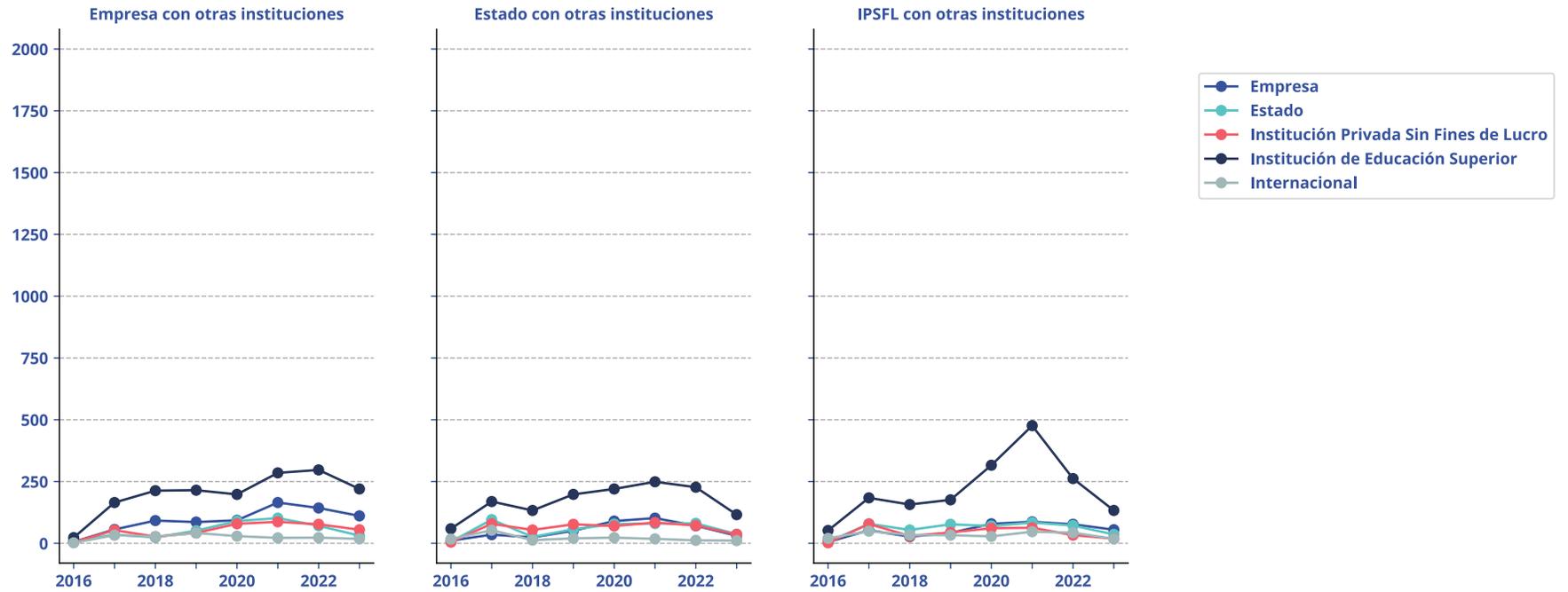


Figura 41

Fuente: *Elaboración propia en base a datos de ANID (2023)*

Número de relaciones entre instituciones entre 2016 y 2023, en base a proyectos adjudicados por ANID

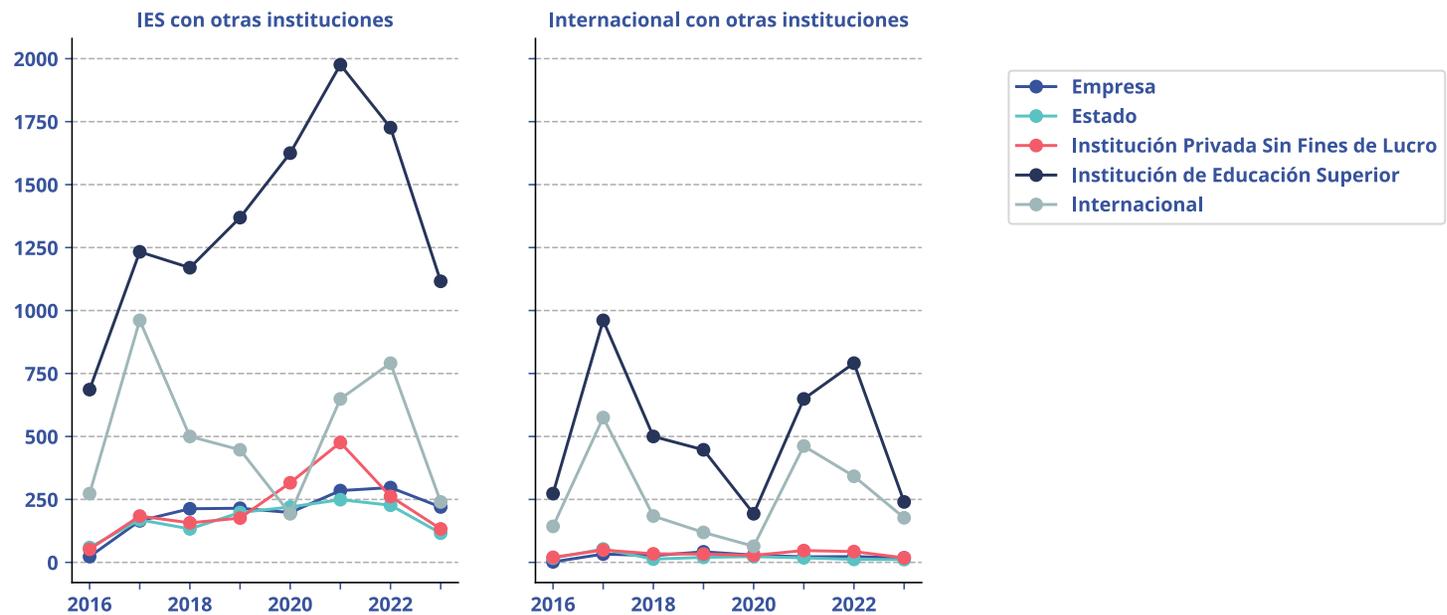


Figura 42

Fuente: Elaboración propia en base a datos de ANID (2023)

La evolución de las colaboraciones en proyecto CORFO muestra que las relaciones más predominantes son entre empresas y empresas, empresas e IES y empresas e IPSFL, en ese orden.

Número de relaciones entre instituciones, entre 2016 y 2023, según proyectos CORFO

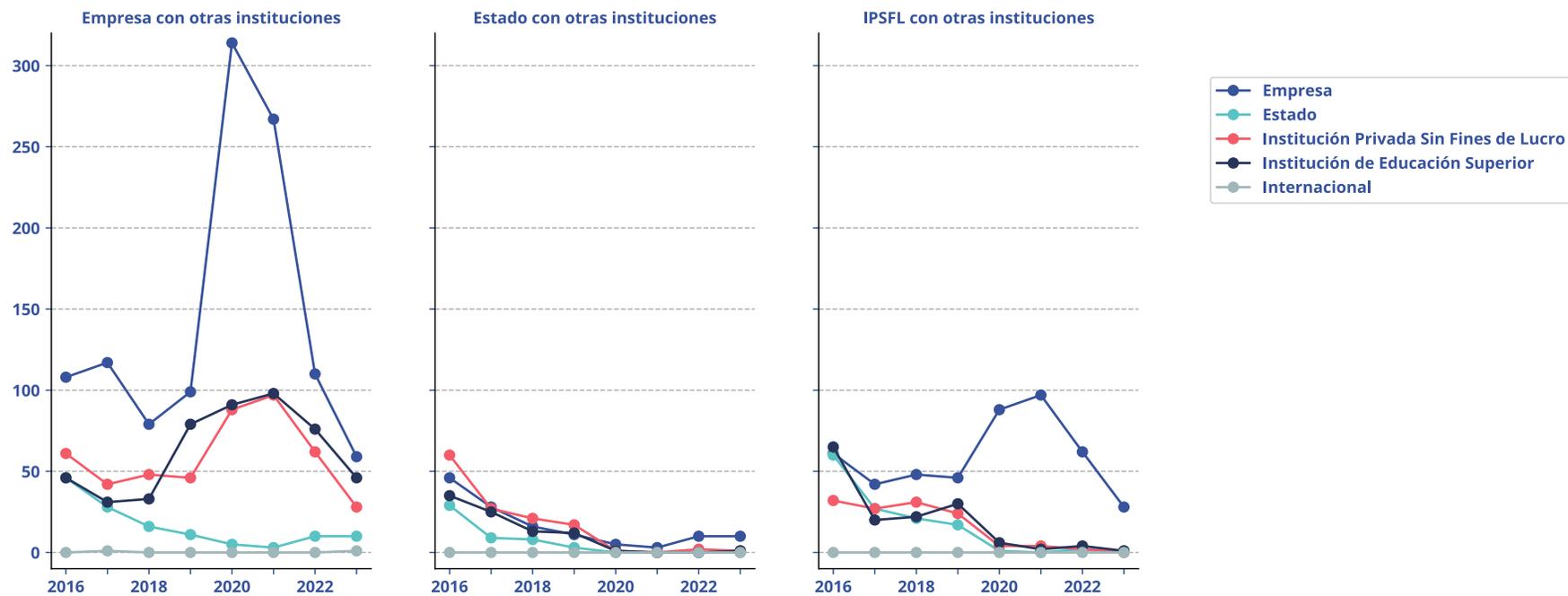


Figura 43

Fuente: Elaboración propia en base a datos de plataforma web Data Innovación de CORFO.

Número de relaciones entre instituciones, entre 2016 y 2023, según proyectos CORFO

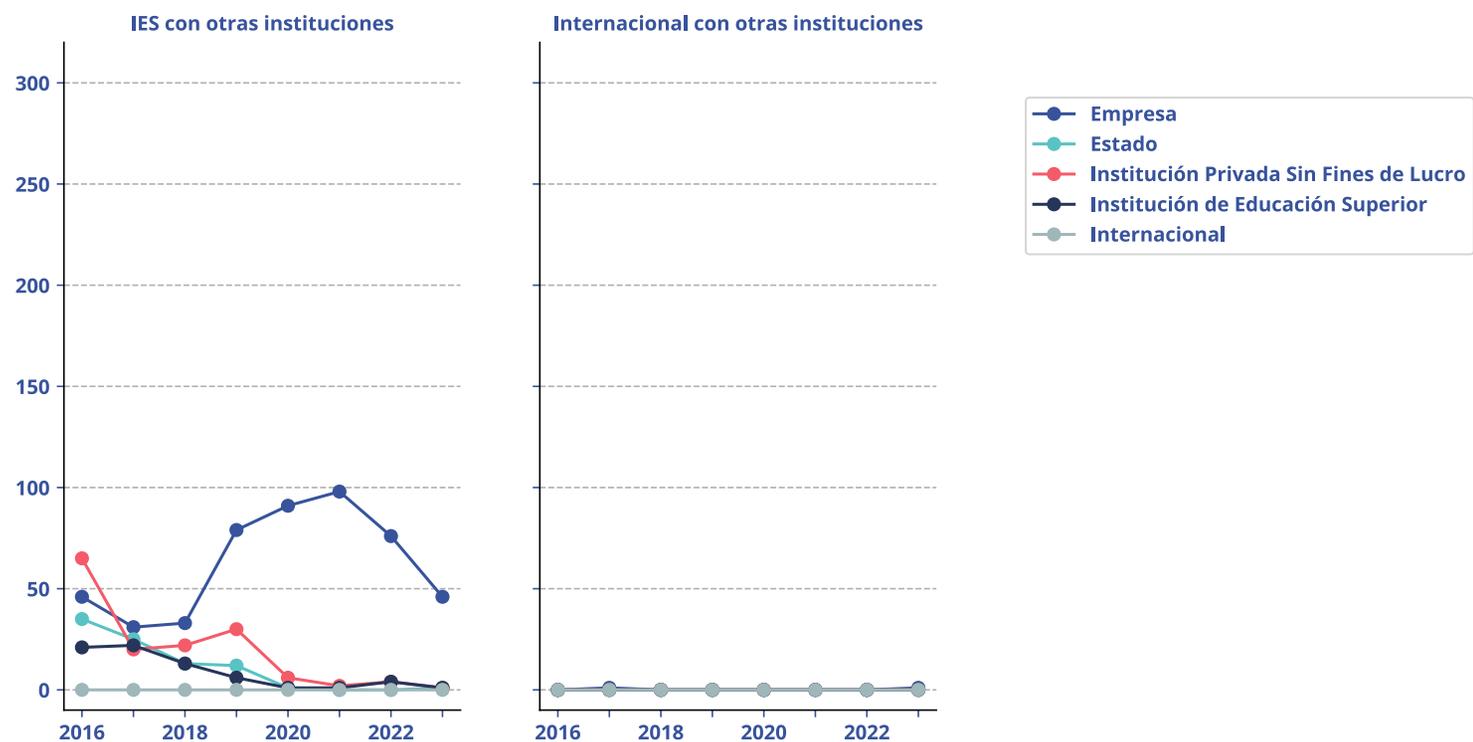


Figura 44

Fuente: Elaboración propia en base a datos de plataforma web Data Innovación de CORFO.

Caracterizando la Colaboración

En cada una de estas redes, se pueden identificar elementos clave que revelan la estructura y la intensidad de las relaciones entre los actores. La aplicación de análisis de centralidad en estas redes proporciona la capacidad de reconocer actores específicos que actúan como nodos conectores, desempeñando un papel central en facilitar la colaboración y la transferencia de conocimientos. Estos nodos destacados, al ocupar posiciones estratégicas, emergen como impulsores clave de la sinergia en el Ecosistema CTCI, consolidando así su relevancia en la construcción y fortalecimiento de las redes colaborativas en el ámbito de la ciencia, tecnología, conocimiento e innovación en Chile.

Para llevar a cabo este análisis, se utilizó la métrica de centralidad de grado (degree centrality), la cual mide la cantidad de conexiones que un nodo tiene; de esta manera, se puede pensar que un nodo con una alta centralidad de grado es más "popular". Para cada uno de los años se calculó la centralidad de grado de cada nodo de la red, seleccionando luego las 10 instituciones con mayor centralidad de cada año. Cabe destacar que una institución puede tener una alta centralidad ya sea por haber participado en muchos proyectos con otras instituciones, o en pocos proyectos, pero donde colaboraron muchas instituciones, ya que esta métrica de centralidad cuenta el número de relaciones y un proyecto con muchas colaboraciones implica muchas relaciones.

Instituciones con mayor centralidad de grado para cada año en red de colaboración de ANID

Para realizar este análisis en la red de colaboración de Proyectos ANID no se consideraron las relaciones entre IES con otras IES, para facilitar la observación de colaboraciones entre IES y otros tipos de actores. A lo largo de todos los años, las primeras posiciones de centralidad en la red de colaboración de Proyectos ANID están ocupadas mayormente por universidades, con solo unas pocas excepciones. Entre ellas se encuentran el Instituto de Investigaciones Agropecuarias y el Servicio Nacional del Adulto Mayor en 2016, ambas instituciones estatales; nuevamente, el Instituto de Investigaciones Agropecuarias en 2019; la Subsecretaría del Ministerio de Agricultura (estatal), el Centro de Estudios Avanzados en

Zonas Áridas (CEAZA), y la Red Universitaria (ambos IPSFL) en 2020; y de nuevo el CEAZA en 2021. Estos resultados refuerzan el papel articulador y central que desempeñan las Instituciones de Educación Superior (IES) en la red de colaboraciones de proyectos de ANID.

Posición	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
1	U Chile (0.18, N=286)	U Chile (0.25, N=316)	U Chile (0.20, N=269)	U Chile (0.22, N=306)	U Chile (0.23, N=291)	U Chile (0.21, N=331)	U Chile (0.19, N=360)	U Chile (0.18, N=261)
2	PUC (0.14, N=228)	UDEC (0.19, N=178)	PUC (0.14, N=231)	PUC (0.14, N=241)	UDEC (0.21, N=144)	UDEC (0.16, N=162)	UDEC (0.17, N=197)	PUC (0.16, N=262)
3	UDEC (0.08, N=131)	PUC (0.18, N=281)	UDEC (0.12, N=139)	UDEC (0.10, N=157)	PUC (0.15, N=235)	PUC (0.15, N=261)	PUC (0.12, N=296)	UDEC (0.13, N=155)
4	U Austral (0.07, N=64)	UFRO (0.08, N=84)	USACH (0.09, N=85)	UTFSM (0.08, N=84)	U Austral (0.14, N=78)	PUCV (0.11, N=105)	U Austral (0.11, N=141)	UFRO (0.08, N=86)

5	UNAB (0.06, N=59)	PUCV (0.07, N=90)	UTFSM (0.08, N=78)	UFRO (0.08, N=80)	Subsecretaría Del Ministerio De Agricultura (0.10, N=6)	U Austral (0.10, N=97)	UTFSM (0.09, N=75)	PUCV (0.07, N=112)
6	U Talca (0.06, N=48)	U Austral (0.07, N=99)	U Austral (0.07, N=74)	U Austral (0.07, N=90)	CEAZA (0.09, N=12)	USACH (0.09, N=105)	PUCV (0.09, N=114)	USACH (0.07, N=86)
7	PUCV (0.06, N=70)	UTFSM (0.06, N=71)	UFRO (0.07, N=69)	USACH (0.06, N=92)	PUCV (0.09, N=63)	CEAZA (0.09, N=25)	UFRO (0.07, N=87)	UCSC (0.06, N=35)
8	UTFSM (0.05, N=64)	USACH (0.05, N=107)	PUCV (0.06, N=96)	PUCV (0.05, N=99)	UFRO (0.09, N=64)	UTFSM (0.08, N=74)	U Talca (0.06, N=76)	UTFSM (0.05, N=72)
9	Instituto De Investigaciones Agropecuarias (0.05, N=15)	UDP (0.05, N=45)	UCN (0.05, N=47)	Instituto De Investigaciones Agropecuarias (0.04, N=13)	UCN (0.08, N=33)	UCN (0.08, N=58)	USACH (0.06, N=107)	U Austral (0.05, N=93)
10	Servicio Nacional Del Adulto Mayor (0.04, N=4)	U Los Lagos (0.05, N=27)	U Talca (0.04, N=51)	U Bío Bío (0.04, N=45)	Red Universitaria Nacional (0.07, N=2)	UFRO (0.07, N=93)	UNAB (0.06, N=91)	UV (0.05, N=60)

Figura 45

Diez instituciones con mayor centralidad de grado para cada año en red de colaboración de ANID. Entre paréntesis: valor de centralidad y número de proyectos en los que participó la institución durante el año correspondiente. Colores: azul oscuro - Institución de Educación Superior; verde - Estado; rojo - Institución Privada Sin Fines de Lucro.

Fuente: Elaboración propia en base a datos de ANID (2023).

Instituciones con mayor centralidad de grado para cada año en red de colaboración de CORFO

Posición	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
1	U Talca (0.04, N=4)	U Talca (0.02, N=3)	UFRO (0.02, N=6)	UDEC (0.05, N=17)	PUCV (0.03, N=21)	Centro Regional De Estudios En Alimentos Saludables (0.03, N=31)	Centro Regional De Estudios En Alimentos Saludables (0.04, N=23)	U Chile (0.04, N=8)
2	U Austral (0.03, N=7)	INACAP (0.02, N=7)	Asesorías Comerciales Y De Negociación Dairytrade Limitada (0.01, N=1)	PUCV (0.03, N=18)	Salmones Multiexport S.A. (0.02, N=2)	PUCV (0.02, N=18)	U Chile (0.03, N=13)	UDEC (0.03, N=7)
3	Instituto De Investigaciones Agropecuarias (0.03, N=8)	Deseis Spa (0.01, N=1)	Rock River Lab Chile Spa (0.01, N=1)	Instituto De Investigaciones Agropecuarias (0.03, N=9)	Salmones Aysen S.A. (0.02, N=4)	Centro Tecnológico En Innovación Para La Industria Alimentaria (0.02, N=17)	UDEC (0.03, N=14)	Centro Regional De Estudios En Alimentos Saludables (0.03, N=6)
4	UDEC (0.03, N=7)	Exe Ingeniería & Software Ltda (0.01, N=2)	Sociedad Agrícola Los Tilos Limitada (0.01, N=1)	U Chile (0.02, N=9)	Salmones Camanchaca S A (0.02, N=1)	UDEC (0.01, N=12)	Centro Tecnológico En Innovación Para La Industria Alimentaria (0.02, N=15)	Instituto De Investigaciones Agropecuarias (0.03, N=5)
5	U Bío Bío (0.02, N=4)	Tecnologías Móviles Movilgo Spa (0.01, N=1)	Agrícola Almasol Limitada (0.01, N=1)	Fundación Chile (0.02, N=3)	Salmones Pacific Star S A (0.02, N=1)	U Chile (0.01, N=11)	Fundación Leitat Chile (0.01, N=6)	Viña Concha Y Toro S A (0.02, N=4)

Posición	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
6	U Chile (0.02, N=6)	Exportadora Solymar Limitada En Liquidación (0.01, N=1)	Soc Agric Y Ganad Cun Cun Ltda (0.01, N=1)	Centro Regional De Estudios En Alimentos Saludables (0.02, N=11)	Salmonoil S A (0.02, N=1)	Servicios Chilfresh Limitada (0.01, N=2)	Instituto De Investigaciones Agropecuarias (0.01, N=6)	Fundación Leitat Chile (0.02, N=5)
7	PUC (0.02, N=5)	Sidekick Spa (0.01, N=1)	Soc Agrícola Santa Emilia Limitada (0.01, N=1)	USACH (0.01, N=3)	Cultivos Yadrán S A (0.02, N=1)	PUC (0.01, N=8)	UTFSM (0.01, N=6)	Sociedad Agrícola Hacienda Mal Paso Spa (0.02, N=2)
8	Asociación Gremial De Miticultores De Chile (0.01, N=1)	Agropecuaria Wapri S A (0.01, N=1)	Ganac Sociedad Anonima (0.01, N=1)	Centro De Estudios En Alimentos Procesados (0.01, N=2)	Mowi Chile S.A. (0.02, N=1)	Frutera San Fernando Sociedad Anonima (0.01, N=1)	PUCV (0.01, N=9)	Centro Tecnológico En Innovación Para La Industria Alimentaria (0.02, N=4)
9	Asociación Gremial de Cultivadores de Moluscos (0.01, N=1)	Exportadora Frutifor Limitada (0.01, N=1)	Mario Calderón Blanco (0.01, N=1)	Asociación De Empresas De Alimentos De Chile A G (0.01, N=1)	Acuícola, Inmobiliaria E Inversiones Araucanía Limitada (0.02, N=1)	Lafrut Exportaciones Agropecuarias Limitada (0.01, N=1)	Centro De Estudios En Alimentos Procesados (0.01, N=5)	UNAB (0.02, N=2)
10	Asociación Gremial De Acuicultores, Pescadores Y Turismo Estuario Reloncavi A.G. (0.01, N=1)	Agronet Spa (0.01, N=1)	Addvise Spa (0.01, N=1)	Federación De Empresas De Turismo De Chile - Federación Gremial (0.01, N=1)	Caleta Bay Mar Spa (0.02, N=2)	Exportadora Campofrut Limitada (0.01, N=1)	U Austral (0.01, N=3)	Reborn Electric Motors Spa (0.01, N=2)

Figura 46

Diez instituciones con mayor centralidad de grado para cada año en red de colaboración de CORFO. Entre paréntesis: valor de centralidad y número de proyectos en los que participó la institución durante el año correspondiente. Colores: azul - Empresa; verde - Institución de Educación Superior; morado - Estado; amarillo - Institución Privada Sin Fines de Lucro.

Fuente: elaboración propia en base a datos de CORFO.

Al igual que se realizó con la red de colaboración de ANID, se llevó a cabo un análisis de centralidad de grado en la red de CORFO para identificar aquellas instituciones más “populares”. Es importante destacar que, a diferencia del análisis realizado en ANID, en este caso no se excluyeron las relaciones entre Instituciones de Educación Superior (IES) ni entre empresas; todas las conexiones generadas a partir de los proyectos fueron consideradas. Se procedió de esta manera ya que, mientras que en el análisis de ANID se observa una fuerte cohesión dentro del grupo de IES (representado por un cluster de IES muy compacto), en el grafo de relaciones de CORFO no se aprecia ese nivel de cohesión dentro de ninguno de los grupos. Así, este análisis revela varias diferencias en comparación con los resultados obtenidos en ANID. En primer lugar, la predominancia de nodos “populares” se distribuye ahora entre empresas e IES, y se destaca también una mayor presencia de instituciones privadas sin fines de lucro (IPSFL). En segundo lugar, los valores de centralidad obtenidos son aproximadamente un orden de magnitud más bajos que los de ANID, indicando que no hay instituciones tan marcadamente “populares” en la red, como lo eran la Universidad de Chile, la Universidad Católica y la Universidad de Concepción en el caso anterior. Finalmente, se destaca que el número de proyectos en los que participan las instituciones es considerablemente menor: mientras que en ANID las instituciones más populares colaboran en cientos de proyectos, en CORFO, el máximo obtenido es de 31 proyectos. Asimismo, se observa la participación de varias instituciones en un solo proyecto, pero donde dicho proyecto involucra a múltiples instituciones colaboradoras, generando así múltiples relaciones. Diez instituciones con mayor centralidad de grado para cada año en red de colaboración de CORFO. Entre paréntesis: valor de centralidad y número de proyectos en los que participó la institución

durante el año correspondiente. Colores: azul - Empresa; verde - Institución de Educación Superior; morado - Estado; amarillo - Institución Privada Sin Fines de Lucro. Fuente: elaboración propia en base a datos de CORFO.

Desafíos para el análisis de la colaboración

Aunque gran parte de los datos utilizados en este análisis son públicos y pueden descargarse desde repositorios de ANID y de la plataforma web Data Innovación, la información disponible en dicha plataforma no incluye las entidades colaboradoras. Por lo tanto, fue necesario solicitar datos adicionales a través de la Ley N° 20.285 sobre Acceso a la Información Pública.

Por otro lado, este análisis podría fortalecerse si fuera posible categorizar de manera más específica a los distintos tipos de actores. Se consideraron las categorías: Empresa, Estado, Institución de Educación Superior (IES), Institución Privada Sin Fines de Lucro (IPSFL) e Internacional, las cuales se obtuvieron de los datos disponibles mediante un proceso manual de desambiguación y limpieza. No obstante, sería interesante, por ejemplo, examinar el papel de los centros de investigación. Estas instituciones, debido a su constitución y forma de operar, pueden estar contenidas tanto en el grupo de instituciones de educación superior, cuando utilizan el RUT de la universidad albergante para operar, como también en la categoría de instituciones sin fines de lucro cuando cuentan con personalidad jurídica propia, donde también se encuentran fundaciones y otros tipos de IPSFL. Esto crea una oportunidad para mejorar el registro mediante la incorporación de categorías de interés, como la mencionada.

Funcionamiento del Ecosistema CTCI de Chile

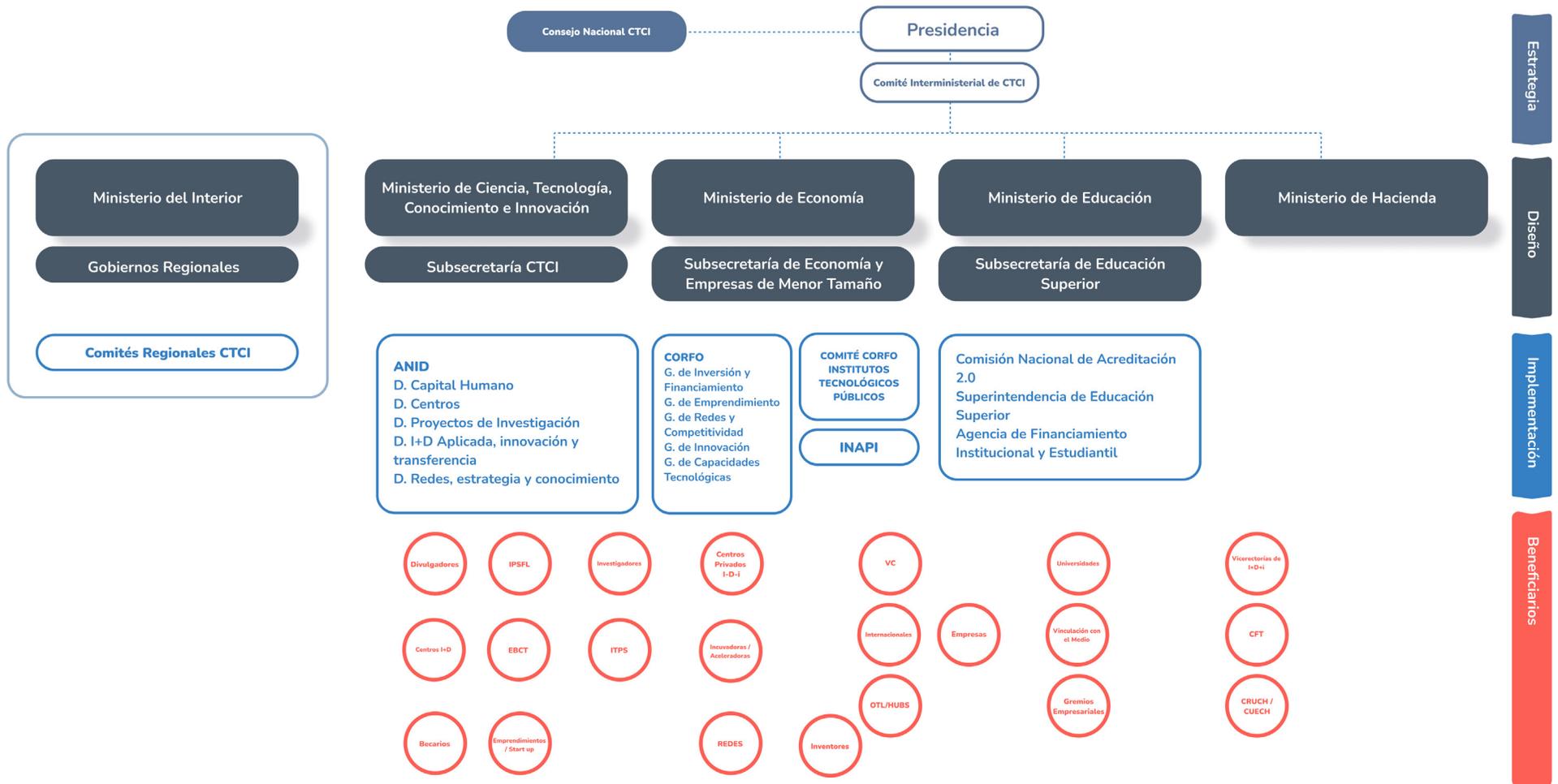


Figura 47

Fuente: Elaboración propia en base a insumos entregados por el Consejo CTCI. **Siglas:** CTCI: Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación; ANID: Agencia Nacional de Investigación y Desarrollo; D.: Dirección; CORFO: Corporación de Fomento de la Producción; G.: Gerencia; INAPI: Instituto Nacional de Propiedad Industrial; IPSFL: Instituciones Privadas Sin Fines de Lucro; VC: Venture Capital; I+D: Investigación y Desarrollo; EBCT: Empresas de Base Científica-Tecnológica; CFT: Centro de Formación Técnica; ITPs: Institutos Tecnológicos Públicos.

Evolución de la Institucionalidad CTCI

A lo largo de la última década, el panorama del Ecosistema de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación (CTCI) en Chile ha experimentado transformaciones significativas, marcadas por eventos clave que han influido en su estructura y dinámicas. Esta evolución se revela a través de una línea temporal que destaca hitos fundamentales, desde la formulación de políticas públicas hasta la creación de agencias gubernamentales.

- I** Institucionalidad
- P** Programa
- L** Ley

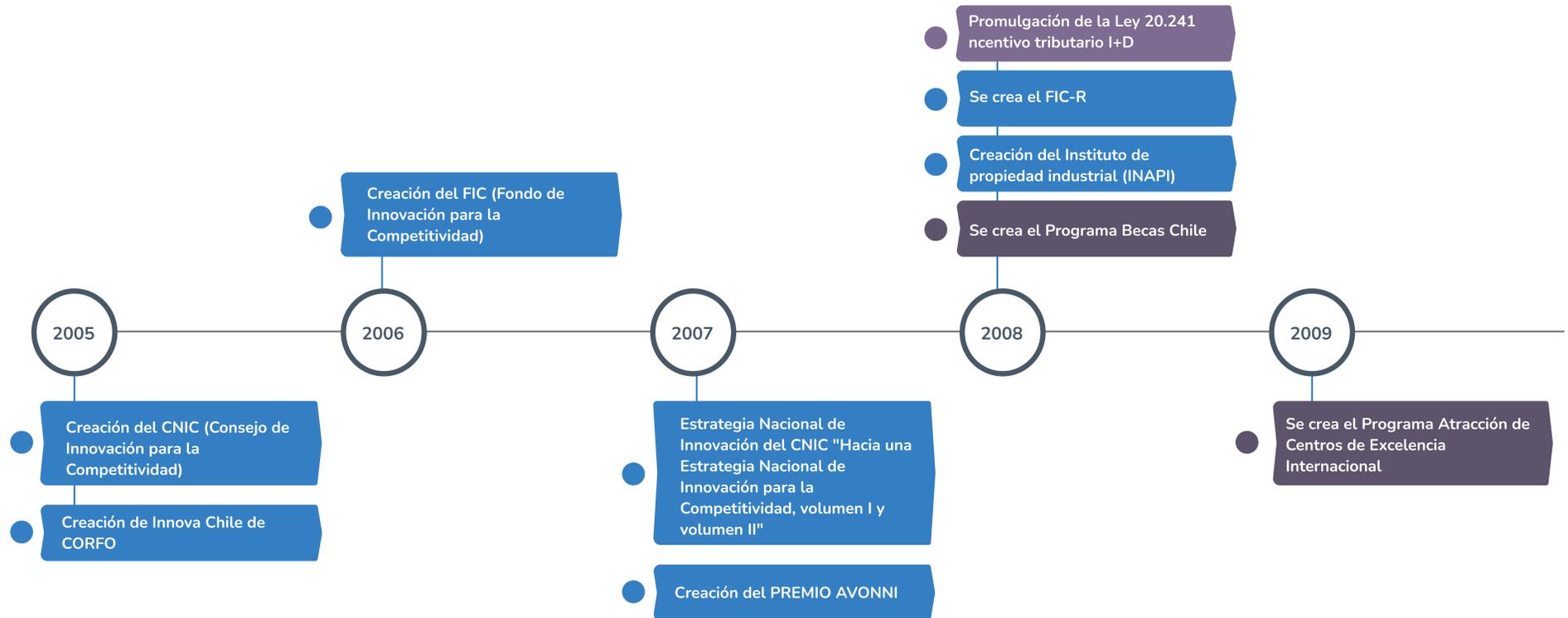


Figura 48

Fuente: Elaboración propia en base a insumos entregados por el Consejo CTCI.



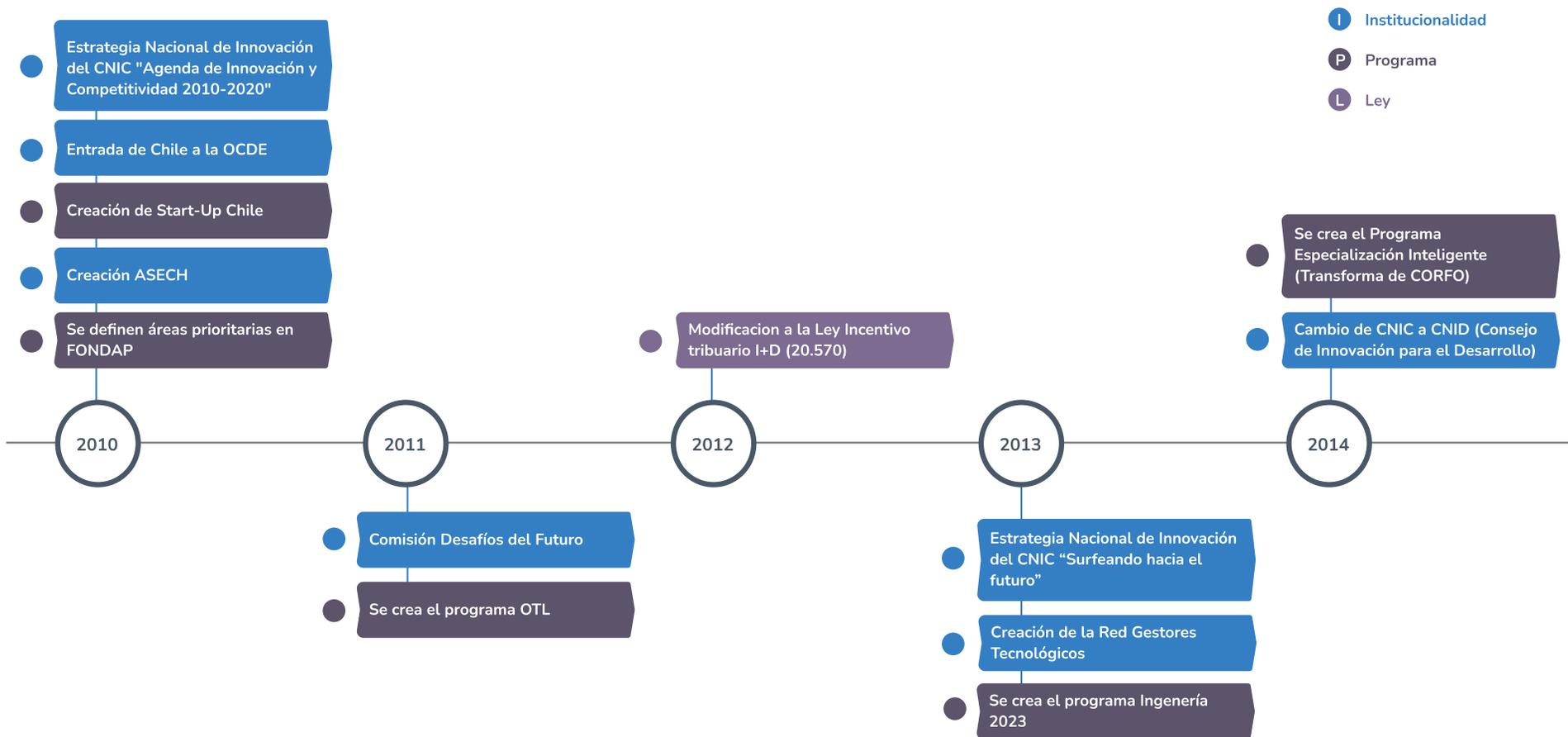


Figura 49

Fuente: Elaboración propia en base a insumos entregados por el Consejo CTCI.

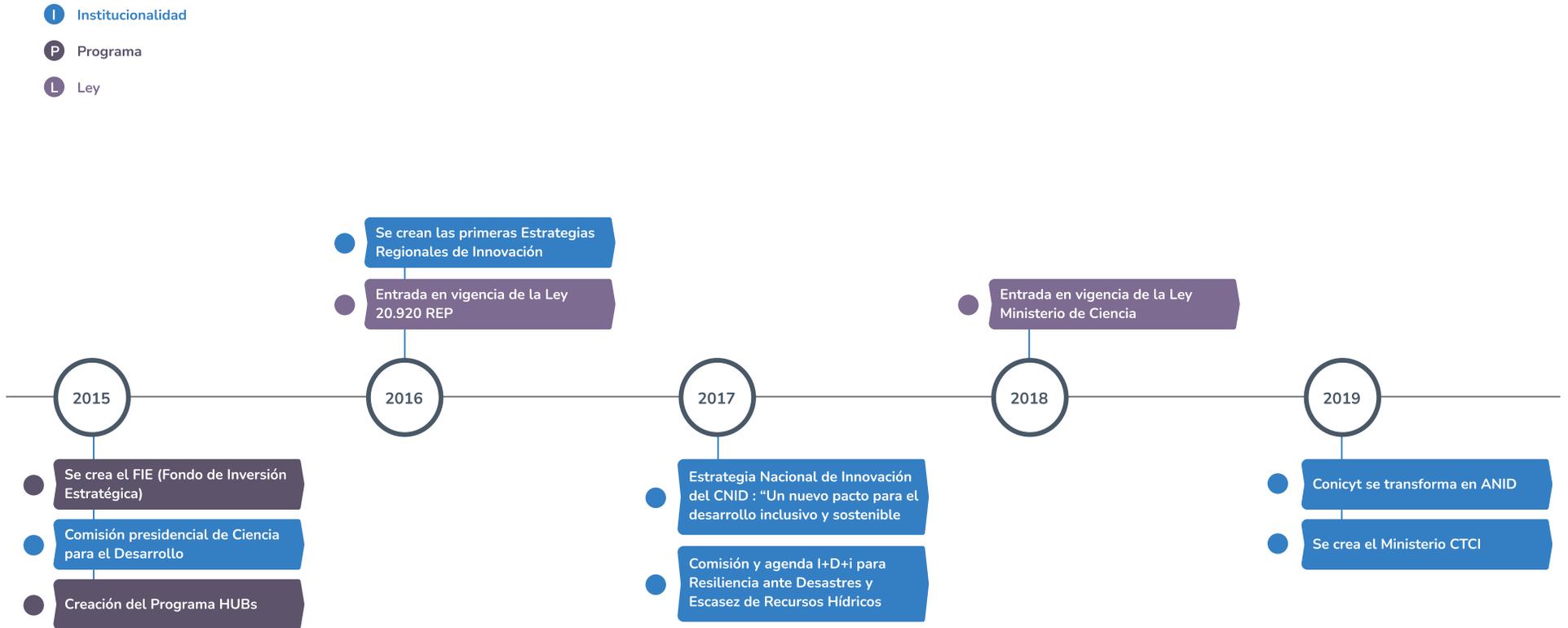


Figura 50

Fuente: Elaboración propia en base a insumos entregados por el Consejo CTCI.



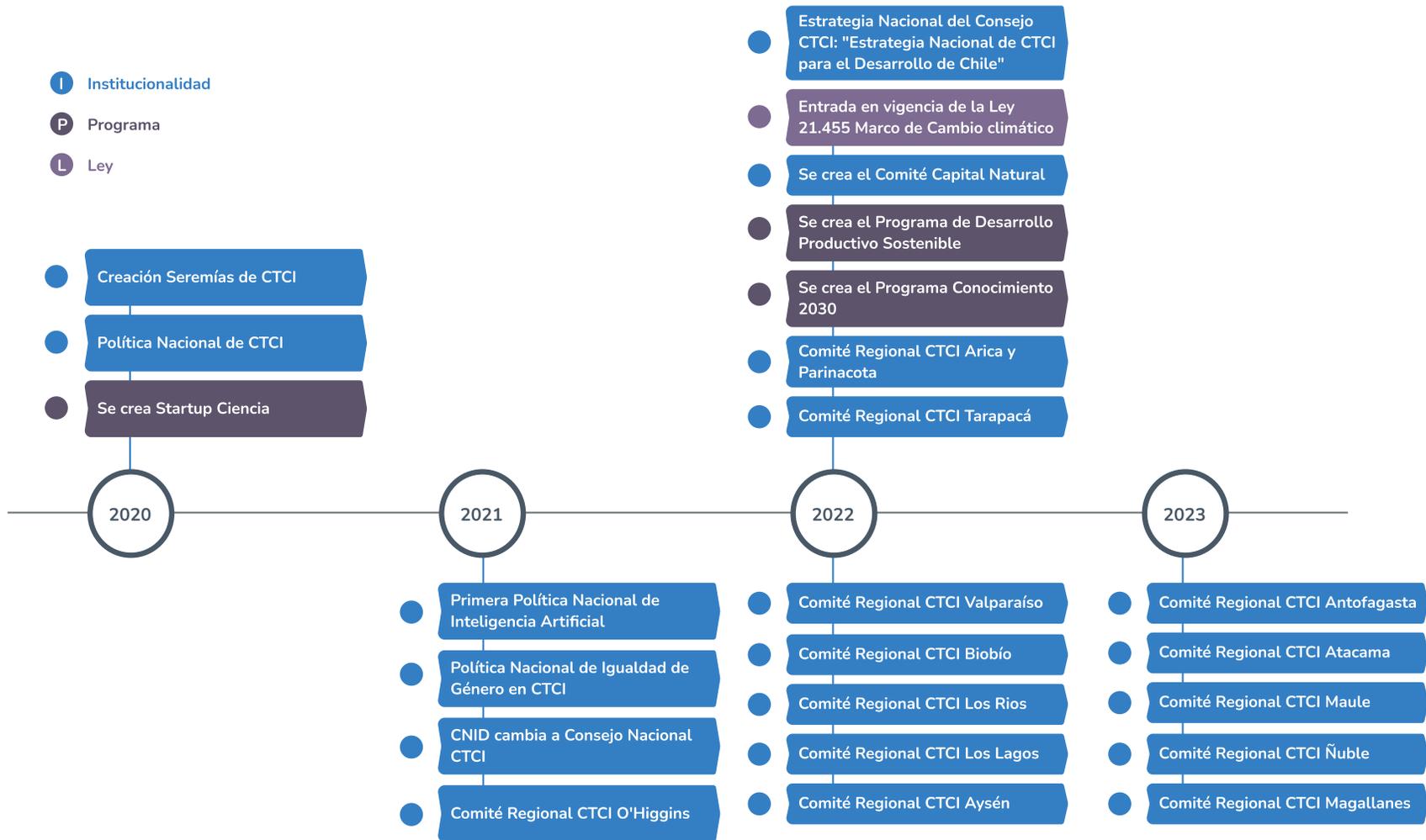


Figura 51

Fuente: Elaboración propia en base a insumos entregados por el Consejo CTCI.

Caracterización del Funcionamiento

Para comprender el funcionamiento del Ecosistema CTCI, no basta con conocer la estructura institucional y las políticas clave. Resulta interesante explorar la trayectoria que ha seguido la ejecución de la estrategia y las políticas a lo largo del tiempo y cómo se han forjado las relaciones que los diversos instrumentos buscan impulsar. Este análisis explora las fuentes de información disponibles para caracterizar el funcionamiento desde diferentes aspectos, buscando profundizar en la dinámica interna y la evolución de las interacciones que dan vida al Ecosistema, ofreciendo una visión más completa y enriquecedora.

Gasto en actividades de Investigación y Desarrollo

A nivel nacional, es posible estimar el gasto en I+D a partir de los datos recolectados por la Encuesta sobre Gasto y Personal en I+D, mandada anualmente por el Ministerio de Ciencia al Instituto Nacional de Estadísticas. Este instrumento proporciona datos cruciales para evaluar la inversión pública y privada en actividades de investigación y desarrollo, ofreciendo una visión detallada de los recursos destinados a fortalecer el Ecosistema CTCI en el país.

Los gráficos a continuación muestran el estado y la dinámica de cómo se ha desarrollado el gasto total que inyecta el estado, las instituciones de educación superior, las instituciones privadas sin fines de lucro y las empresas en I+D. En términos generales, se puede evidenciar que el gasto destinado a I+D va, en general, en aumento, pero no necesariamente así la proporción que éste representa del PIB total, evidenciándose una tendencia a la disminución.

Evolución del gasto en I+D total, en términos netos y con respecto al PIB, 2010-2020.

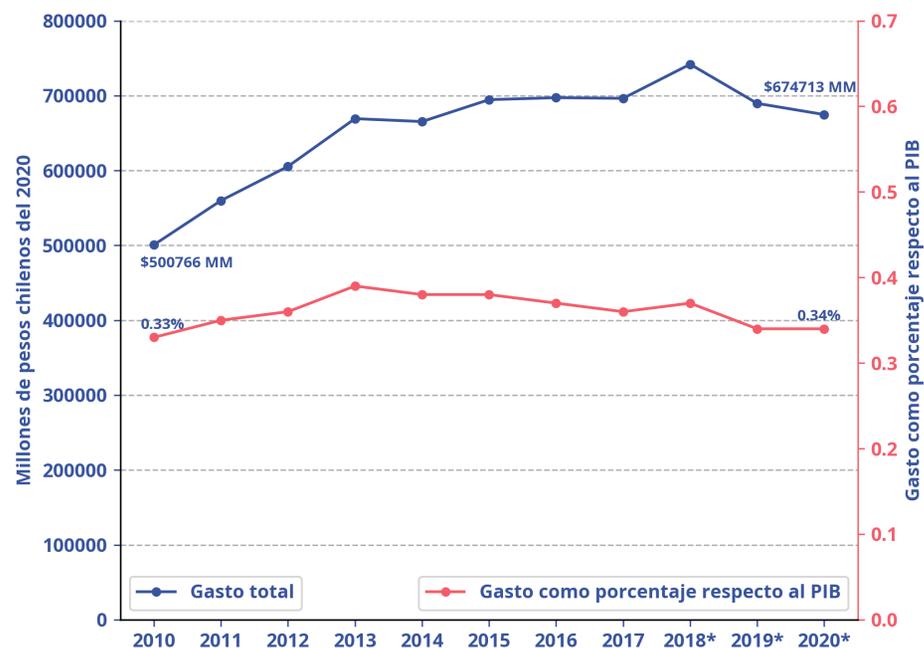


Figura 52

Fuente: Adaptado desde plataforma web *Observa*, construido originalmente en base a datos de Encuesta Sobre Gasto y Personal en I+D 2010-2021, Ministerio de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación. **Nota:** Los datos 2018, 2019 y 2020 están corregidos por no respuesta.

Comparación internacional del Gasto en I+D total con respecto al PIB, 2013 y 2020.

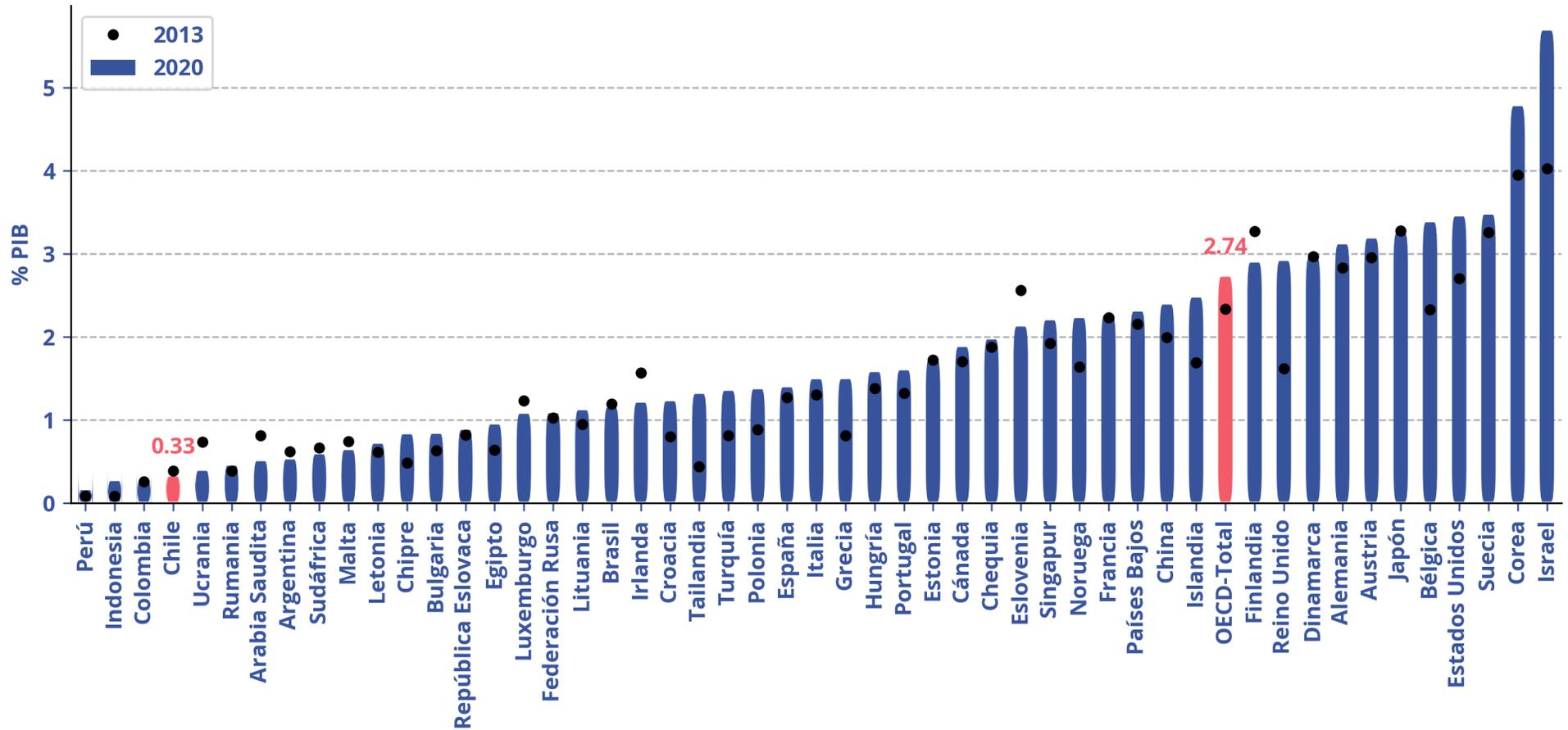


Figura 53

Fuente: Adaptado desde Main Science and Technology Indicators (MSTI), desarrollado por OCDE (2023b).



Evolución del Gasto en I+D según fuente de financiamiento, 2010-2020.

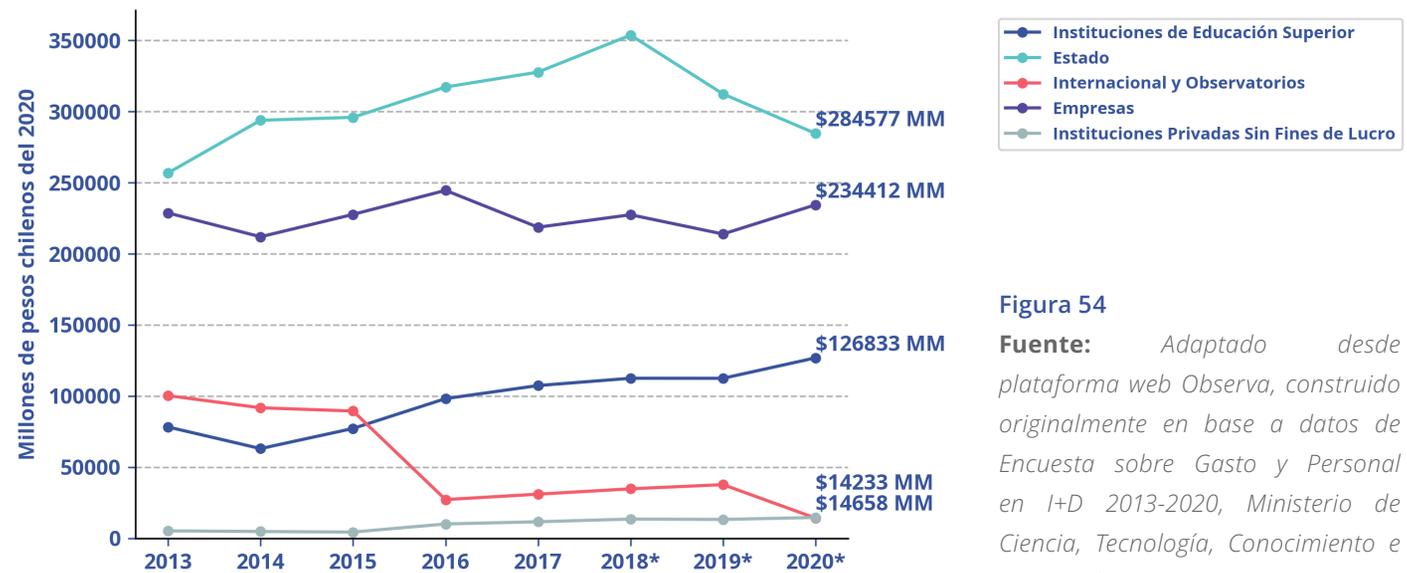


Figura 54

Fuente: Adaptado desde plataforma web Observa, construido originalmente en base a datos de Encuesta sobre Gasto y Personal en I+D 2013-2020, Ministerio de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación.

Evolución del Gasto en I+D según sector de ejecución, 2013-2020.

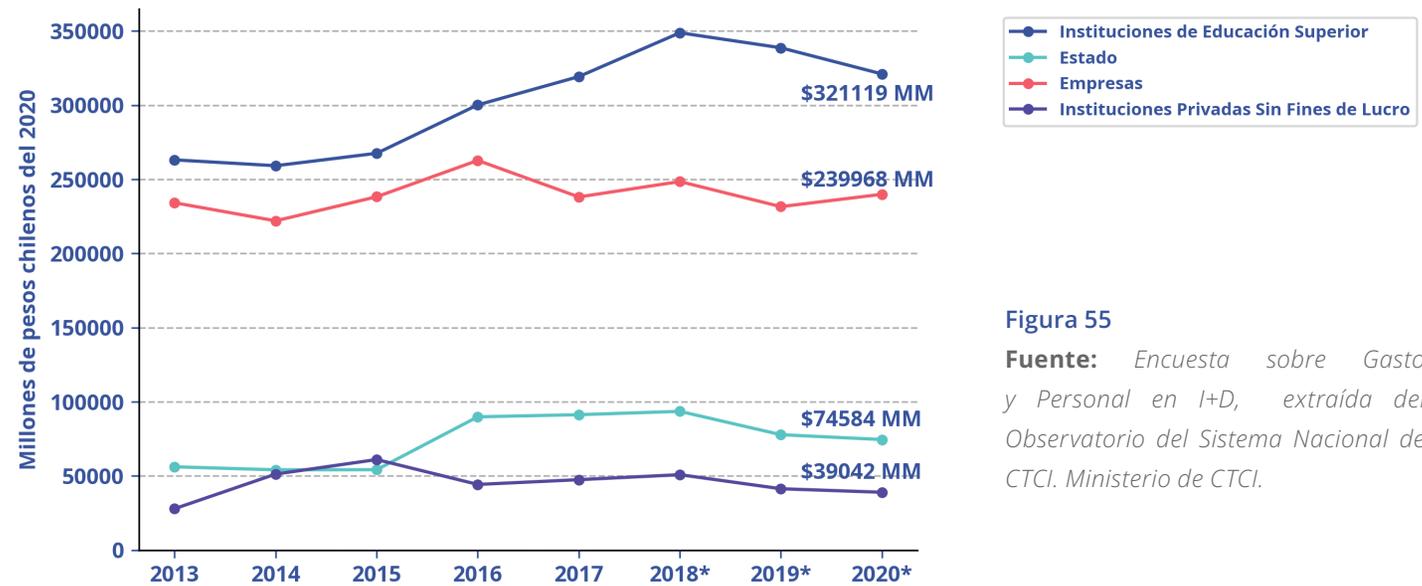


Figura 55

Fuente: Encuesta sobre Gasto y Personal en I+D, extraída del Observatorio del Sistema Nacional de CTI. Ministerio de CTI.

Evolución del Gasto en I+D por Macrozona, 2013-2017.

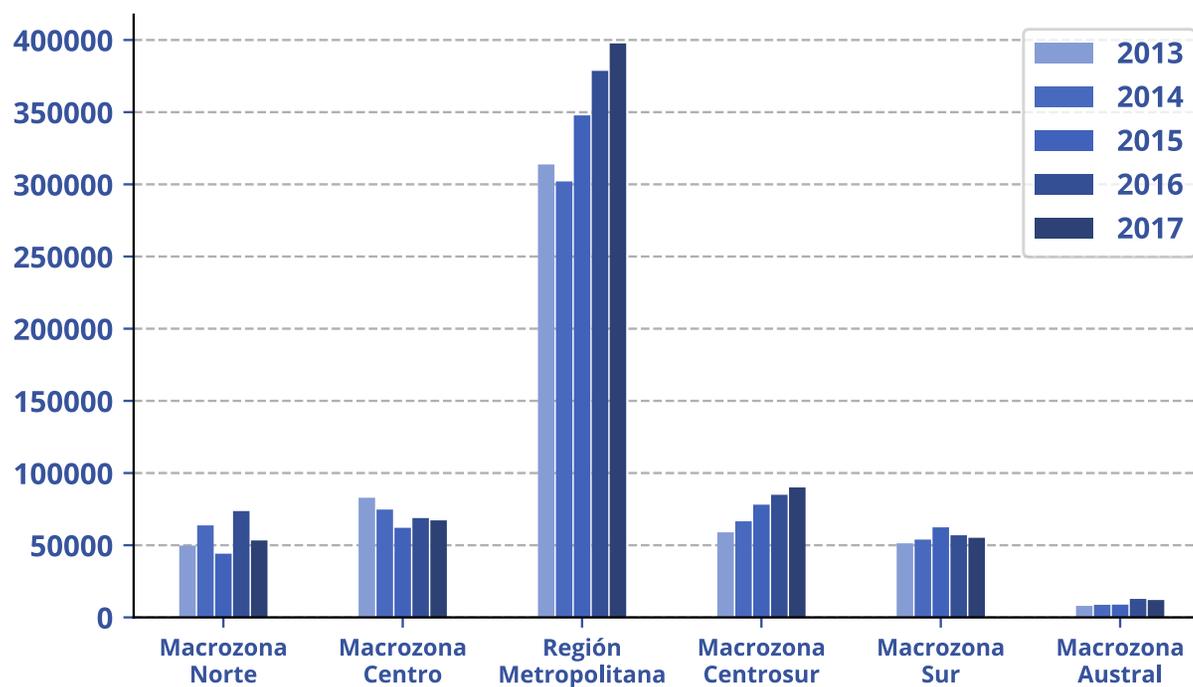


Figura 56

Fuente: Adaptado desde plataforma web Observa, construido originalmente en base a datos de Encuesta sobre Gasto y Personal en I+D 2013-2020, Ministerio de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación. **Nota:** Se considera Macrozona donde se ejecutó el gasto. No se reportan los años 2018, 2019, 2020 corregidos por no respuesta.

Evolución del Gasto en I+D según tipo de I+D, 2013-2018

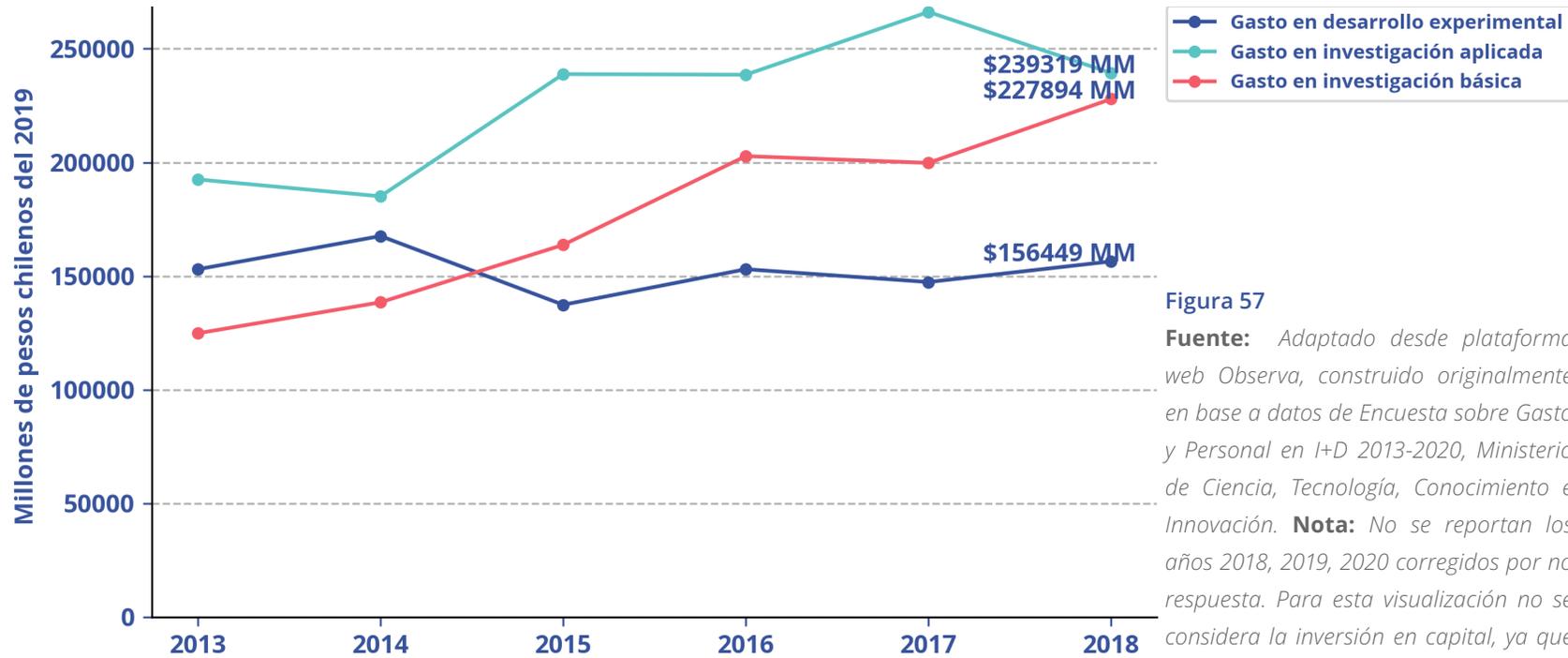


Figura 57

Fuente: Adaptado desde plataforma web *Observa*, construido originalmente en base a datos de Encuesta sobre Gasto y Personal en I+D 2013-2020, Ministerio de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación. **Nota:** No se reportan los años 2018, 2019, 2020 corregidos por no respuesta. Para esta visualización no se considera la inversión en capital, ya que no se puede desagregar por tipo de I+D.

Gasto en I+D en empresas el año 2019, por sector económico (clasificación CIU rev. 4)

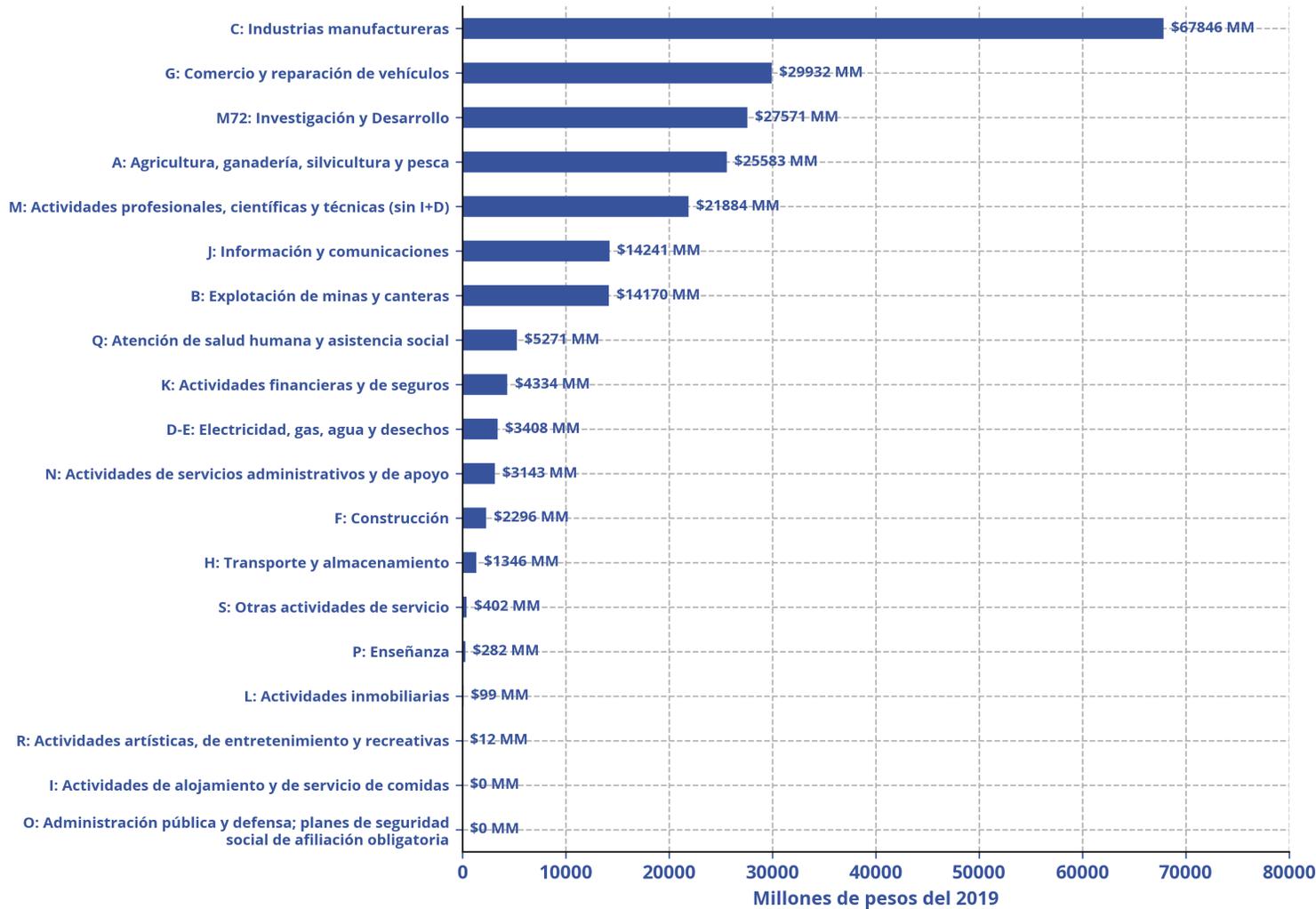


Figura 58

Fuente: Adaptado desde plataforma web Observa, construido originalmente en base a datos de Encuesta sobre Gasto y Personal en I+D 2020, Ministerio de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación.

Proporción del Gasto en I+D por fuente de financiamiento en América Latina y otros territorios, 2011-2020.

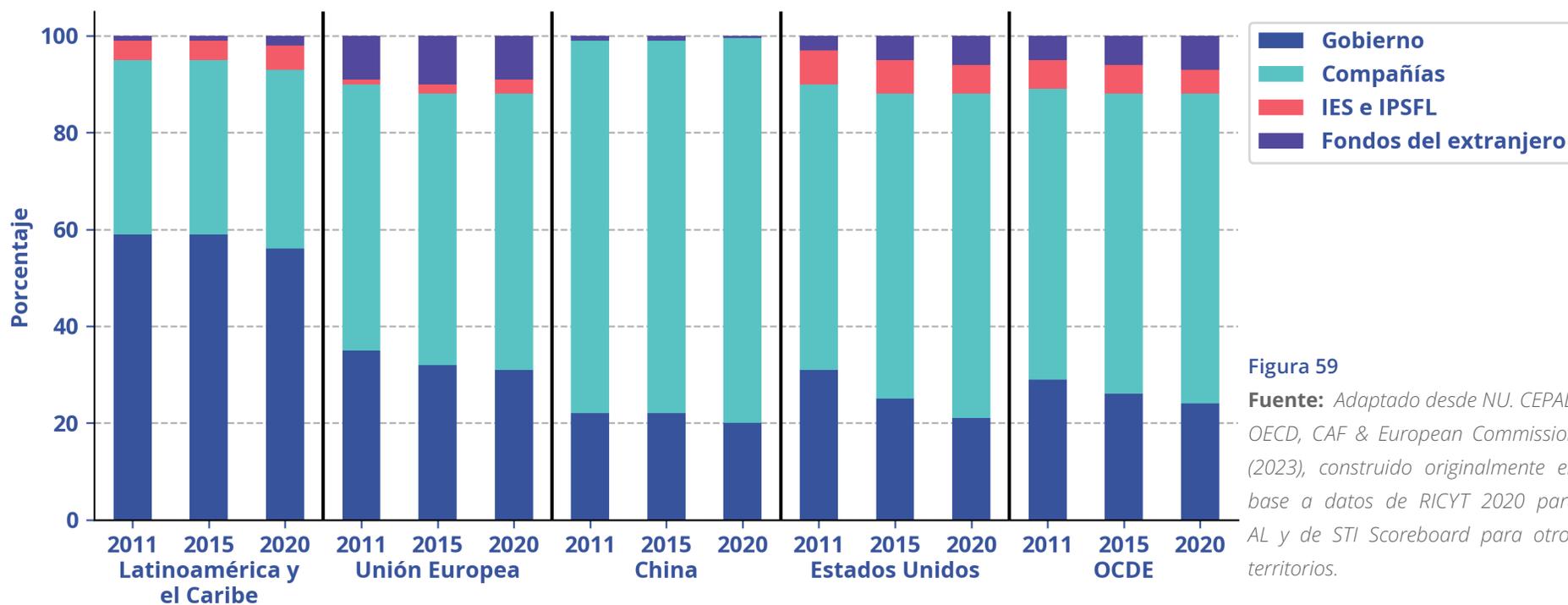


Figura 59

Fuente: Adaptado desde NU, CEPAL, OECD, CAF & European Commission (2023), construido originalmente en base a datos de RICYT 2020 para AL y de STI Scoreboard para otros territorios.

Presupuesto Público en I+D

Otro enfoque para analizar el financiamiento de la CTCI es examinar la asignación del presupuesto público en I+D. Los Créditos Presupuestarios Públicos para I+D¹ o GBARD (Government Budget Allocations For R&D) sirven como fuente de información valiosa para entender cómo se asignan los recursos públicos para impulsar la investigación y el desarrollo en diversas áreas.

Al observar la evolución del presupuesto público, hasta el año 2021 se observa un aumento en los créditos presupuestarios públicos para I+D; sin embargo, al analizar la evolución con respecto al PIB se observa como esta cifra disminuye de forma sostenida y considerable desde el año 2016 en adelante. La comparación internacional no es más alentadora, posicionando a Chile dentro de los tres países OCDE que destinan menor presupuesto a I+D.

1 En un proyecto donde participó la Universidad de Chile, la Universidad de Concepción y el Instituto Milenio Fundamento de los Datos (IMFD), según nuestra definición, habrían tres relaciones: 1) Universidad de Chile con Universidad de Concepción, 2) Universidad de Chile con IMFD, 3) Universidad de Concepción con IMFD

Evolución del Presupuesto Público en I+D, 2013-2021. Evolución anual del monto GBARD (MM\$ corrientes) y respecto al PIB

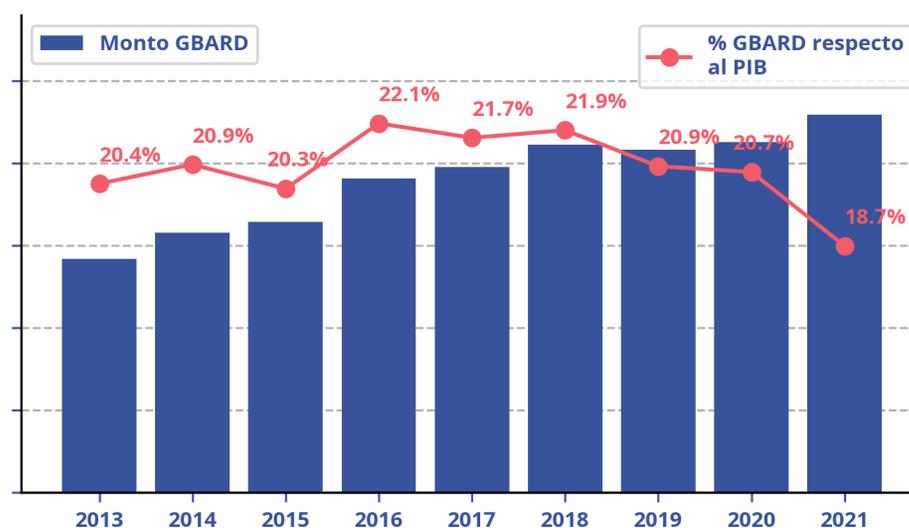


Figura 60

Fuente: Adaptado desde plataforma web Observa, construido originalmente en base a datos de GBARD: Créditos Presupuestarios Públicos para Investigación y Desarrollo (I+D) 2016-2017 a 2020-2021, Ministerio de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación.

Comparación Internacional del Presupuesto Público I+D con respecto al PIB, 2013 y 2021.

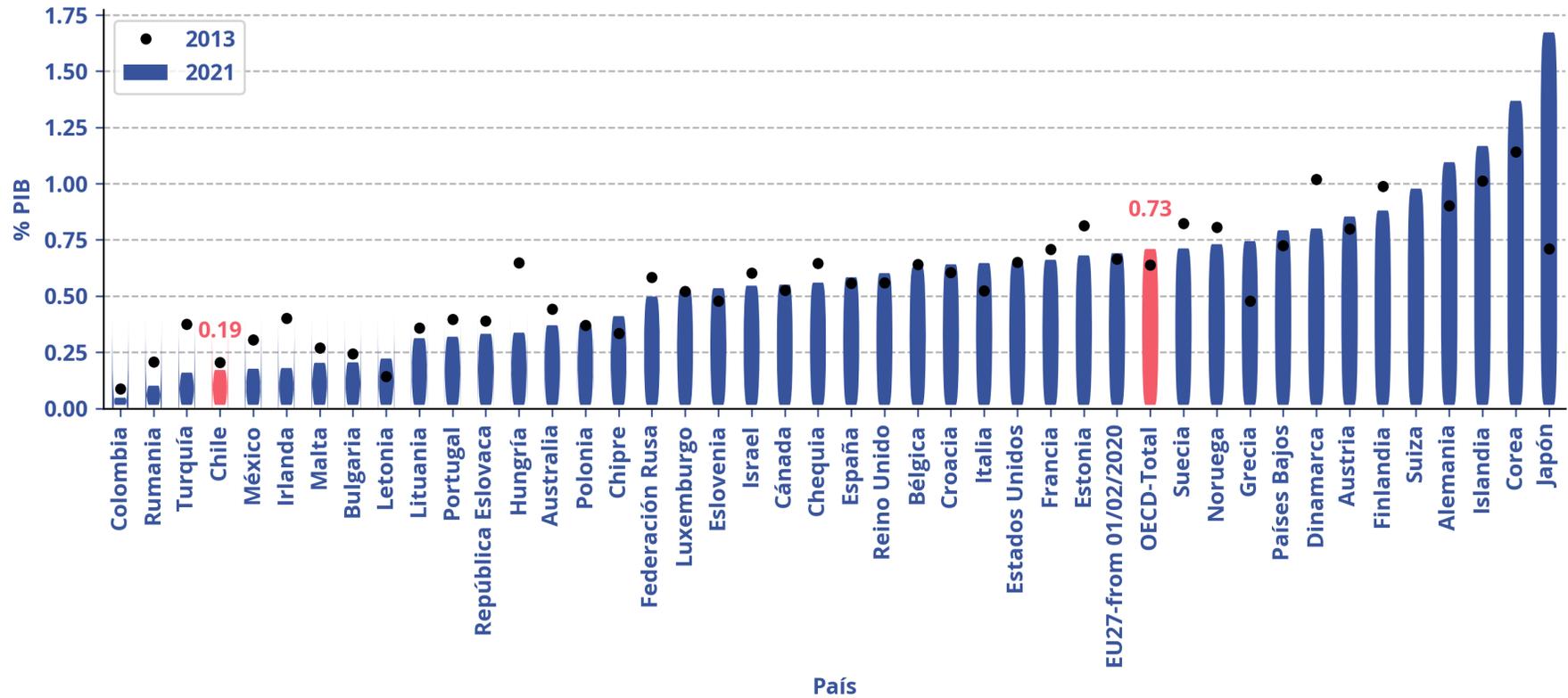


Figura 61

Fuente: Adaptado desde Main Science and Technology Indicators (MSTI), desarrollado por OCDE (2023b).



El presupuesto dedicado a I+D se distribuye entre diferentes instituciones estatales, siendo hasta el año 2019 el Ministerio de Educación el ministerio que recibía el mayor porcentaje del financiamiento; esta situación cambió el 2020 con la creación del Ministerio de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación. Se destaca, además, el segundo lugar ocupado por el Ministerio de Economía.

Al analizar la distribución según objetivos socioeconómicos, se constata un aumento porcentual del presupuesto destinado al avance general del conocimiento, alcanzando en el año 2021 un 60% en esta categoría. A nivel de evolución, se observa una tendencia al alza en este objetivo socioeconómico, en desmedro de otros objetivos con orientaciones específicas.

Evolución del Presupuesto Público en I+D según Ministerio, 2016-2021.

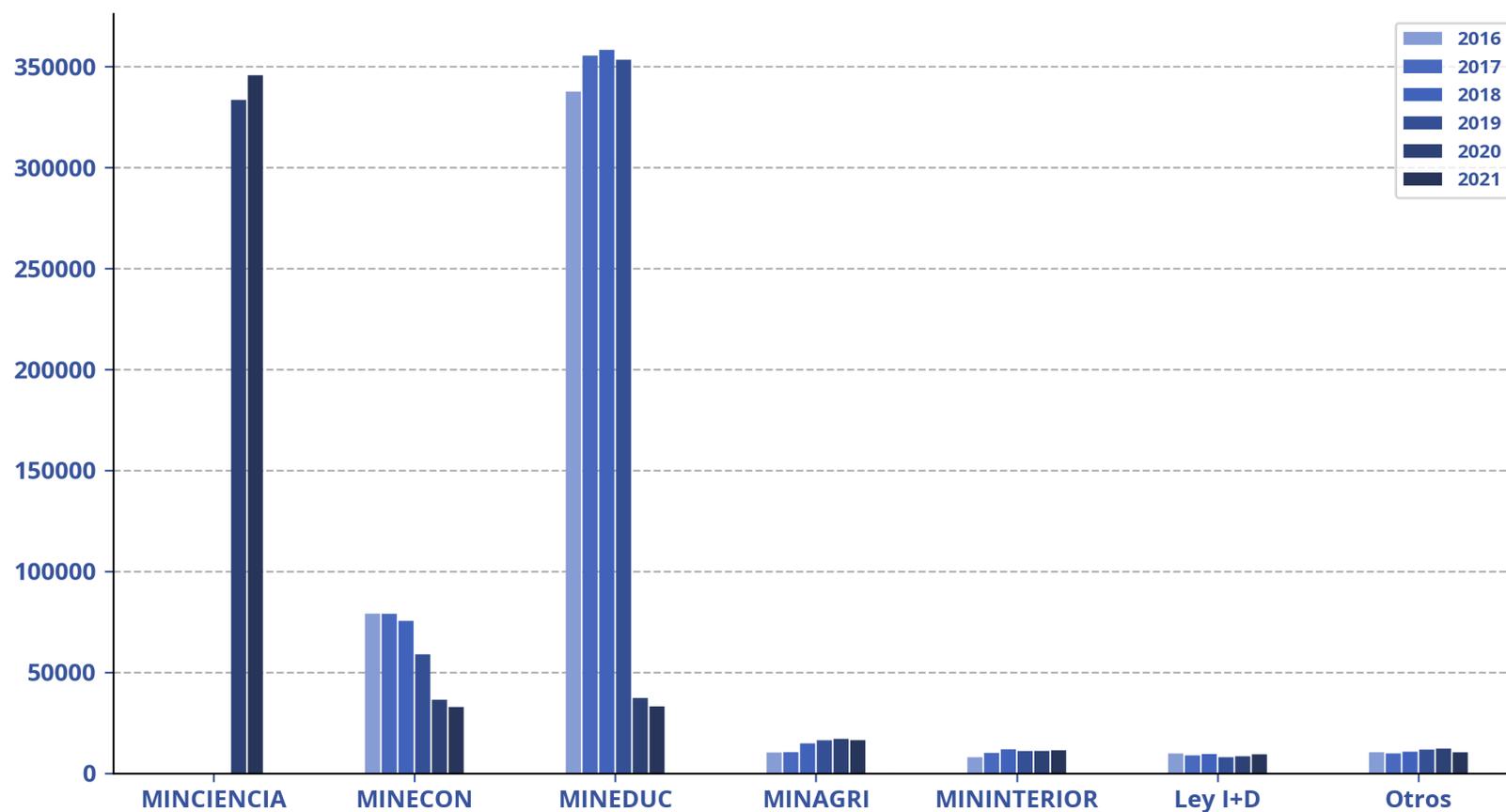


Figura 62

Distribución de GBARD (M\$ del 2021) por institución, años 2016 a 2021.

Fuente: Adaptado desde Ministerio de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación (2023b).

Nota: La disminución en Mineduc en el año 2020 se debe a la creación del Ministerio de Ciencia.

Evolución del Presupuesto Público en I+D según Objetivo Socioeconómico (OSE), 2013-2021.

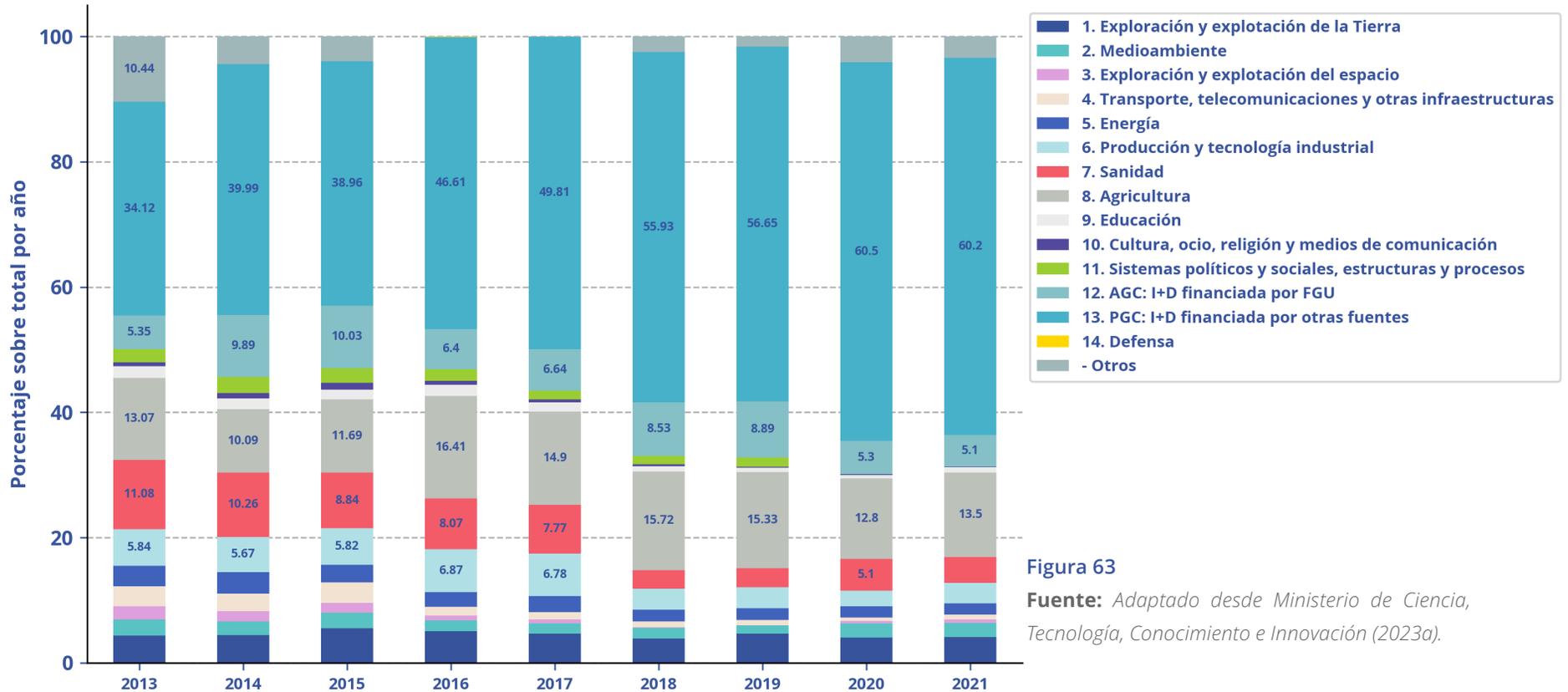


Figura 63

Fuente: Adaptado desde Ministerio de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación (2023a).



Instrumentos de Apoyo Público a la CTCI

En el contexto del financiamiento público destinado a la CTCI, es crucial reconocer que gran parte de estos recursos son otorgados a través de concursos a distintos actores del Ecosistema.

A partir de la información disponible, es posible analizar los instrumentos de apoyo público en el ámbito de la Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación en Chile, clasificándolos según distintas dimensiones sistémicas (ver Anexo 2). Desde el impulso al capital humano hasta el fomento de la investigación asociativa y aplicada, se abordan siete categorías fundamentales. Cada dimensión refleja un enfoque específico en la promoción de la CTCI en el país.

Cantidad de instrumentos por dimensión sistémica, vigentes al 2023

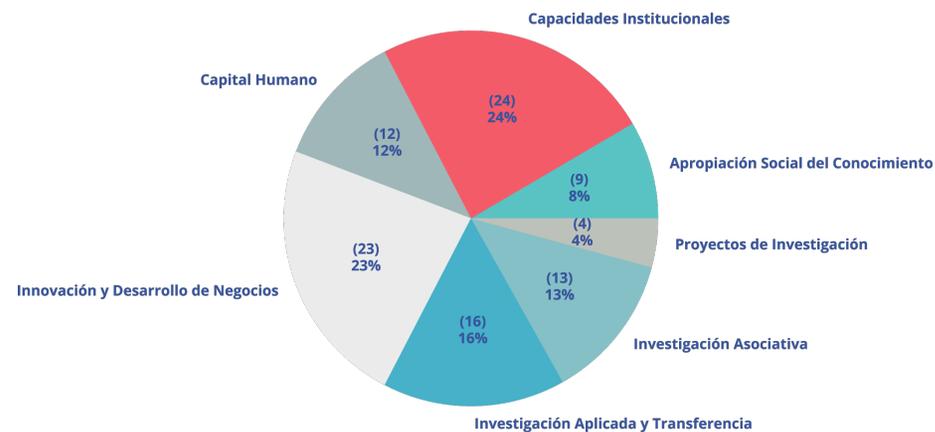


Figura 64

Fuente: Elaboración propia en base a datos de plataforma web Observa, otorgados por el Ministerio de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación (info. validada por las Agencias implementadoras, la cual menciona solo instrumentos vigentes hasta el año 2021).

También es posible analizar la distribución de los recursos financieros ejecutados por los diferentes instrumentos de apoyo público. Esto proporciona una visión específica sobre cómo se asignan los fondos dentro del Ecosistema CTCI. Solo se pudieron obtener estas cifras considerando los instrumentos vigentes hasta 2021, por medio de la plataforma web Observa.

Porcentaje de los recursos ejecutados por instrumento, vigentes al 2021

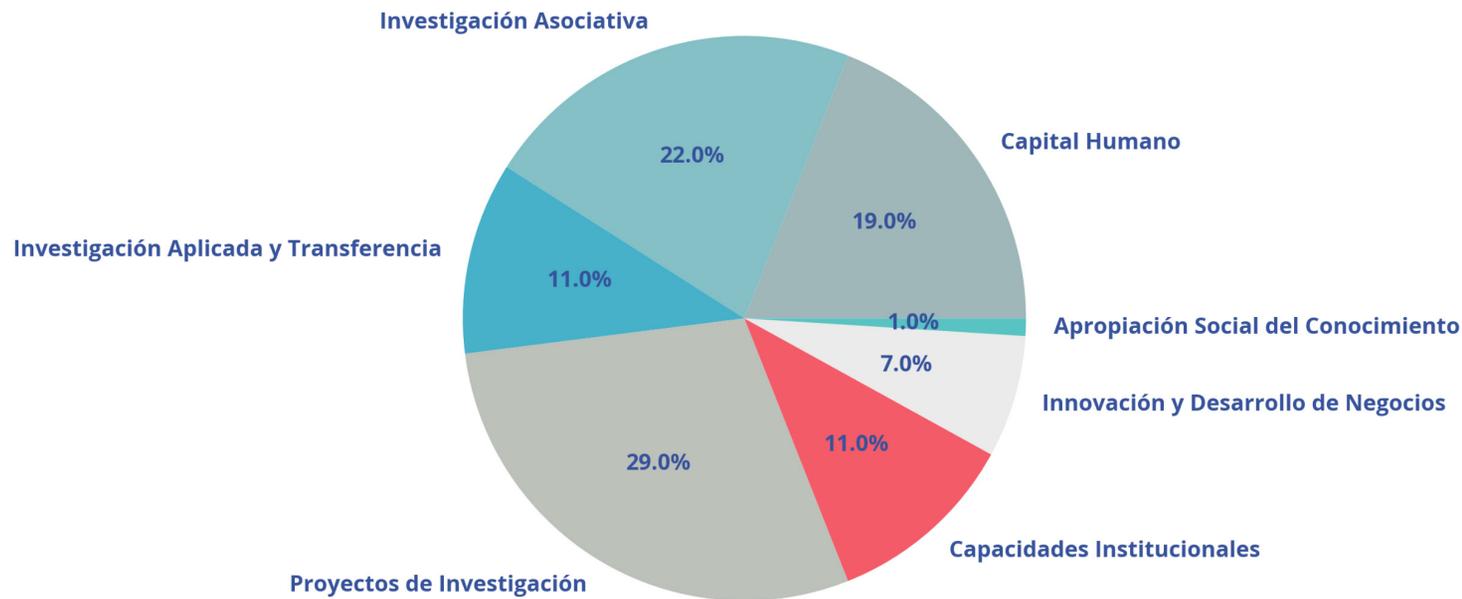


Figura 65

Fuente: Elaboración propia en base a datos de plataforma web Observa, otorgados por el Ministerio de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación (info. validada por las Agencias implementadoras, la cual menciona solo instrumentos vigentes hasta el año 2021).

Al analizar los instrumentos clasificados según si incentivan la oferta o la demanda en el ámbito de la investigación, el desarrollo y la innovación, se observa que un 97% equivalen a instrumentos de incentivo a la oferta. De acuerdo con la literatura, se reconoce que los instrumentos de política de oferta son aquellos que se orientan en estimular la investigación, innovación, el desarrollo de nuevas tecnologías y productos, ya sea directamente a través de subsidios o indirectamente a través de deducción de impuestos o promoviendo la colaboración entre la academia y la industria. Por otra parte, los instrumentos de demanda se definen como un conjunto de medidas públicas para aumentar la demanda pública y privada de innovaciones, fortalecer las condiciones para la adopción de innovaciones y mejorar la articulación de la demanda con el fin de estimular las innovaciones y su difusión (Edler y Georghiou, 2007).

Ejemplos de instrumentos que incentivan la oferta son el Programa Becas Chile de la ANID o el Programa Innova Región de Corfo, el cual estimula vía subsidios a que más empresas en regiones específicas realicen innovación empresarial. Por otro lado, los instrumentos que incentivan la demanda son el Programa de Compra Pública Innovadora, el Premio Nacional de Innovación y el Programa de Promoción de la Propiedad Intelectual. Existen otros instrumentos que si bien no están destinados a este objetivo en específico proveen incentivos para la innovación, un ejemplo de ellos es la regulación medioambiental (ej: Ley de Responsabilidad Extendida del Productor (REP) (Ley 20920)) o en materia de alimentos saludables (Ley de etiquetado de alimentos (Ley 20606)).

Distribución de instrumentos según si incentivan la oferta o la demanda en I+D+i, vigentes al 2023

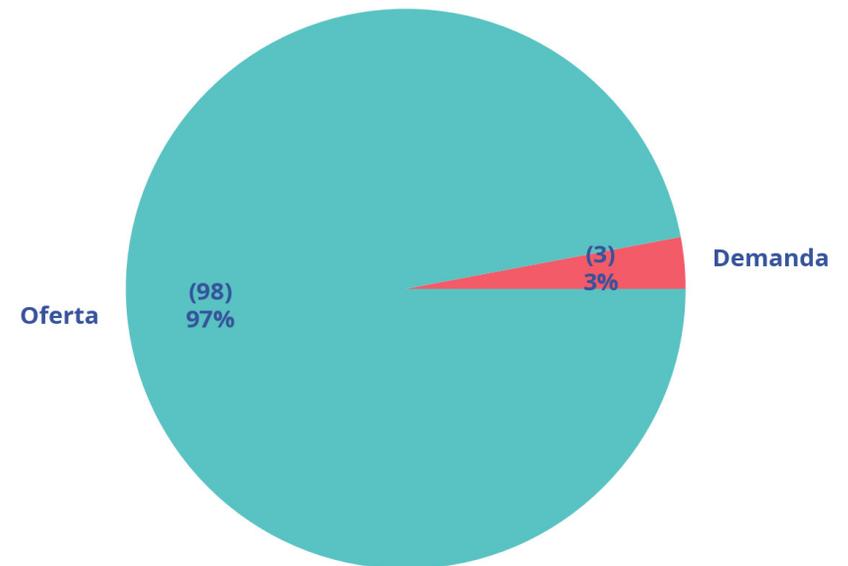


Figura 66

Fuente: Elaboración propia, en base a datos de plataforma web Observa, otorgados por el Ministerio de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación (info. validada por las Agencias implementadoras, la cual menciona solo instrumentos vigentes hasta el año 2021), y en base a datos de los proyectos adjudicados de ANID y Data Innovación al año 2023.

Otro tipo de clasificación relevante que da cuenta del policy mix de la política pública es la categorización de acuerdo a si son instrumentos económicos y financieros, instrumentos blandos e instrumentos regulatorios (Borrás & Edquist, 2013). El primero se refiere a instrumentos que se basan en incentivos positivos pecuniarios para fomentar ciertas actividades (o en desincentivo para desalentar otras), tipo subsidio, incentivos tributarios, fondos basales a organizaciones, entre otras. Los instrumentos blandos se reconocen como aquellos que no están sujetos a medidas obligatorias, sanciones ni incentivos directos por parte del gobierno o sus agencias públicas. Ejemplo incluyen campañas, códigos de conducta, recomendaciones, acuerdos voluntarios, relaciones contractuales y asociaciones públicas y privadas. Por último, los instrumentos regulatorios en el contexto de innovación se refieren a herramientas legales empleadas por el gobierno para definir las condiciones del mercado relacionadas con productos y procesos innovadores.

Al implementar esta clasificación en los instrumentos de política pública CTCI en Chile, se aprecia que el 93% corresponde a Transferencia Económica, mientras que solo el 7% se asigna a instrumentos “Blandos” o Regulatorios. Estos corresponden al Consorcio para la Información Científica Electrónica (CINCEL), el programa Tiempo de Observación Telescopio, los programas regionales STIC-AmSud, MATH-AmSud y CLIMAT-AmSud, el programa Compra Pública Innovadora, la promoción de la propiedad intelectual y el Premio Nacional de Innovación. Esto va en línea con la historia de las políticas de innovación a nivel mundial, donde las transferencias económicas han sido tradicionalmente los instrumentos más utilizados.

Distribución de instrumentos según tipo de Instrumentos de Política Pública, vigentes al 2023

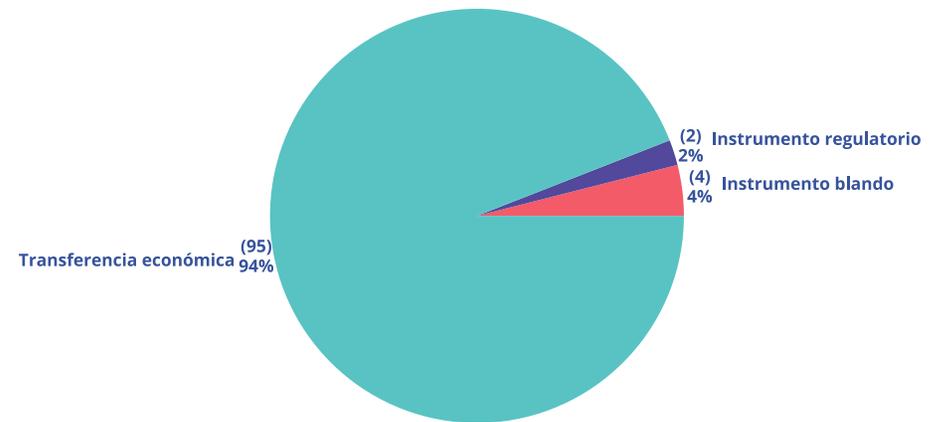


Figura 67

Fuente: Elaboración propia, en base a datos de plataforma web Observa, otorgados por el Ministerio de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación (info. validada por las Agencias implementadoras, la cual menciona solo instrumentos vigentes hasta el año 2021), y en base a datos de los proyectos adjudicados de ANID y plataforma web Data Innovación al año 2023. Nota: Transferencia Económica: Instrumentos que se basan en incentivos positivos pecuniarios para fomentar ciertas actividades (o en desincentivo para desalentar otras), tipo subsidio, incentivos tributarios, fondos basales a organizaciones, entre otras; Instrumentos blandos: Instrumentos que no están sujetos a medidas obligatorias, sanciones ni incentivos directos por parte del gobierno o sus agencias públicas; Instrumentos Regulatorios: Herramientas legales empleadas por el gobierno para definir las condiciones del mercado relacionadas con productos y procesos innovadores.

Uno de los instrumentos de política económica y financiera es la Ley de Incentivo Tributario a la I+D (Ley I+D), la cual ofrece beneficios tributarios a aquellas empresas que llevan a cabo actividades de investigación y desarrollo. A través de este marco normativo, se busca incentivar la inversión privada en proyectos innovadores, contribuyendo así al avance tecnológico y científico del país. Según los datos recopilados por Data Innovación, desde el año 2012, un total de 1153 proyectos se han beneficiado de esta legislación.

Al comparar internacionalmente se observa que, tomando en cuenta tanto la inversión por medio de financiamiento directo I+D como del indirecto a través del incentivo tributario, Chile se ubica en los últimos lugares. Es importante observar el rol que el financiamiento indirecto juega en países con mayor inversión en I+D desde las empresas.

Evolución de cantidad de empresas ejecutando proyectos bajo la Ley I+D y montos certificados, 2013-2021

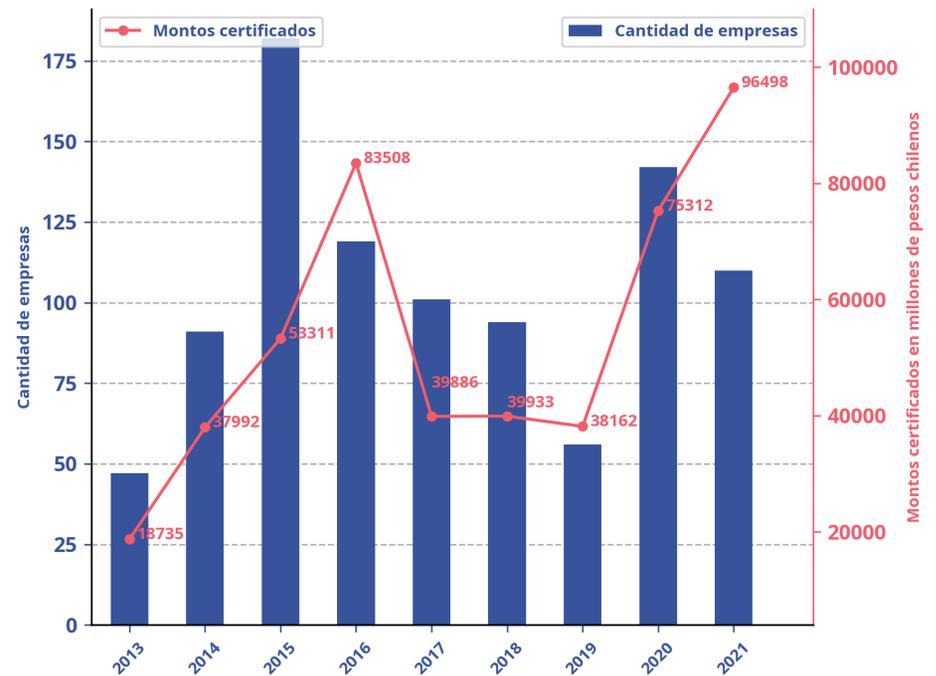


Figura 68

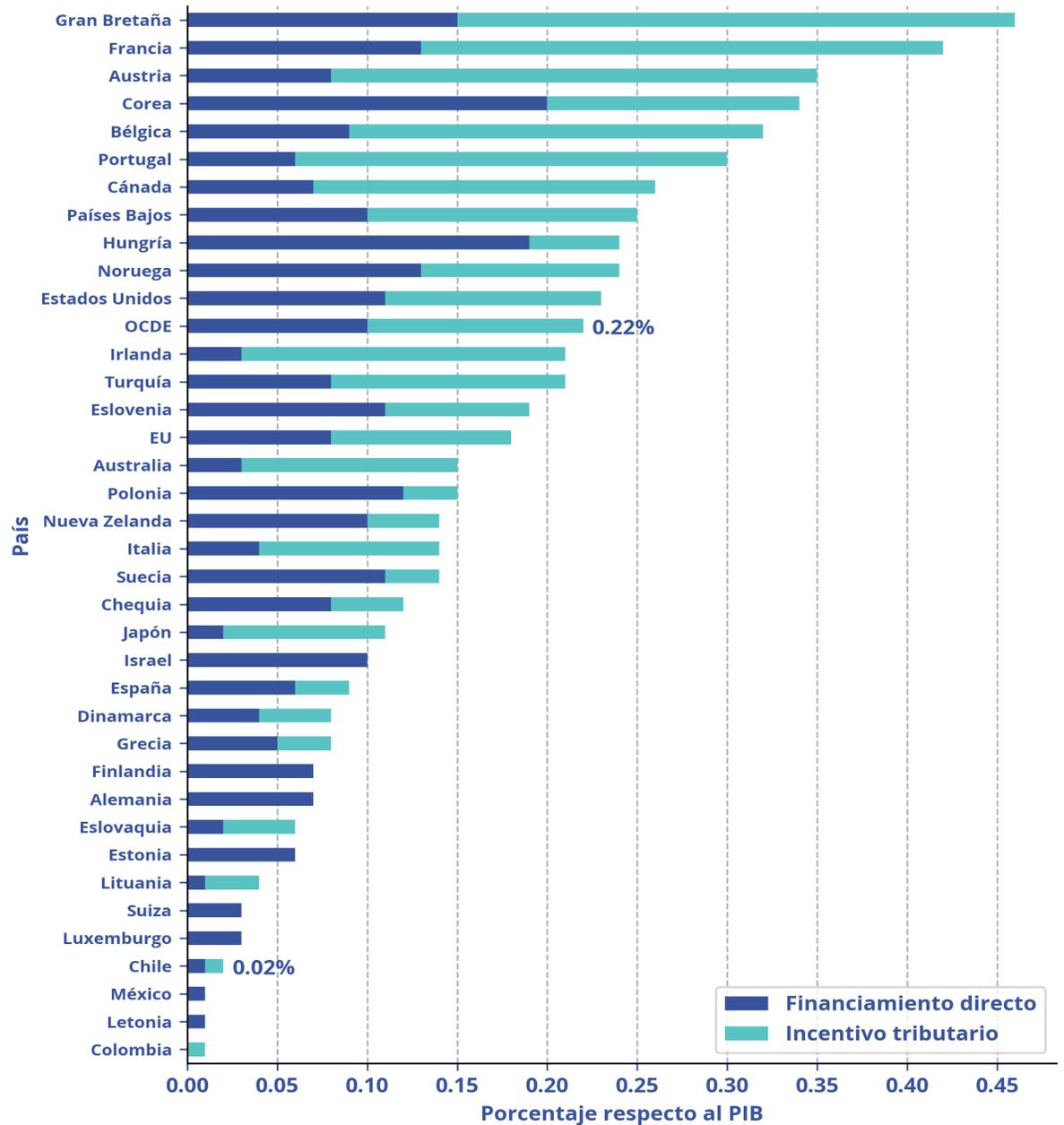
Fuente: Elaboración propia en base a datos de plataforma web Data Innovación de CORFO. Nota: No se incluye año 2022 por ausencia de dato de cantidad de empresas.



Comparación internacional del financiamiento público I+D diferenciado según incentivo

Figura 69

Fuente: Adaptado desde plataforma web de innovación de OECD, construido originalmente en base a datos de R&D Tax Credit Database de OCDE.



Beneficiarios del Apoyo Público a la I+D+i

El Estado contribuye entregando financiamiento público para estimular la Investigación, el Desarrollo y la Innovación (I+D+i). Estos aportes se dividen en programas de financiamiento concursables y fondos destinados a proporcionar los beneficios tributarios establecidos por la Ley I+D.

Evolución de la cantidad de proyectos beneficiarios de ANID por región de ejecución

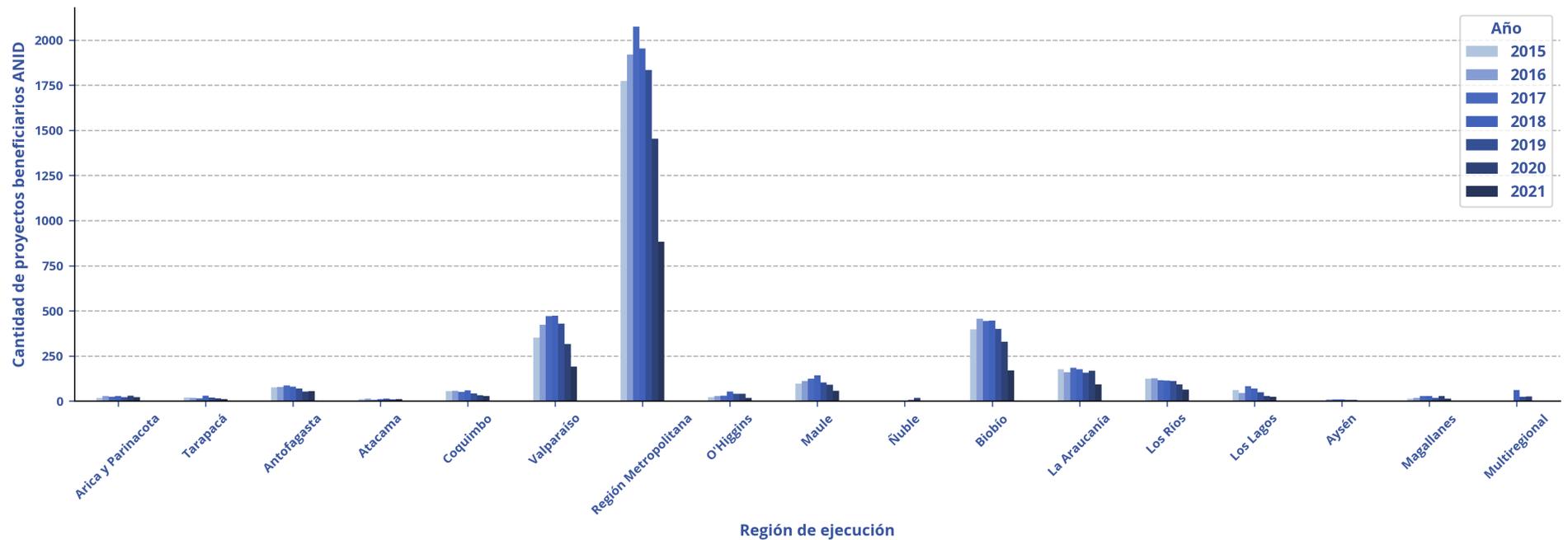


Figura 70

Fuente: Elaboración propia en base a datos administrativos de la Subsecretaría CTCl, datos administrativos de ANID y reportes anuales de monitoreo de CORFO y FIA.

Evolución del tipo de beneficiarios según agencia o programa

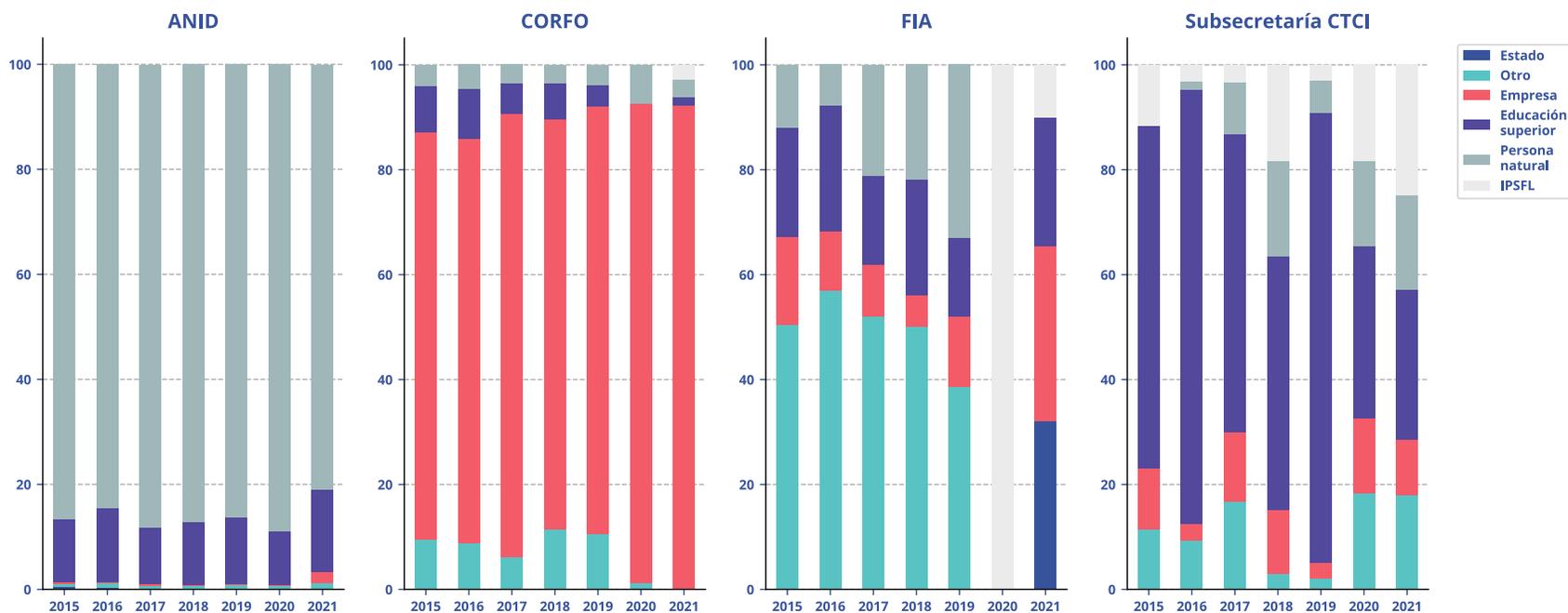


Figura 71

Fuente: Elaboración propia en base a datos administrativos de la Subsecretaría CTCI, datos administrativos de ANID y reportes anuales de monitoreo de CORFO y FIA.

Comparación de las empresas que usan financiamiento público para innovar en períodos 2017-2018 y 2019-2020

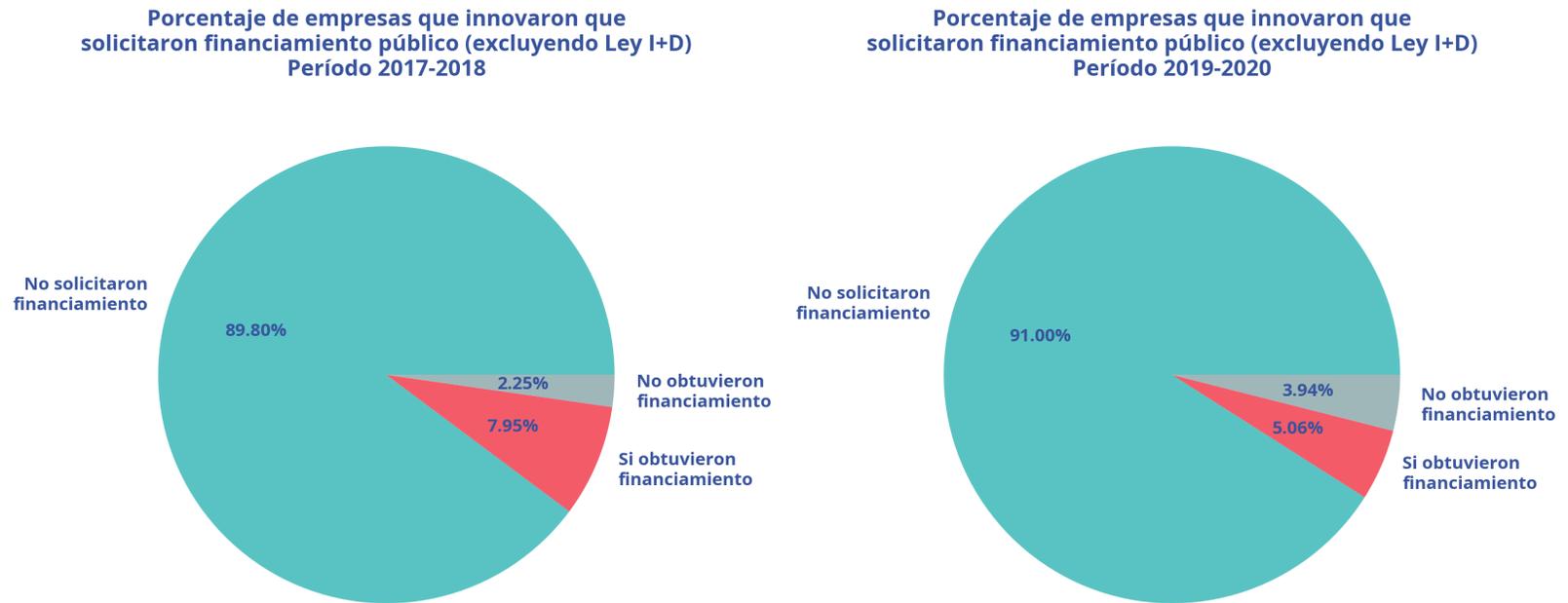


Figura 72

Fuente: Adaptado desde plataforma web Observa, originalmente en base a datos de Encuesta Nacional de Innovación 2017-2018 y 2019-2020, Ministerio de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación.

Evolución de las empresas que hacen I+D que usan el incentivo tributario en periodos 2017-2018 y 2019-2020

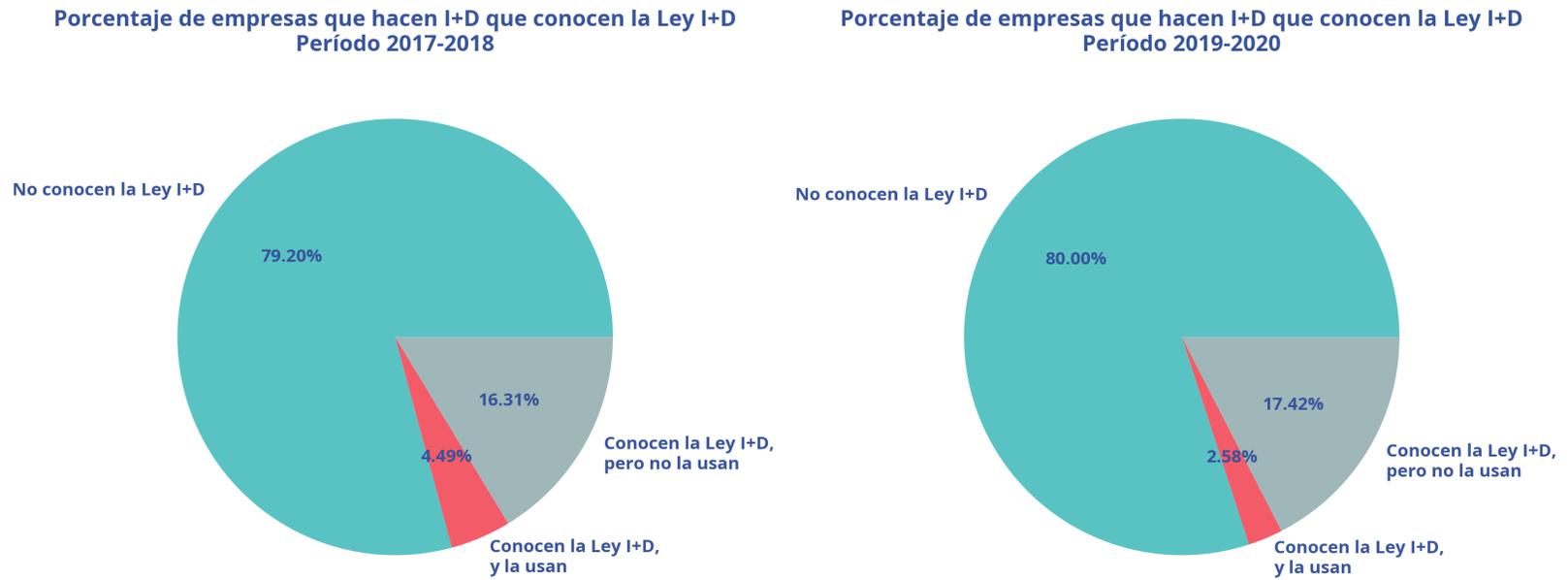


Figura 73

Fuente: Adaptado desde plataforma web Observa, originalmente en base a datos de Encuesta Nacional de Innovación 2017-2018 y 2019-2020, Ministerio de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación.

Infraestructura Habilitante

Cantidad de equipos FONDEQUIP instalados por región, 2023

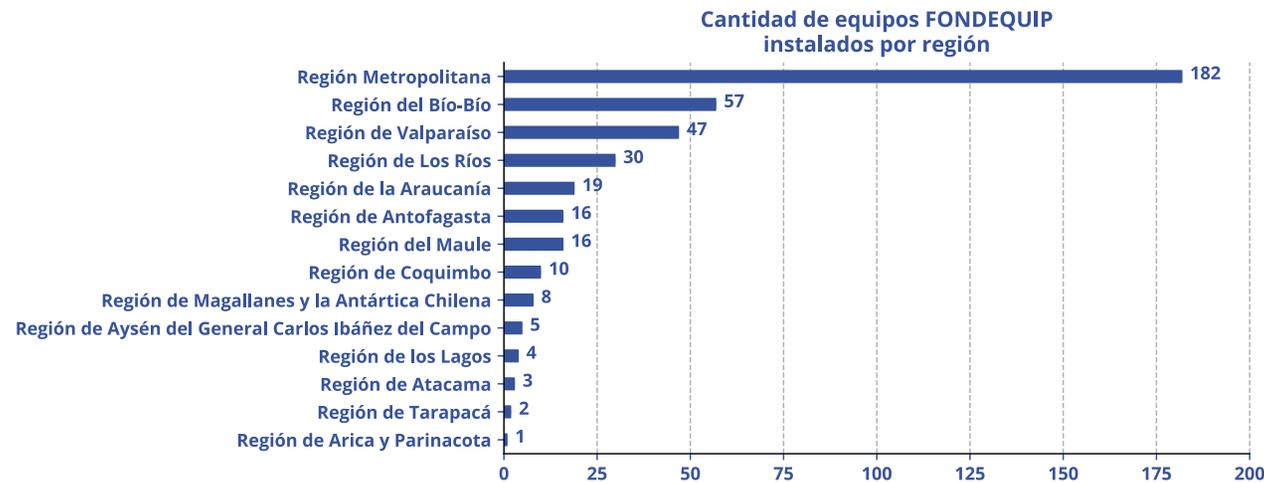


Figura 74

Fuente: Elaboración propia en base a datos de plataforma web Buscador de equipos, Agencia Nacional de Investigación y Desarrollo, Servicios Conicyt. **Nota:** La plataforma web solo cuenta con la información de equipos actualizada, es decir, para el año 2023.

El Programa de Equipamiento Científico y Tecnológico (Fondequip) se estableció en CONICYT el año 2011 como parte de las 50 medidas de la Agenda de Impulso Competitivo, un programa gubernamental destinado a eliminar obstáculos que limitaban el desarrollo de la capacidad emprendedora en Chile. Fondequip proporciona financiamiento a través de concursos para la adquisición, actualización y acceso a equipamiento científico y tecnológico de mediano y gran tamaño para actividades de investigación. Según datos del último año disponible, aproximadamente el 98% de estos fondos se asignaron a universidades, destacando su contribución a fortalecer la infraestructura de investigación en el ámbito académico.

Distribución de las instituciones que recibieron equipamiento FONDEQUIP, 2023

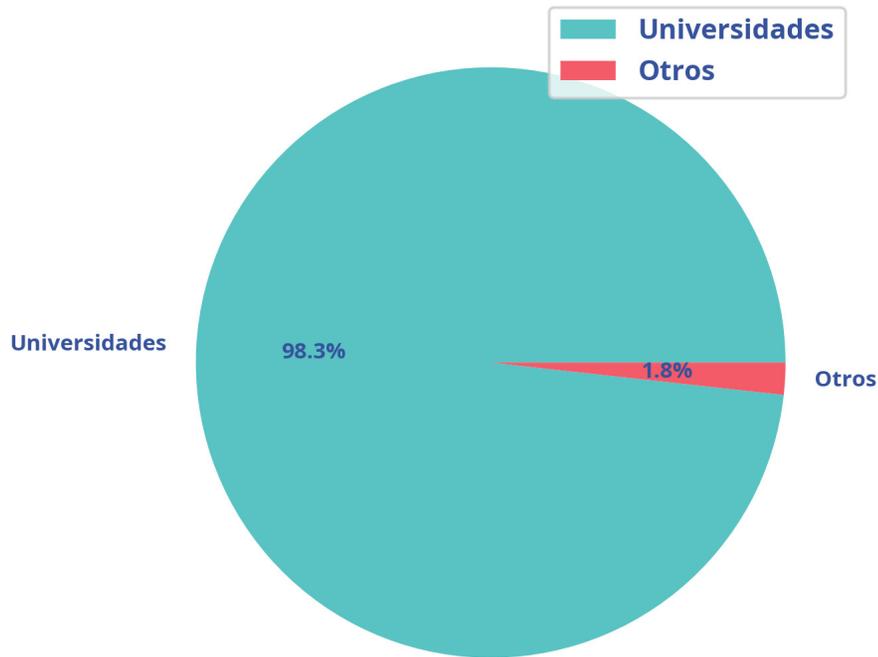


Figura 75
Fuente: Elaboración propia en base a datos de plataforma web Buscador de equipos, Agencia Nacional de Investigación y Desarrollo, Servicios Conicyt. Nota: La plataforma web solo cuenta con la información de equipos actualizada, es decir, para el año 2023.

Distribución por tipo de equipamiento otorgado por FONDEQUIP, 2023

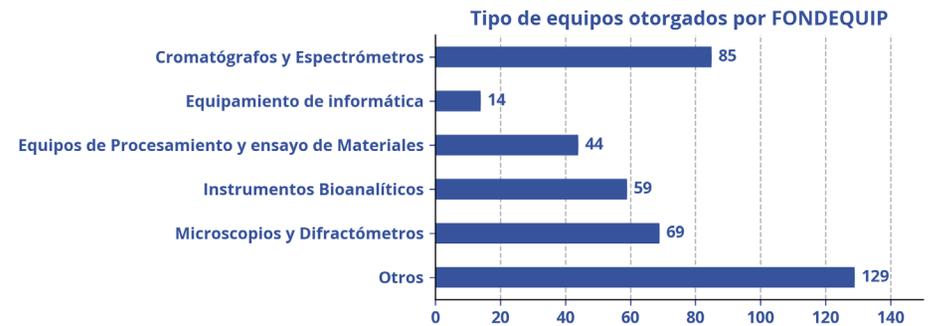


Figura 76
Fuente: Elaboración propia en base a datos de plataforma web Buscador de equipos, Agencia Nacional de Investigación y Desarrollo, Servicios Conicyt. Nota: La plataforma web solo cuenta con la información de equipos actualizada, es decir, para el año 2023.

La OCDE considera los datos abiertos como un activo clave para el desarrollo económico, la innovación digital y la buena gobernanza, aunque siempre prestando especial atención a la privacidad, la transparencia y la ética. Chile se encuentra dentro de los países de América Latina con bajo índice de datos abiertos, útiles y reutilizables con un puntaje de 0,41 mientras que el promedio de América Latina es de 0,45 y de la OCDE un 0,6.

Plataformas de Información: índice de datos abiertos, útiles y reutilizables (OURdata)

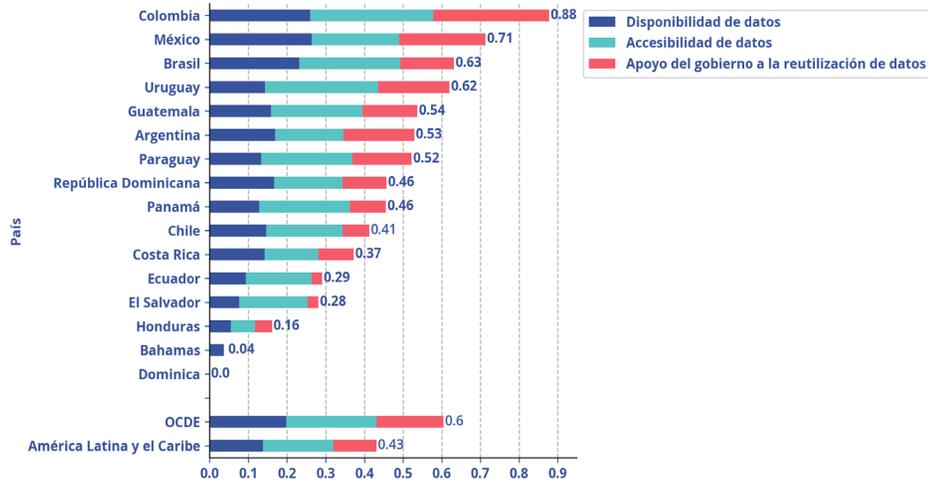


Figura 77
Fuente: Adaptado desde OCDE (2020).

En la misma línea, se puede destacar la infraestructura digital provista por la Red Universitaria Nacional, REUNA, integrada por universidades, centros de investigación y grupos astronómicos internacionales. Así, se provee una red de alta velocidad que permite desarrollar proyectos colaborativos entre comunidades académicas de distintas partes del país.

Evolución de la Red Nacional REUNA, 2018-2023

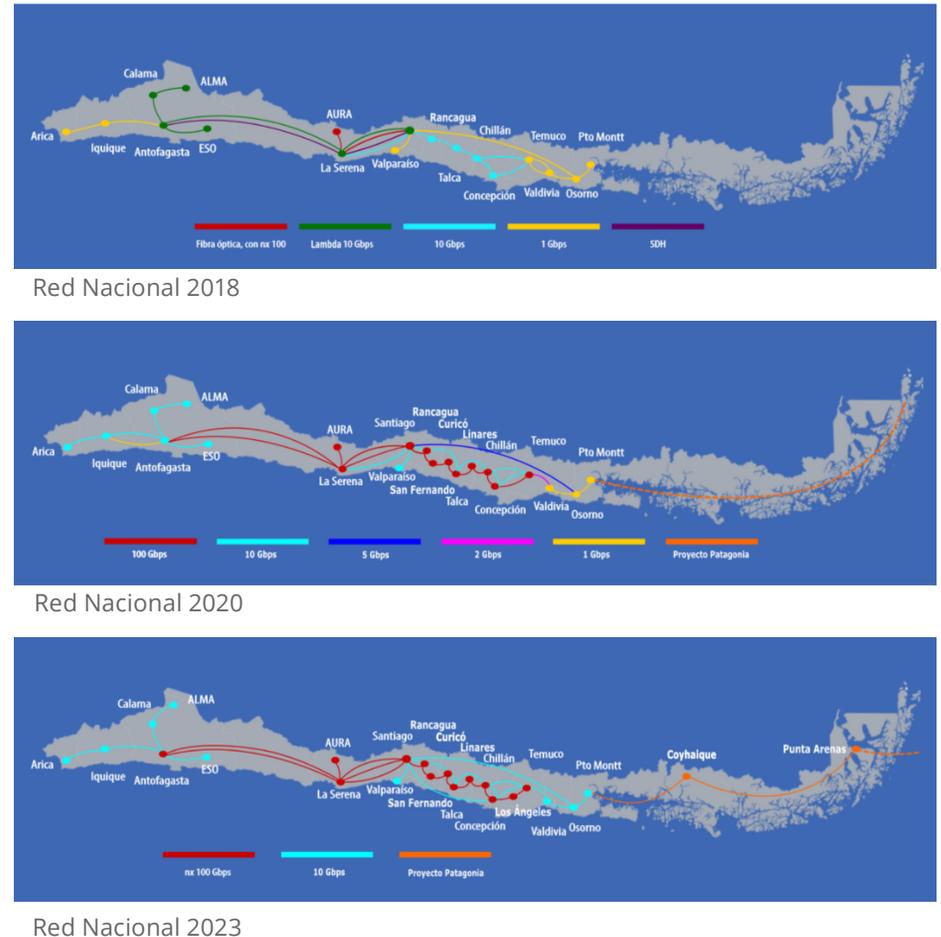


Figura 78
Fuente: Obtenido de la plataforma web de REUNA, Red Académica de Chile.

Capital de Riesgo

Finalmente, una perspectiva crucial para evaluar el desempeño del Ecosistema CTCI implica analizar el impacto de la inversión de capital de riesgo en el sector empresarial. Los datos disponibles indican que esta inversión ha estado predominantemente dirigida hacia empresas del sector de Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC), aunque su alcance abarca una diversidad de actividades económicas. Resulta destacable observar el significativo aumento tanto en la inversión de capital de riesgo como en la cantidad de empresas beneficiadas en Chile a lo largo de la última década. Este fenómeno subraya la importancia del respaldo financiero para fomentar la innovación y el desarrollo en diversas áreas económicas, generando un impacto positivo en el Ecosistema CTCI y

Distribución de la inversión (millones de US\$) por actividad económica

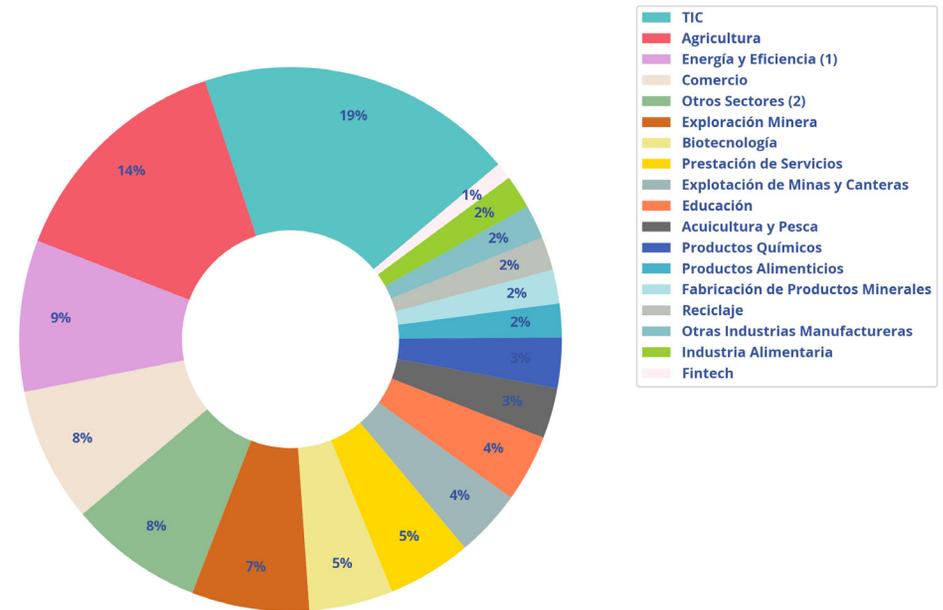


Figura 79

Fuente: Adaptado desde Corporación de Fomento de la Producción (CORFO) (2022).

Nota: (1) El sector energía incluye energía solar, energía eléctrica y biomasa. (2) Todos los sectores económicos que concentran menos del 1% de los montos invertidos se incluyen en la categoría "Otros Sectores".

Evolución de la inversión total según tipo de fondos de inversión, 2013-2022

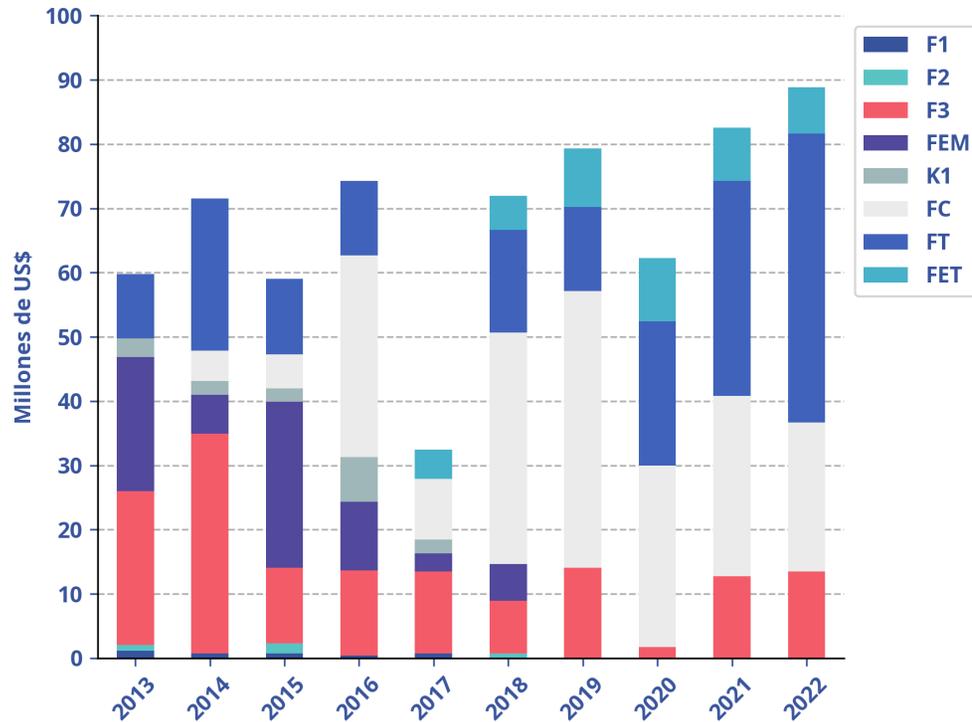


Figura 80

Fuente: Adaptado desde Corporación de Fomento de la Producción (CORFO) (2022). **Nota:** Corresponde a las inversiones totales de los Fondos, incluidas las inversiones con desembolsos CORFO y las inversiones con capital privado del Fondo. Línea F1: Programa De Financiamiento A Fondos de Inversión para el Fomento del Capital de Riesgo, creado en el año 1997 y que suspendió nuevas postulaciones en el año 2004 | Línea F2: Programa de Financiamiento a Fondos de Inversión para el Fomento del Capital de Riesgo - F2, creado el año 2004 y que suspendió nuevas postulaciones en el año 2006 | Línea F3: Programa de Financiamiento a Fondos de Inversión de Capital de Riesgo - F3, creado el año 2006 y que suspendió nuevas postulaciones en el año 2012 | Línea K1: Programa de Inversión Directa de CORFO en Fondos de Inversión, creado en el año 2009 y que suspendió nuevas postulaciones en el año 2011 | Línea FEM: Programa de Financiamiento a Fondos de Inversión de Capital de Riesgo - Fondos de Exploración Minera (FENIX), creado el año 2011 y que recibió postulaciones de fondos por medio de modalidad de convocatoria abierta y única | Línea FT: Programa de Financiamiento a Fondos de Inversión de Capital de Riesgo - Fondos Etapas Tempranas (FT), creado en el año 2011 y que aún recibe nuevas postulaciones de fondos | Línea FC: Programa de Financiamiento a Fondos de Inversión de Capital de Riesgo - Fondos Desarrollo y Crecimiento (FC), creado en el año 2012 y que aún recibe nuevas postulaciones de fondos | Línea FET: Programa de Financiamiento a Fondos de Inversión de Capital de Riesgo — Fondos Etapas Tempranas Tecnológicas (FET), creado en el año 2015 y que aún recibe nuevas postulaciones de fondos.

Evolución de la cantidad de nuevas empresas beneficiarias de fondos de inversión, 2013-2022

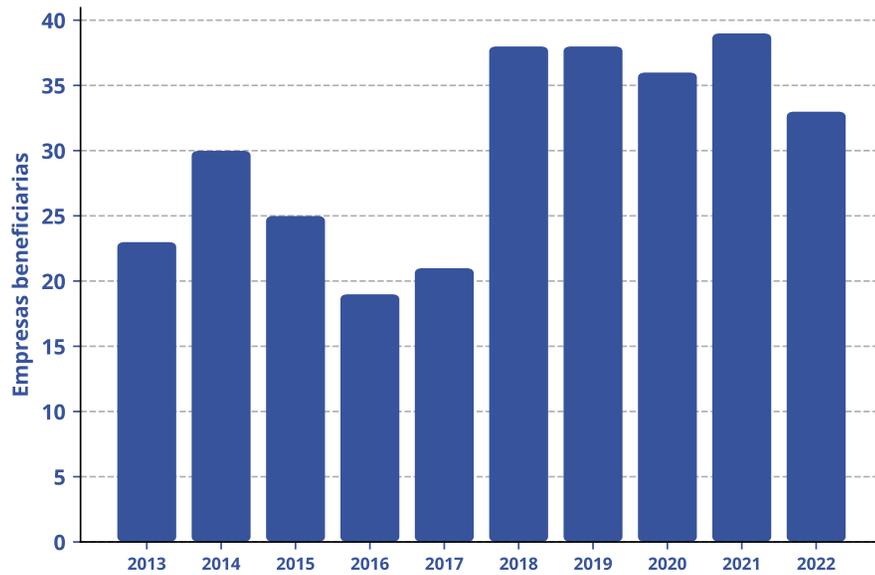


Figura 81

Fuente: Adaptado desde Corporación de Fomento de la Producción (CORFO) (2022).

Desempeño

En esta sección del informe se analizará el desempeño del Ecosistema de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación (CTCI) en Chile durante la última década. Para comprender integralmente el rendimiento de este complejo entramado, es esencial definir los objetivos que impulsan su funcionamiento.

Según la literatura y las directrices del Consejo CTCI, estos objetivos se articulan en torno a la diversidad en el interior del Ecosistema, destacando la importancia de contar con una variedad de actores que enriquezcan la colaboración y fertilización cruzada. Asimismo, se busca la conexión dinámica entre los nodos, promoviendo interacciones complejas y sofisticadas que faciliten el intercambio de conocimiento. La lógica de red en el funcionamiento del Ecosistema se convierte en otro objetivo crucial, con una estructura distribuida que le otorgue resiliencia y capacidad para soportar perturbaciones. Finalmente, se busca una fuerte vinculación con la sociedad, reconociendo la necesidad de que la CTCI sea pertinente y bidireccionalmente conectada a diversas comunidades.

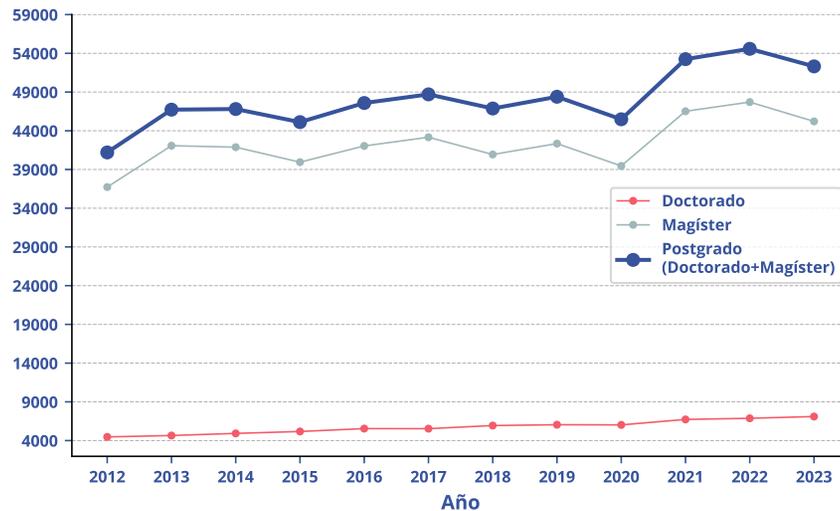
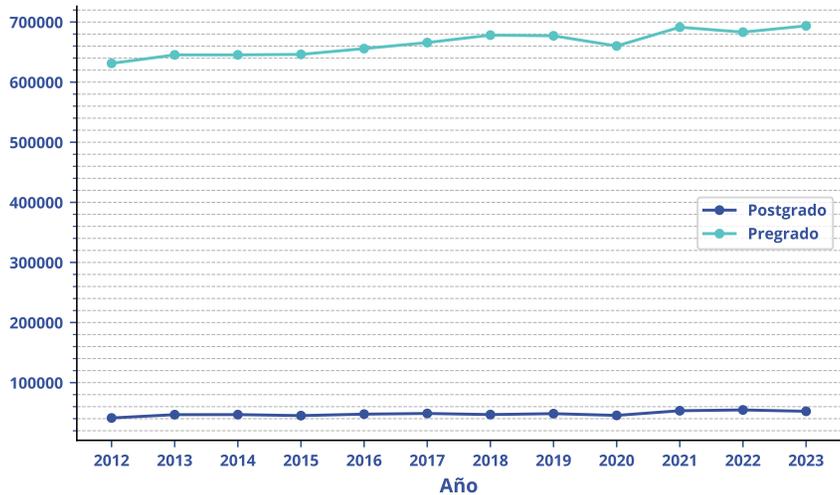
Por lo tanto, un mejor desempeño del Ecosistema CTCI implica una mayor densidad y diversidad de nodos, con múltiples interacciones entre ellos, con capacidades distribuidas en una lógica de red y estrechamente conectados con la sociedad.

Formación de Capital Humano

La actividad de formación académica especializada se puede evaluar a partir de la cantidad de personas que realizan programas de posgrado o que están involucradas en la investigación y desarrollo. Esto permite a su vez evaluar la efectividad del Ecosistema en cultivar y nutrir el talento necesario para enfrentar los desafíos científicos y tecnológicos del país.

Aunque las inscripciones en carreras de pregrado representan la mayoría y continúan su aumento anual, es esencial examinar detenidamente las matrículas en programas de posgrado. Estos programas, centrados en la especialización y la investigación y desarrollo (I+D), desempeñan un papel crucial al proporcionar al Ecosistema individuos altamente capacitados. En este sentido, a lo largo de la última década, se ha observado un notable incremento, con una diferencia de 14,000 matrículas anuales en programas de magíster y doctorado, evidenciando un interés creciente y un compromiso con la formación avanzada y especializada.

Evolución de la cantidad de matrículas anuales en universidades de Chile, 2012-2020



La formación de capital humano avanzado se puede examinar considerando diversas variables que permiten analizarlo en términos de su diversidad, una de las cualidades fundamentales que se busca fomentar en el Ecosistema de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación (CTCI).

Desde la perspectiva de género, los datos revelan que, aunque en programas de pregrado la proporción entre hombres y mujeres es equitativa, si se consideran solo profesiones del área STEM, en lo que respecta a cantidad de titulados específicamente, emerge una brecha de género que subrepresenta a las mujeres. Estas cifras se pueden analizar con más perspectiva al observar la comparación respecto a otros países pertenecientes a la OCDE, lo cual revela a Chile como uno de los países de la OCDE con mayor brecha de género en este aspecto.

Figura 82

Fuente: Elaboración propia en base a datos del Servicio de Información de Educación Superior (SIES).

Evolución de la matrícula de educación superior según género, 2013-2023

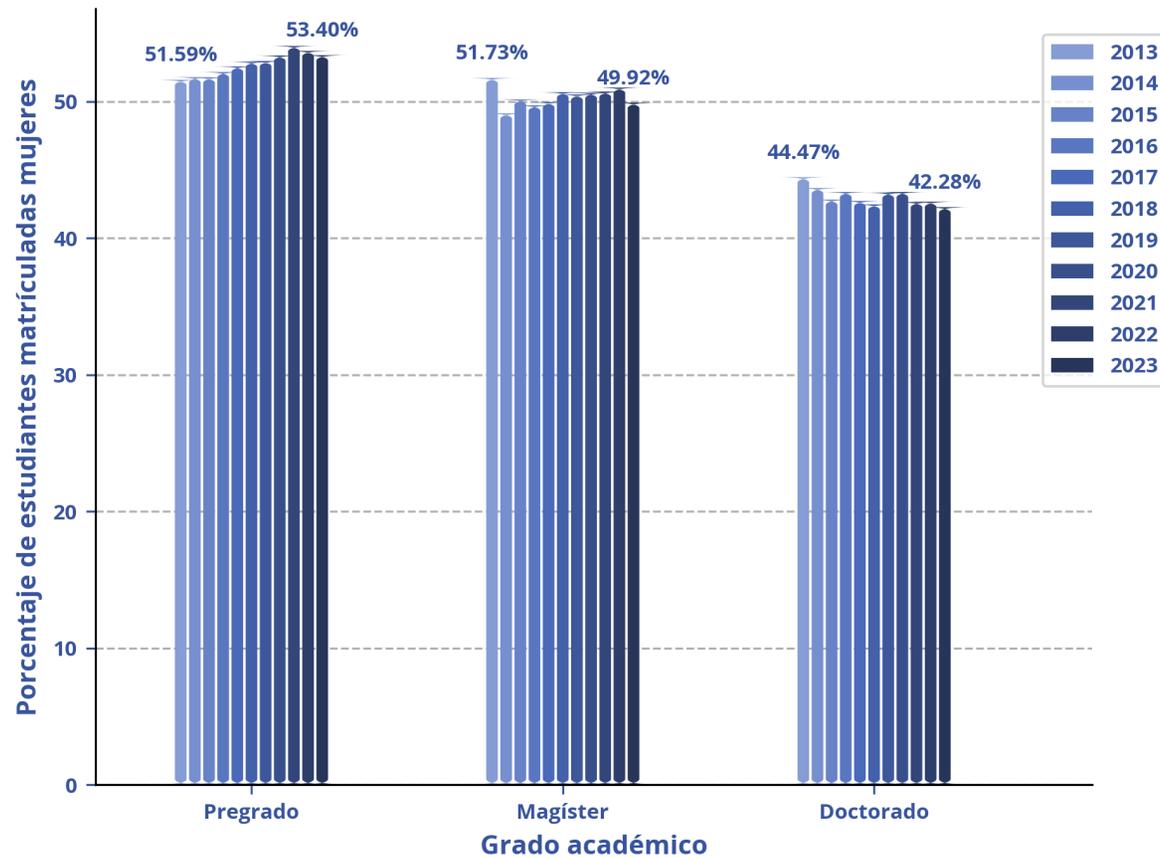


Figura 83

Fuente: Elaboración propia en base a datos del Servicio de Información de Educación Superior (SIES).



Porcentaje de mujeres que se titularon del área STEM en educación superior

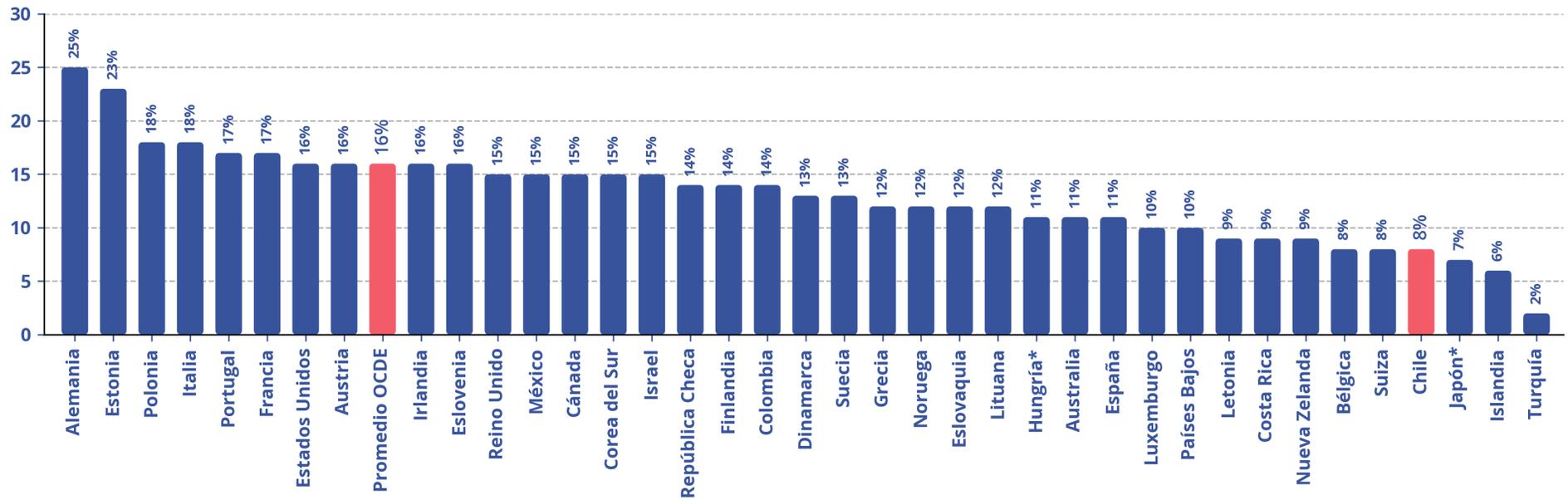


Figura 84

Fuente: Adaptado desde Oficina de Estudios de la División de Políticas Públicas (2023).

Evolución de la cantidad de programas de postgrado en áreas STEM entre los años 2013 al 2022, total país

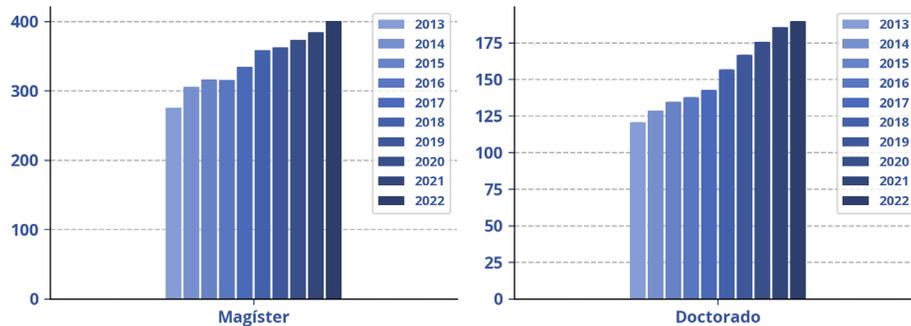


Figura 85

Fuente: Elaboración propia en base a datos del Servicio de Información de Educación Superior (SIES).

El análisis de la oferta académica de posgrado en áreas STEM a nivel nacional revela un notable aumento en la última década. Este crecimiento evidencia un compromiso continuo con el desarrollo de capital humano avanzado en ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas. Sin embargo, al observar la distribución regional, se destaca una disparidad significativa. Las regiones de O'Higgins y Aysén no tienen programas de posgrado en estas áreas, y otras, como las regiones de Atacama y Magallanes, sólo recientemente han sumado los primeros programas disponibles en la región. En contraste, las regiones Metropolitana, Valparaíso y Biobío lideran en términos de diversidad y cantidad de programas ofrecidos, reflejando concentraciones significativas de instituciones académicas y centros de investigación en estas áreas geográficas. Este análisis resalta la importancia de abordar las brechas regionales para garantizar un acceso equitativo a oportunidades educativas avanzadas en áreas cruciales para el desarrollo científico y tecnológico.

Evolución de la cantidad de programas de postgrado en áreas STEM entre los años 2013 al 2022, desagregado por región

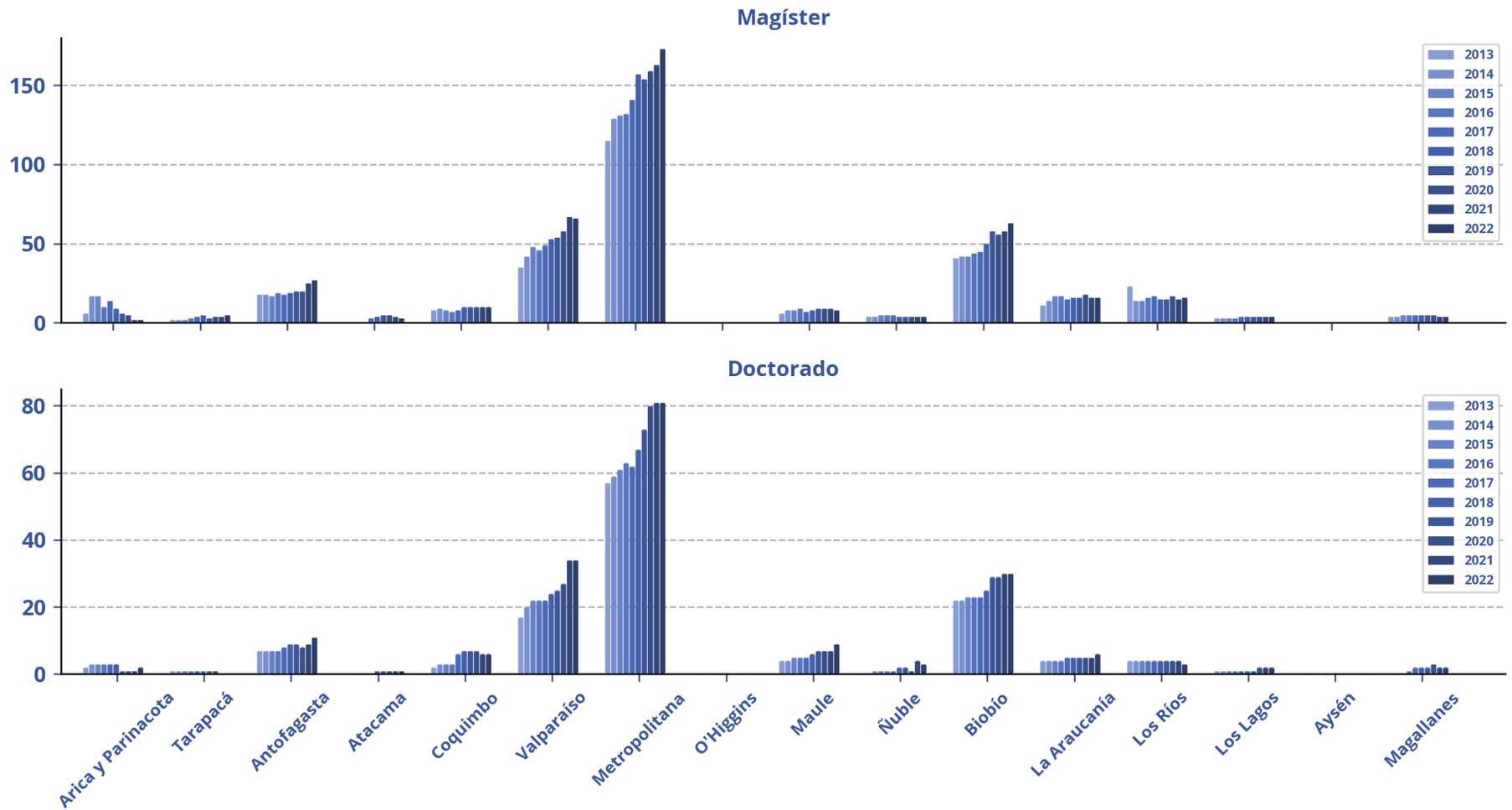


Figura 86

Fuente: Elaboración propia en base a datos del Servicio de Información de Educación Superior (SIES).

Por otro lado, respecto a las becas de postgrado, se aprecia una disminución en el número de personas graduadas con becas ANID. Además, también se observa un cambio en el tipo de programa predominante: mientras en 2012 era magíster en el extranjero el que tenía mayor número de personas graduadas, desde 2017 ha sido doctorado nacional el que toma la delantera. Por otro lado, se puede realizar un acercamiento a las áreas de conocimiento a las cuales pertenecen aquellas becas: así, en las becas de doctorado nacional destaca el área de Ciencias Naturales, mientras que en las becas de doctorado en el extranjero y las becas de magíster (nacional y extranjero) resalta el área de Ciencias Sociales.

Evolución de personas graduadas de programas de postgrado financiado por Becas otorgadas por el Estado en Chile y extranjero

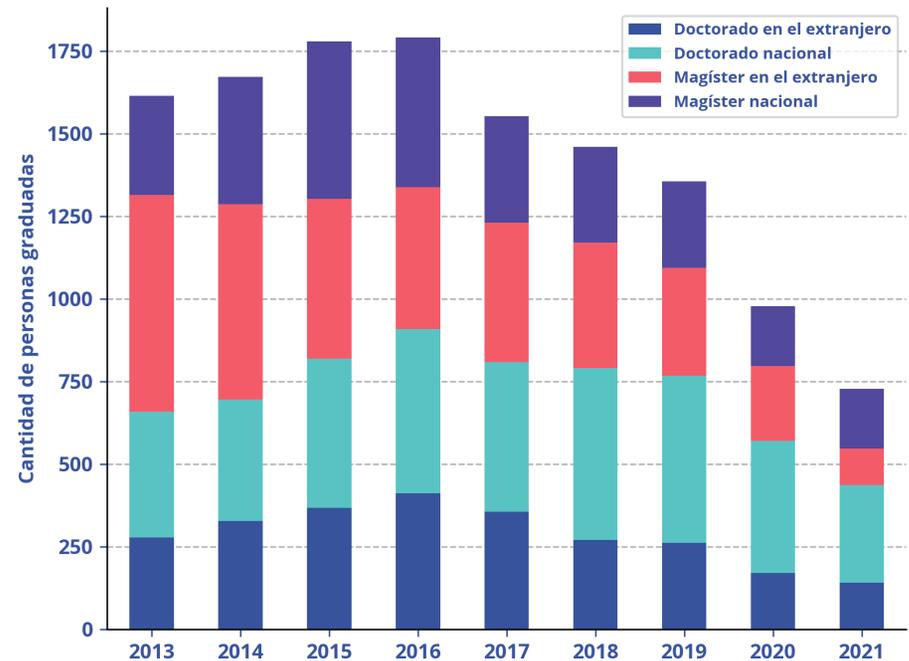


Figura 87

Fuente: Adaptado desde plataforma web Observa, construido originalmente en base a datos otorgados por el Ministerio de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación, obtenidos a partir de datos administrativos de becarios de la Subdirección de Capital Humano ANID.

Evolución de las personas graduadas de magíster en Chile y en el extranjero con becas de ANID, según área del conocimiento

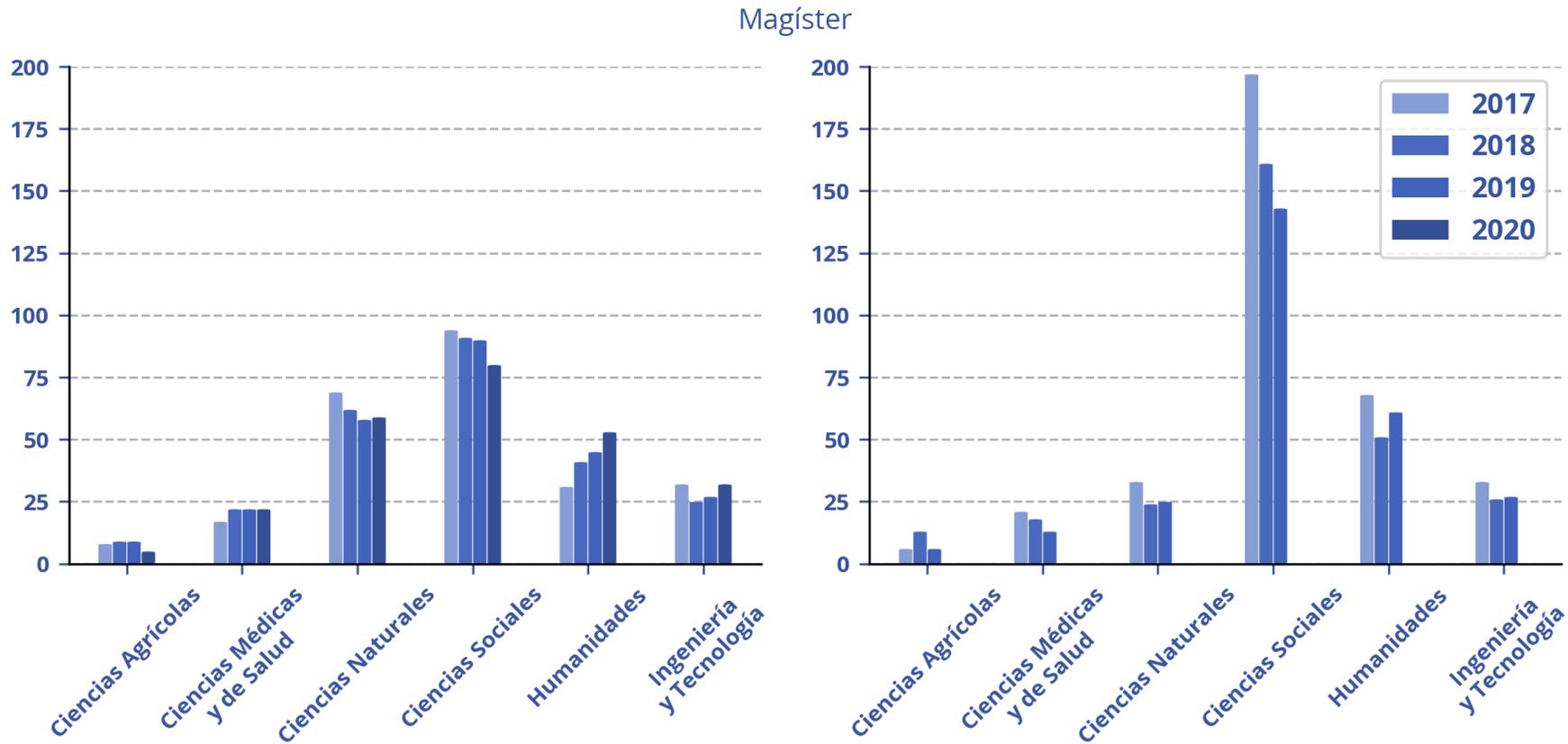


Figura 88

Fuente: Elaboración propia en base a estadísticas obtenidas desde plataforma web de la Subdirección de Capital Humano de ANID. Nota: A la izq. corresponden los seleccionados en Chile y la derecha los seleccionados en el extranjero.

Evolución de las personas graduadas de doctorado en Chile y en el extranjero con becas de ANID, según área del conocimiento

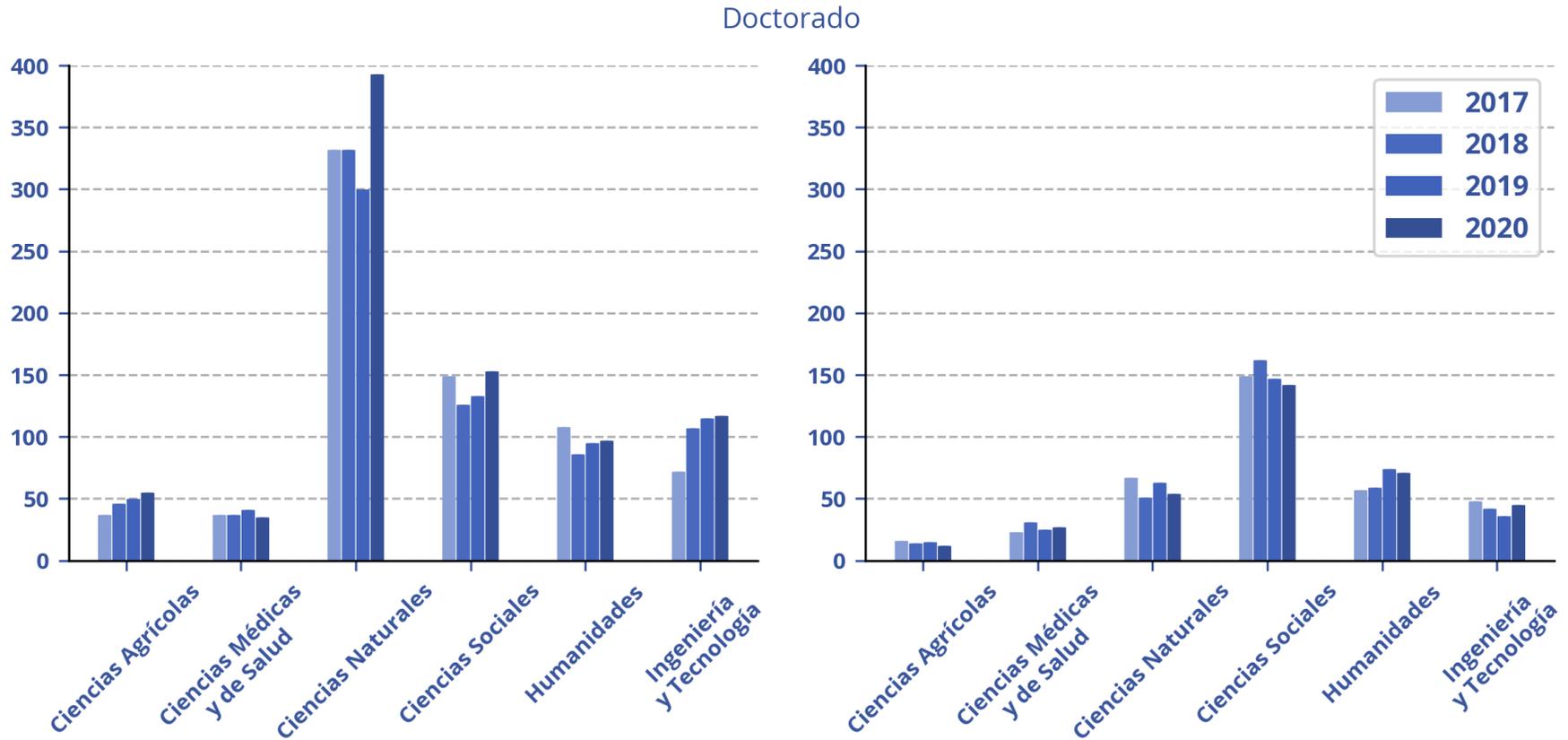


Figura 89

Fuente: Elaboración propia en base a estadísticas obtenidas desde plataforma web de la Subdirección de Capital Humano de ANID. Nota: A la izq. corresponden los seleccionados en Chile y la derecha los seleccionados en el extranjero.

Con respecto al porcentaje de mujeres graduadas de becas de postgrado, se observa una brecha negativa en doctorado en el extranjero, oscilando en torno al 40%. Por el contrario, en magíster en el extranjero se observa una proporción más alta de mujeres, alcanzando cerca del 60% en 2018

Evolución del porcentaje de mujeres graduadas de postgrado con Becas ANID

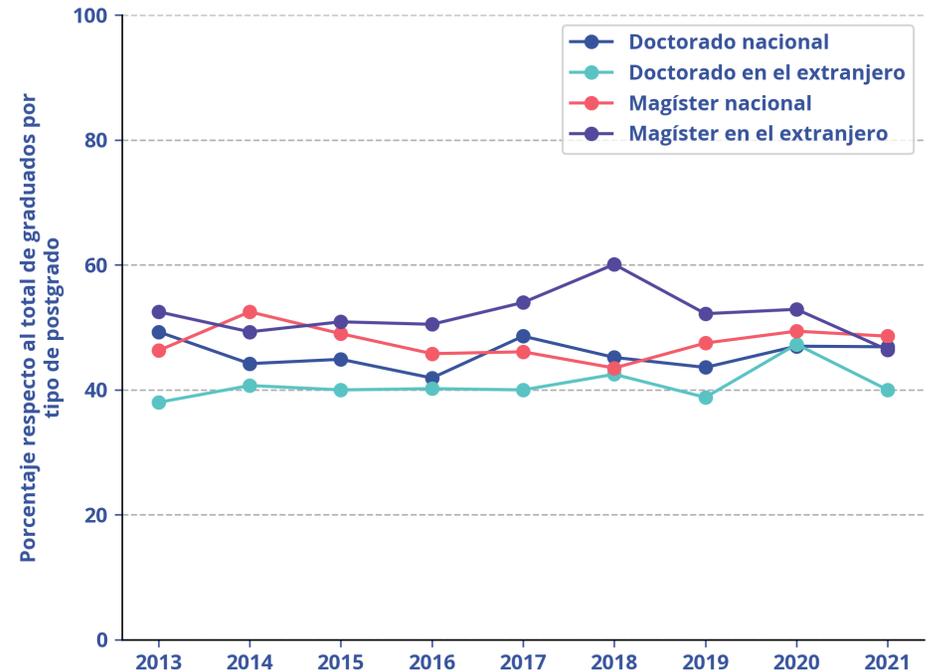


Figura 90

Fuente: Adaptado desde plataforma web Observa, construido originalmente en base a datos otorgados por el Ministerio de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación, obtenidos a partir de datos administrativos de becarios de la Subdirección de Capital Humano ANID.

A medida que se progresa en especializaciones de nivel doctorado, también se vislumbra una diferencia de género que deja a las mujeres en minoría. Afortunadamente es una brecha que, analizando la cantidad de personas con grado de doctor, se ha ido cerrando progresivamente, implicando la presencia de una mayor cantidad de mujeres jóvenes con grado de doctor.

Evolución de la distribución de profesionales con grado de doctor en Chile por género según año de egreso del doctorado, 1995-2019

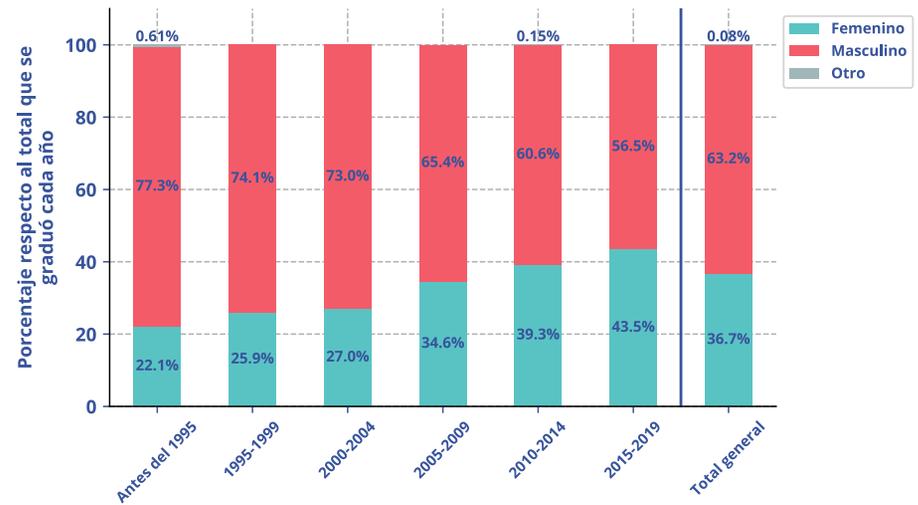


Figura 91

Fuente: Adaptado desde plataforma web Observa, construido originalmente en base a datos de Encuesta de Trayectoria de Profesionales con Doctorado 2011, 2014 y 2019, Ministerio de Economía, Fomento y Turismo y Ministerio de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación.

Desde una perspectiva de diversidad, también es posible analizar la distribución por área de conocimiento en la que se especializan los profesionales con grado de doctor en los años 2011, 2014 y 2019. Se observa que, de forma desagregada, las áreas de ciencias naturales y ciencias sociales concentran la mayor cantidad de profesionales con doctorado, obtenido en Chile o el extranjero, y que existe poca variación a lo largo de los años.

Evolución de la distribución de profesionales con doctorado por área de conocimiento de sus estudios, 2011-2019

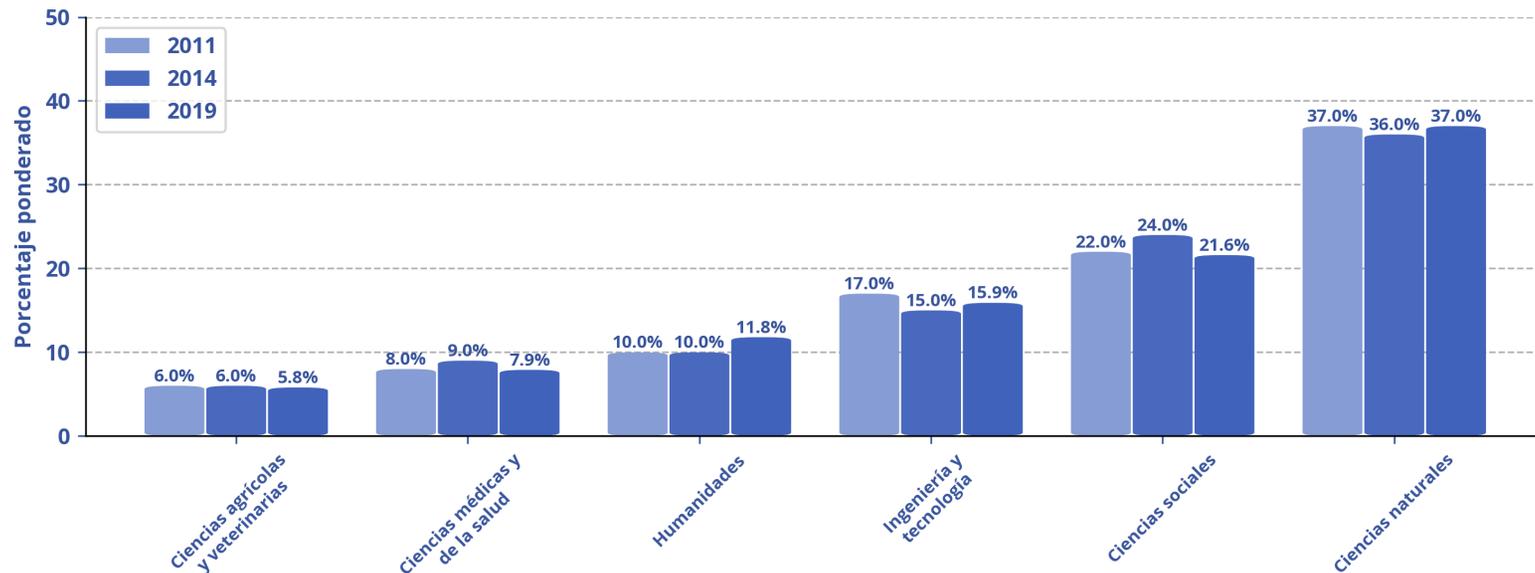


Figura 92

Fuente: Encuesta sobre Gasto y Personal en I+D, extraída del Observatorio del Sistema Nacional de CTCl. Ministerio de CTCl.

Además, respecto a la distribución territorial, se aprecia una alta variabilidad en el número de personas con doctorado por cada mil trabajadores en cada región. Así, en la Región de O'Higgins hay sólo 0.3 personas con doctorado por cada mil trabajadores, mientras que en la Región de Los Ríos este indicador es de 4.3.

Número de personas con doctorado trabajando por cada mil trabajadores en la región, 2019

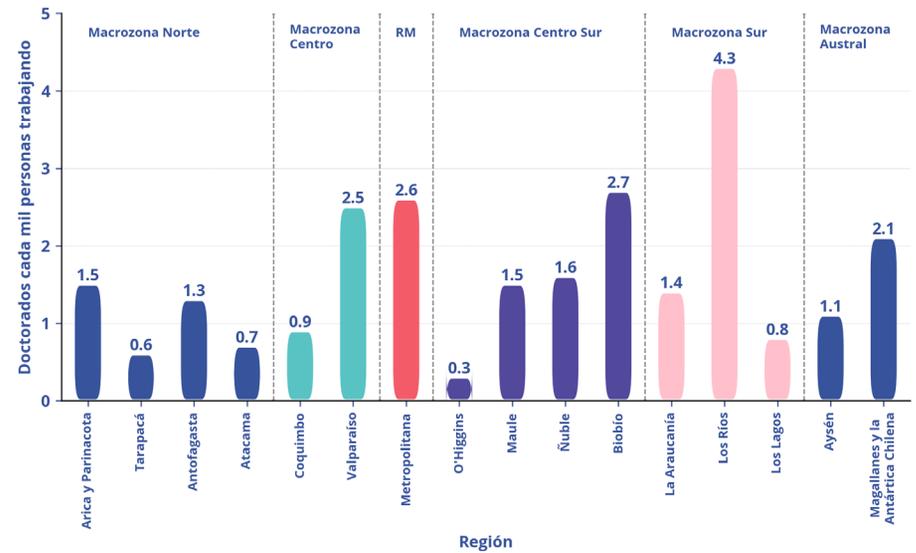


Figura 93

Fuente: Adaptado desde plataforma web Observa, construido originalmente en base a datos de Ministerio de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación (2019) y Encuesta Nacional de Empleo Oct-Dic 2019 (INE). Nota: En la Encuesta Trayectoria de Profesionales con doctorado en Chile hubieron residentes en Chile que declararon que su trabajo era realizado para un empleador fuera de Chile, las que representan a 68 personas que no son capturadas en esta visualización.

Innovación

Para caracterizar el nivel de innovación del país, es útil revisar el Índice Global de Innovación, a cargo de la Organización Mundial de la Propiedad Intelectual (WIPO, por sus siglas en inglés). Este índice se calcula en base a dos subíndices: el Índice de Insumos de Innovación, el cual mide cinco pilares respecto a la economía que permite y facilita las actividades de innovación, y el Índice de Resultados de Innovación, que mide dos pilares respecto a los resultados de las actividades de innovación dentro de la economía (WIPO, 2023). Así, al analizar los resultados obtenidos por el país durante los últimos años, se aprecia una baja sostenida entre 2017 y 2020, para luego mantenerse relativamente estable entre 2020 y 2023. Aun así, al comparar con otros países de la región, se puede observar que Chile en el año 2023 se ubicó en el segundo lugar de América Latina, por delante de México, Argentina y Perú, pero detrás de Brasil. Respecto a los resultados obtenidos el 2023, el Instituto Nacional de Propiedad Intelectual (INAPI) destacó que Chile se encuentra entre las 10 economías con mayor cantidad de solicitudes de marcas por millón de habitantes, ajustado al PIB. Sin embargo, en lo relativo a los aspectos a mejorar, señalan la baja participación en la cantidad de diseños industriales por origen, además de la baja posición en varios indicadores (Exportación de servicios TICs, Diversificación de la industria doméstica y Financiamiento para startups y scaleups). Junto a ello, mencionan que el país cayó dos posiciones respecto al año 2022, además de perder el primer lugar del ranking en Latinoamérica que había ostentado por ocho años consecutivos (INAPI, 2023)

Evolución del Puntaje Índice Global de Innovación de Chile, 2017-2023.

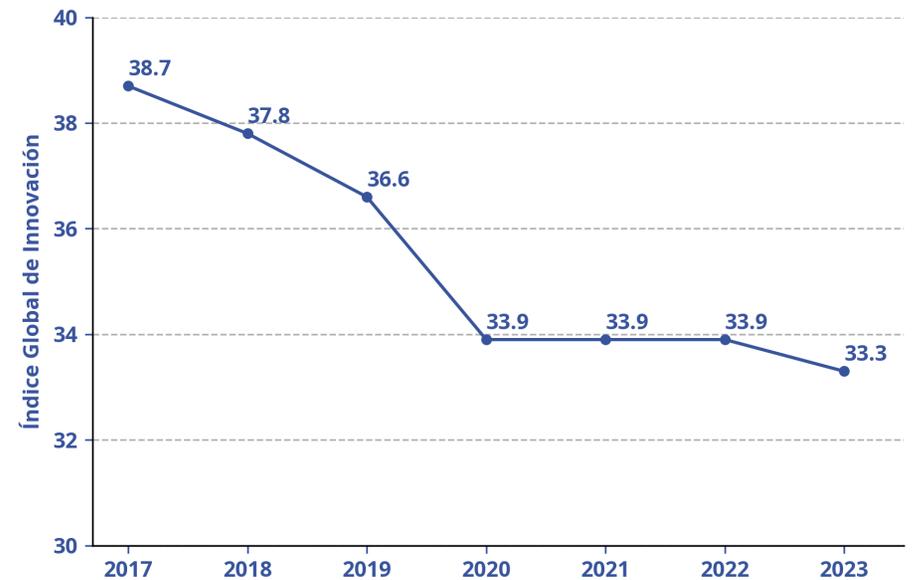


Figura 94

Fuente: Elaboración propia en base a datos de Global Innovation Index 2017-2023, World Intellectual Property Organization (WIPO).

Índice Global de Innovación (Global Innovation Index) para los países de la OCDE y Latinoamérica, 2023

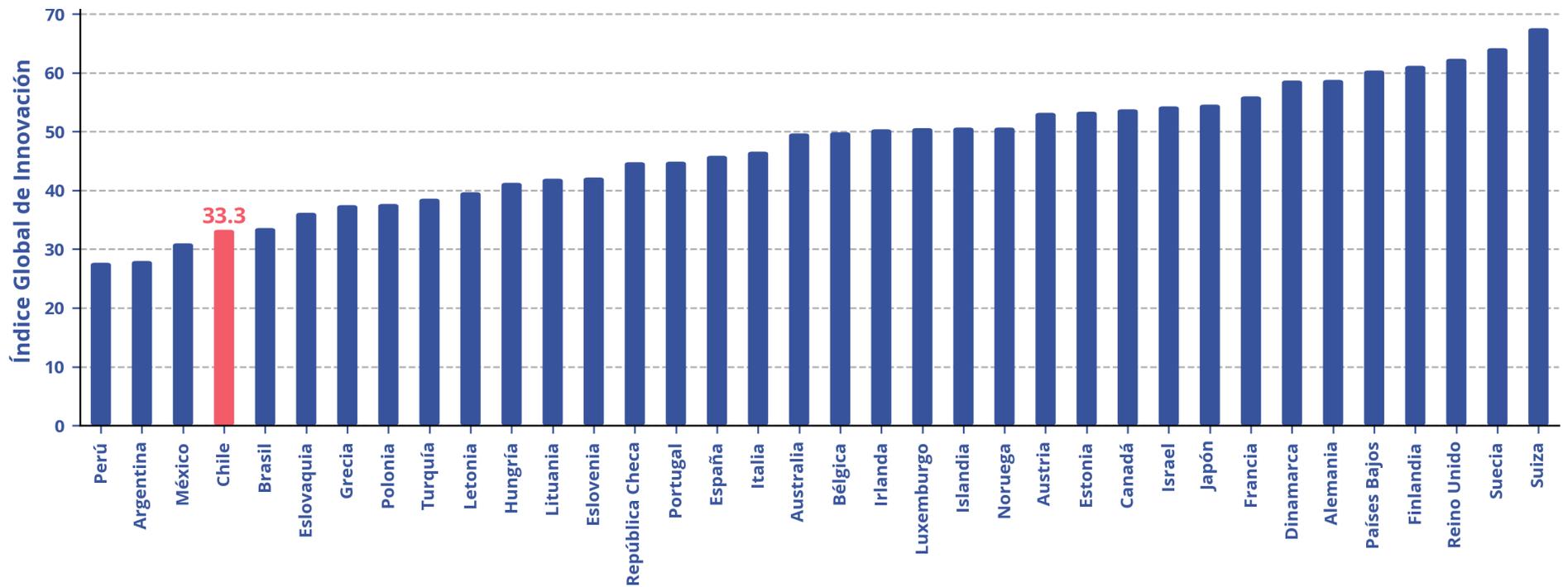


Figura 95

Fuente: *Elaboración propia en base a datos de WIPO (2023).*

Por otra parte, al analizar los resultados de la Encuesta Nacional de Innovación, es posible apreciar que las empresas que innovan lo suelen hacer en procesos de negocios, en desmedro de aquellas que innovan en productos. De modo similar, al analizar el dinero invertido en actividades innovativas, se aprecia que la mayor parte de los montos se destinan a adquisición de maquinaria, equipos y software, mientras que la actividad a la que menos recursos se destina es la de diseño de productos.

Evolución del porcentaje de empresas que innovan según tipo de innovación, 2013-2020

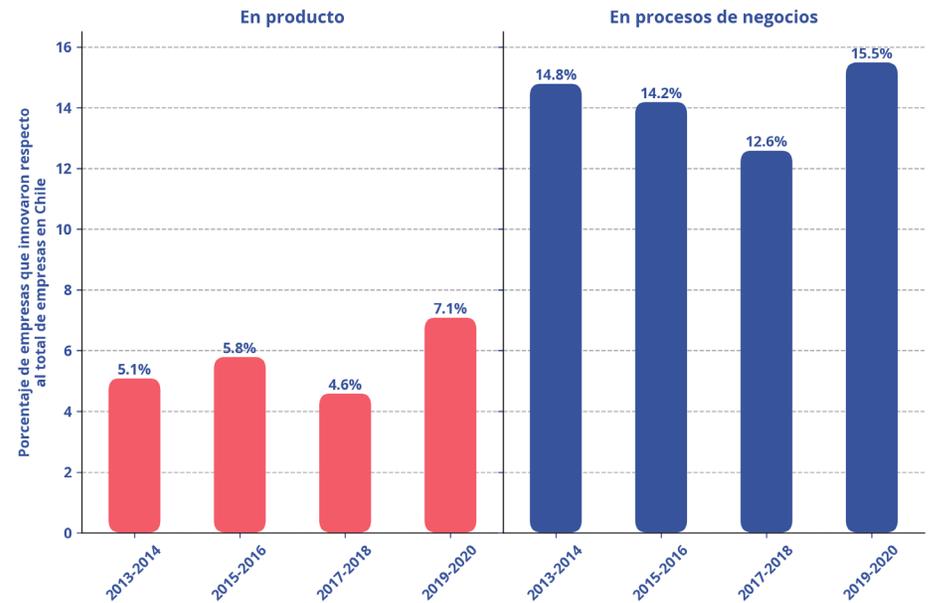


Figura 96

Fuente: Adaptado desde plataforma web Observa, construido originalmente en base a datos de Encuesta Nacional de Innovación 2013-2014 a 2019-2020, Ministerio de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación. **Nota:** Desde la versión 2017-2018 se ajustó la definición de innovación según la cuarta edición del Manual de Oslo.

Evolución del gasto en actividades innovativas según tipo de actividad, 2017-2020

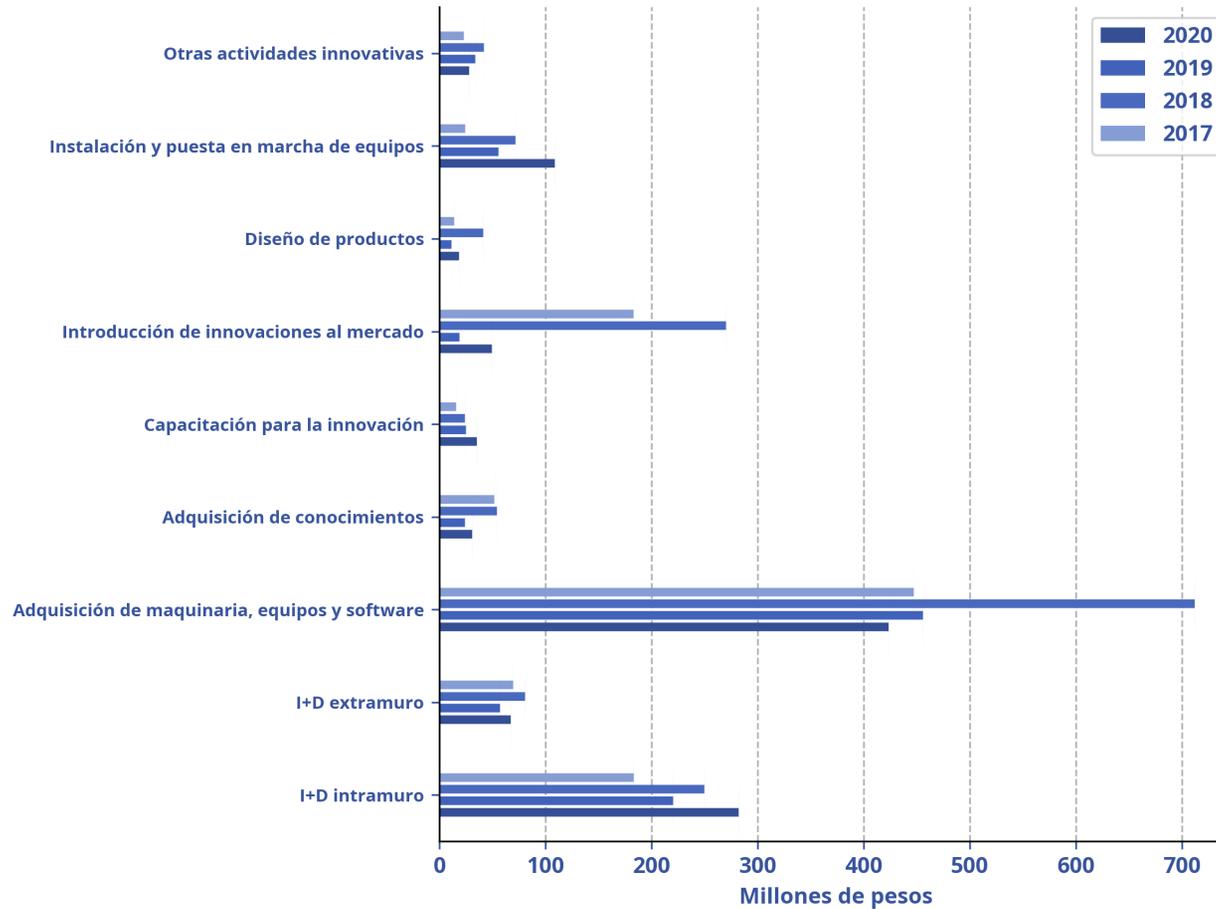


Figura 97

Fuente: Elaboración propia en base a datos de plataforma web Observa, obtenidos originalmente desde Encuesta Nacional de Innovación 2017-2018 y 2019-2020, Ministerio de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación.

Evolución del porcentaje de empresas que coopera en actividades innovativas, con instituciones nacionales y/o internacionales

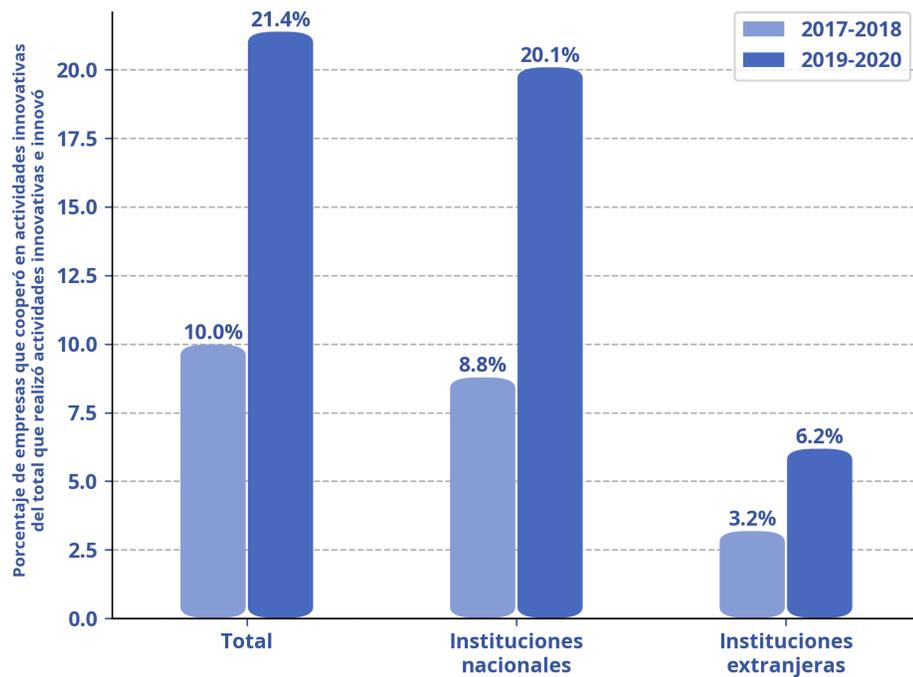


Figura 98

Fuente: Elaboración propia en base a datos de plataforma web Observa, obtenidos originalmente desde Encuesta Nacional de Innovación 2017-2018 y 2019-2020, Ministerio de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación. **Nota:** Existen empresas que colaboran tanto con instituciones nacionales como internacionales, por eso la columna total es menor que la suma de las otras columnas.

Se aprecia también que el porcentaje de empresas que innovan es relativamente similar en cada macrozona, en un rango desde el 11% (macrozona centro sur) hasta un 20.1% (macrozona austral) en el periodo 2019-2020.

Evolución del porcentaje de empresas que innovan por macrozona

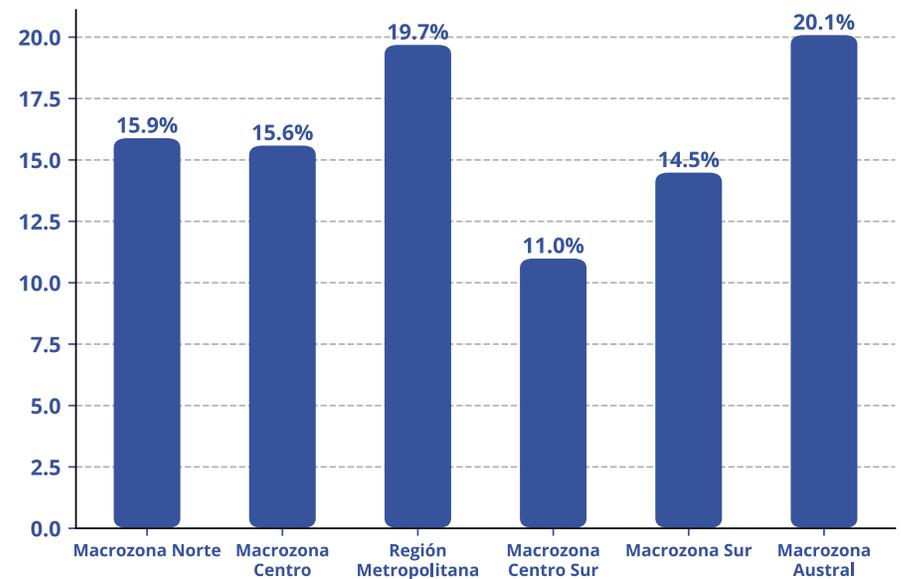


Figura 99

Fuente: Adaptado desde plataforma web Observa, construido originalmente en base a datos de Ministerio de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación (2020a).

Porcentaje de empresas que innovan a nivel internacional

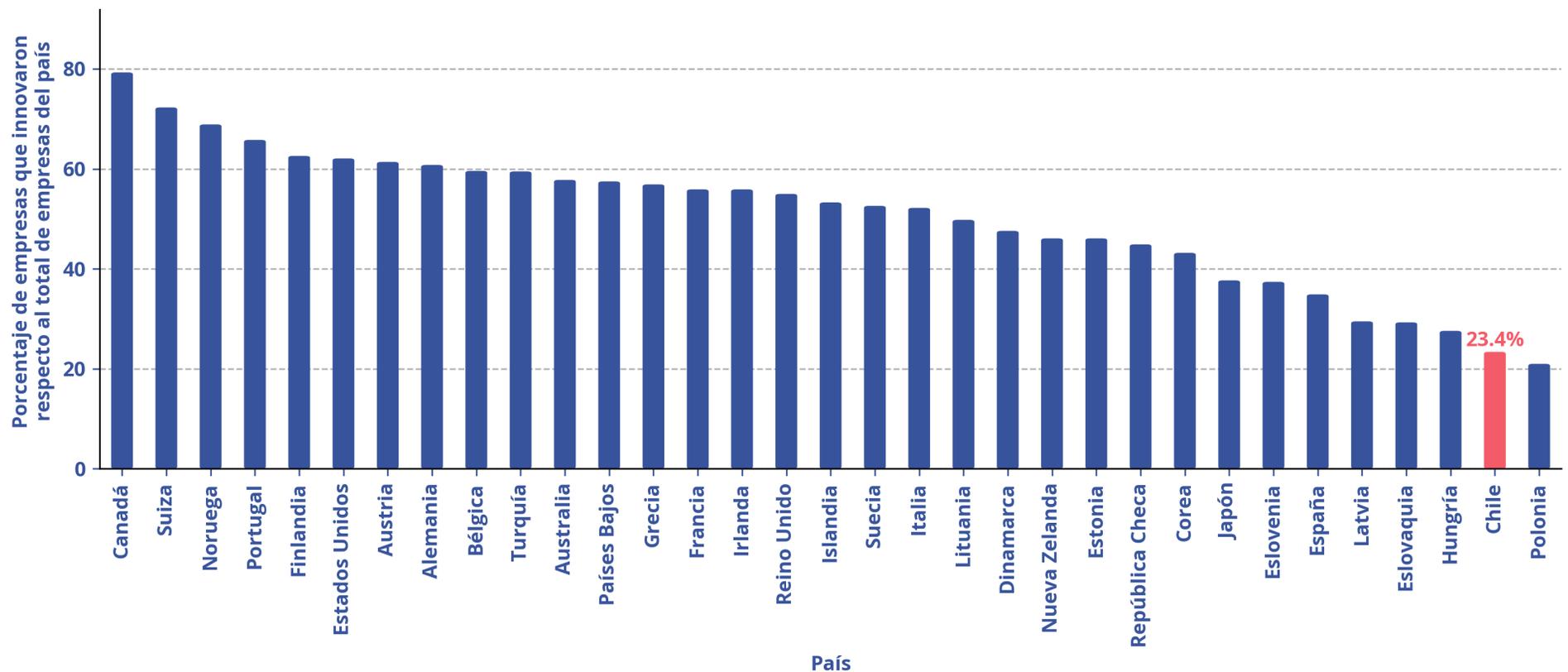


Figura 100

Fuente: Adaptado desde plataforma web Business Innovation Statistics and Indicators, desarrollada por OECD. Nota: Se muestra el índice del último año disponible para cada uno de los países. El cálculo se hace con la metodología de la Community Innovation Survey (EuroStat), que considera empresas de 10 o más trabajadores y los sectores económicos de Minería; Manufactura; Servicios de electricidad, gas y agua; Comercio; Transporte y almacenamiento; Actividades financieras y seguros; Actividades profesionales, científicas y técnicas."

Porcentaje de empresas que innovan en productos nuevos para el mercado a nivel internacional

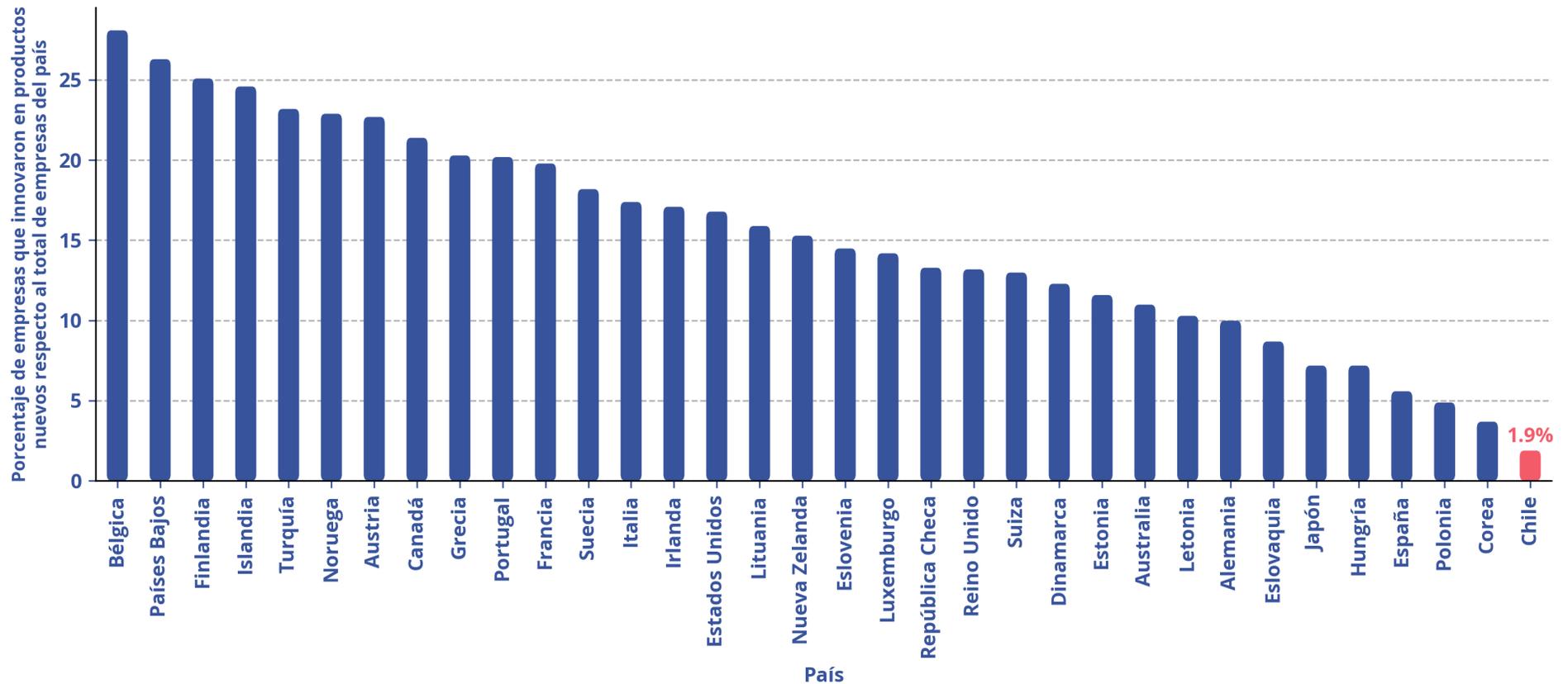


Figura 101

Fuente: Adaptado desde plataforma web Business Innovation Statistics and Indicators, desarrollada por OECD. Nota: Se muestra el índice del último año disponible para cada uno de los países. El cálculo se hace con la metodología de la Community Innovation Survey (EuroStat), que considera empresas de 10 o más trabajadores y los sectores económicos de Minería; Manufactura; Servicios de electricidad, gas y agua; Comercio; Transporte y almacenamiento; Actividades financieras y seguros; Actividades profesionales, científicas y técnicas."

Innovación Pública y Social

Para evaluar la innovación del sector público, es útil analizar los resultados del Índice de Innovación Pública, desarrollado por el Laboratorio de Gobierno y el Banco Interamericano de Desarrollo, el cual corresponde al “servicio de medición y desarrollo de capacidades para innovar”, y que busca contribuir a que el Estado se adapte a las necesidades, expectativas y contextos. Así, el índice mide, en diversos servicios públicos, diez capacidades fundamentales para impulsar la perspectiva de la innovación pública, las cuales pueden ser agrupadas en tres dimensiones: recursos institucionales, prácticas y procesos, y colaboración y apertura.

Al observar los resultados de este índice se observa que el puntaje promedio obtenido está en torno a los 36 puntos, de un total de 100, con un alza entre 2021 y 2022 de tres puntos, lo que corresponde a un aumento del 8.9%, pero a su vez, aumentando la dispersión entre los valores de las instituciones medidas. Además, para el mismo periodo, se aprecia un aumento de puntaje en todas las dimensiones.

Distribución del puntaje del índice de innovación pública, 2019-2022, medición sobre un máximo de 100 puntos

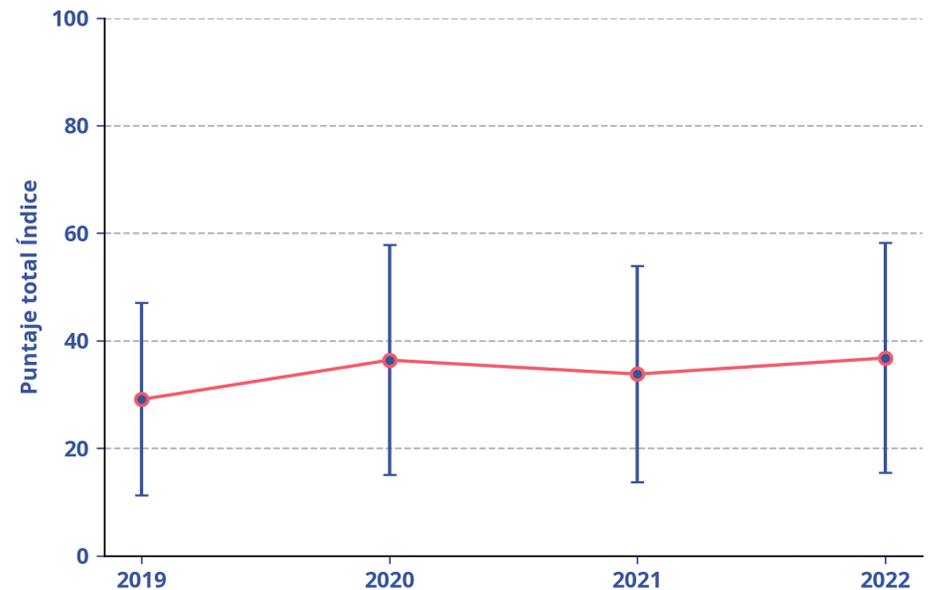


Figura 102

Fuente: Adaptado desde Índice de Innovación Pública, Laboratorio de Gobierno, 2023

Evolución del índice de desempeño de las instituciones, 2019-2022

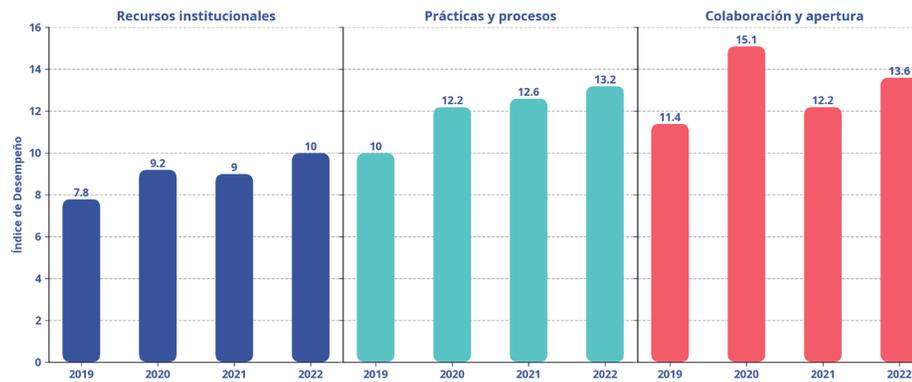


Figura 103

Fuente: Adaptado desde *Índice de Innovación Pública, Laboratorio de Gobierno, 2023*.

Evolución del porcentaje de madurez metodológica de las instituciones, 2019-2022

El año 2023, de las 50 instituciones que participaron en la medición, se informaron 219 iniciativas de innovación, de las cuales fueron aprobadas 206 por el equipo del Índice. Estas iniciativas fueron posteriormente evaluadas desde una perspectiva de madurez metodológica. Se destaca el incremento en las fases de experimentación, definidas como las fases de prototipado, ajuste y testeo, y pilotaje.

Evolución del porcentaje de madurez metodológica de las instituciones, 2019-2022

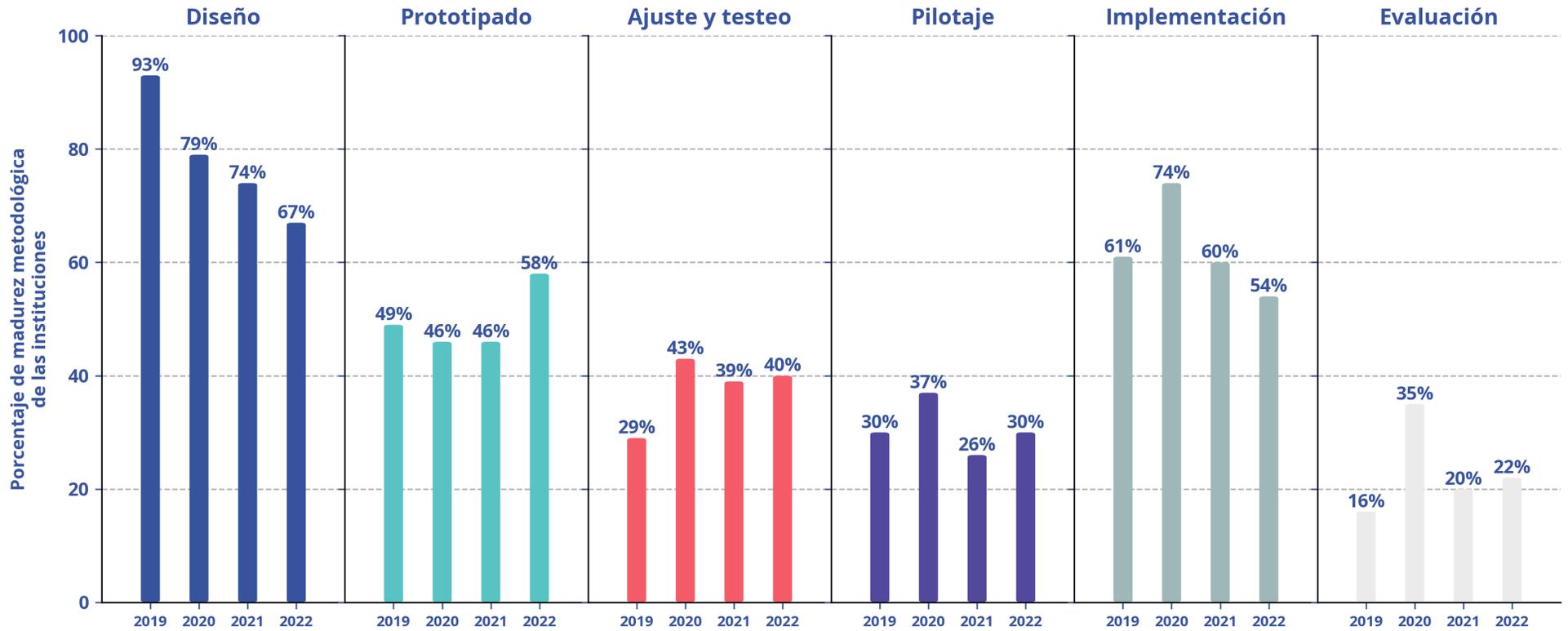


Figura 104

Fuente: Adaptado desde *Índice de Innovación Pública*, Laboratorio de Gobierno.

Evolución de la Producción Científica

Para evaluar los resultados respecto a la generación de conocimiento, se analizan las publicaciones científicas que han surgido en los últimos 10 años. Los datos consideran las publicaciones de WoS, Scopus y SciELO Chile, y estos muestran que se ha observado un aumento significativo tanto en la cantidad total de publicaciones como en la colaboración internacional. Este indicador refleja no solo la actividad investigativa sino también la integración global del Ecosistema CTCI chileno desde el punto de vista académico. La expansión de la colaboración internacional indica una apertura a intercambios de conocimientos a nivel global, fortaleciendo así la calidad y diversidad de la producción científica del país.

Evolución de la Cantidad de Publicaciones y Citas por año

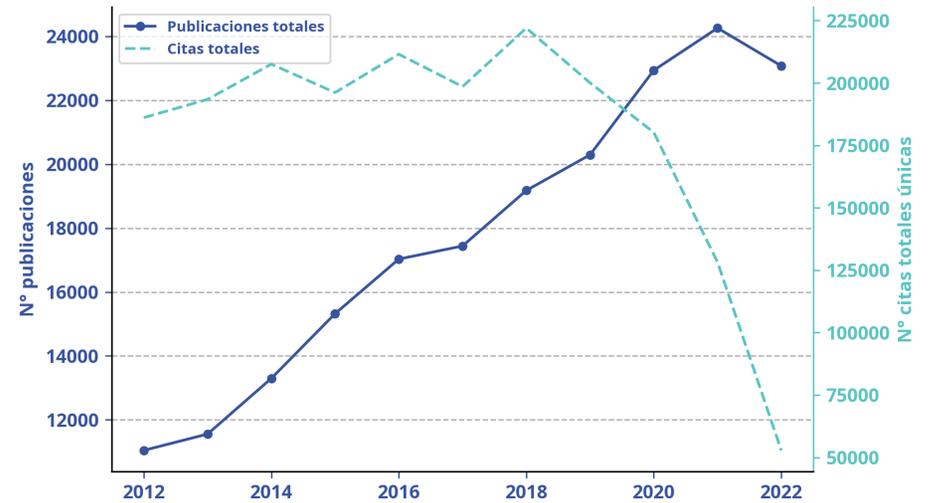


Figura 105

Fuente: Adaptado desde plataforma web Data Ciencia de ANID.



Publicaciones científicas por región, 2018

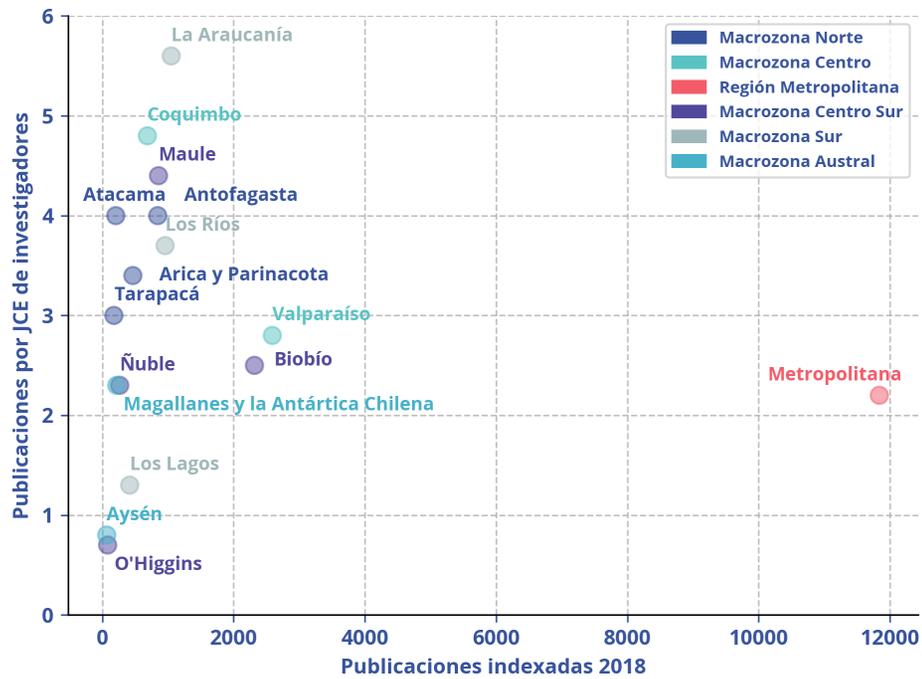


Figura 106

Fuente: Encuesta sobre Gasto y Personal en I+D, extraída del Observatorio del Sistema Nacional de CTCl. Ministerio de CTCl.

Evolución de publicaciones y citas por área OCDE

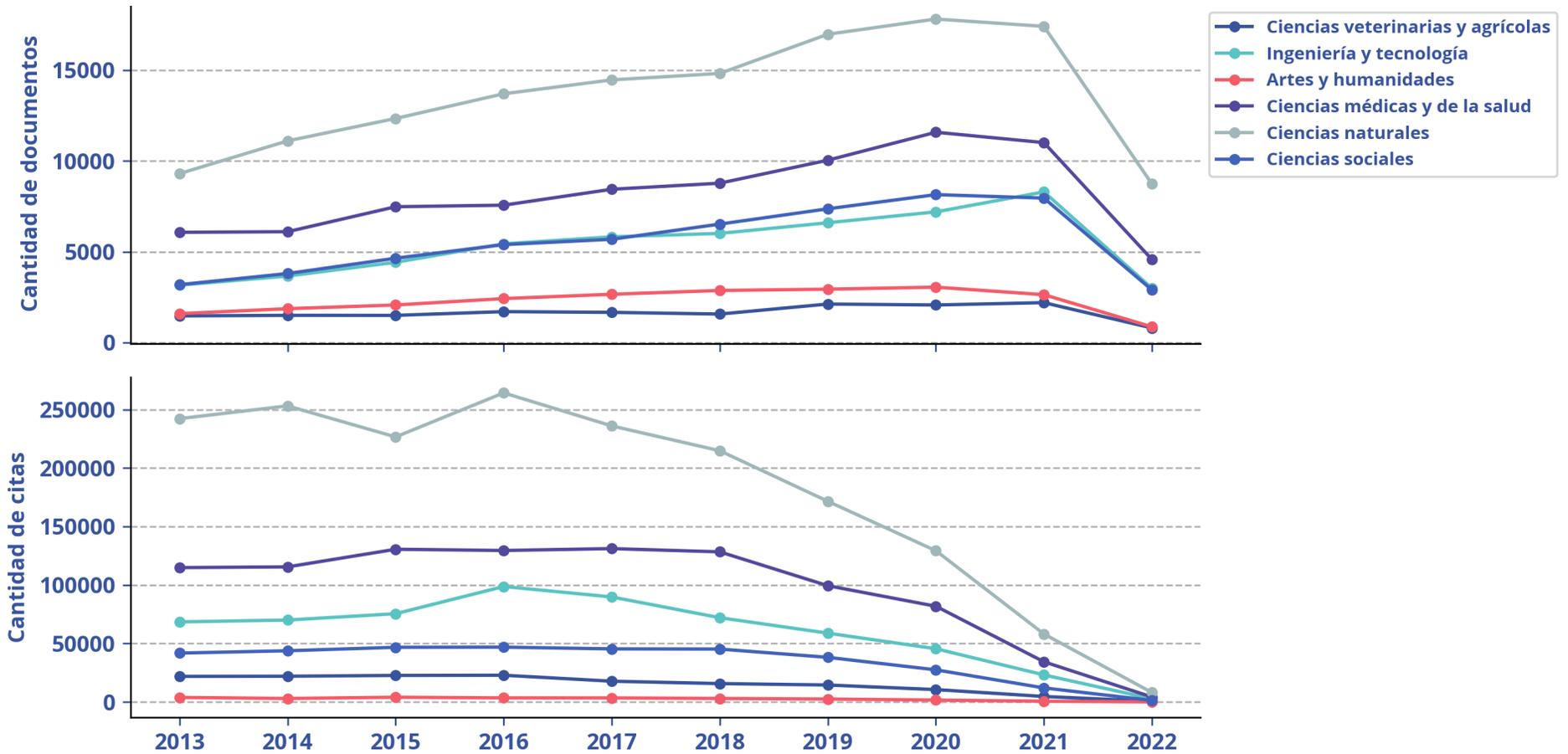


Figura 107

Fuente: Adaptado desde plataforma web Observa, construido originalmente en base a datos de Información Científica, ANID, a partir de Web of Science.

Publicaciones científicas con colaboración internacional



Figura 108

Fuente: Adaptado desde plataforma web Observa, construido originalmente en base a datos de Web of Science.

Porcentaje de publicaciones científicas que involucran colaboración internacional, 2013-2021

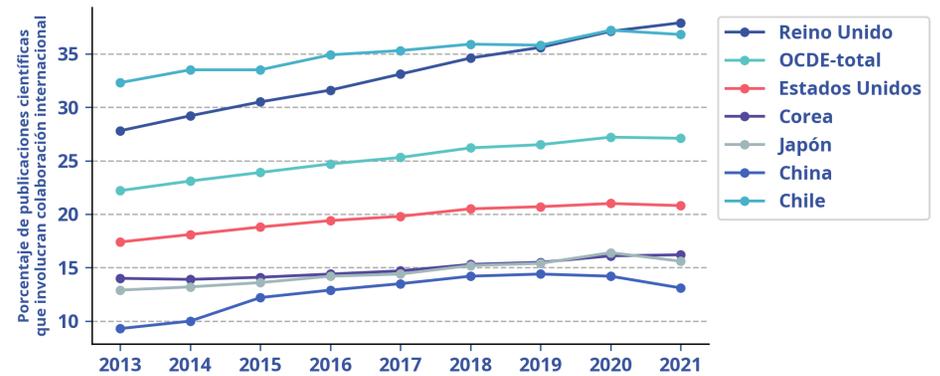


Figura 109

Fuente: Adaptado desde Science, Technology and Innovation Scoreboard, desarrollado por OECD (2017). Basado en Scopus.

Producción Tecnológica

Otro aspecto importante para evaluar el desempeño del Ecosistema CTCI es observar la evolución en el desarrollo tecnológico. Una métrica valiosa en este sentido es la evolución de patentes según el Tratado de Cooperación en materia de Patentes (PCT), que presenta invenciones solicitadas en Chile. Este indicador proporciona una visión de la capacidad del Ecosistema para traducir el conocimiento generado en innovaciones tangibles y tecnologías aplicables.

Este indicador muestra como la cantidad de patentes solicitadas anualmente se mantiene bajo las 250 solicitudes anualmente, registrando un aumento de un 39% entre el 2021 y el 2022.

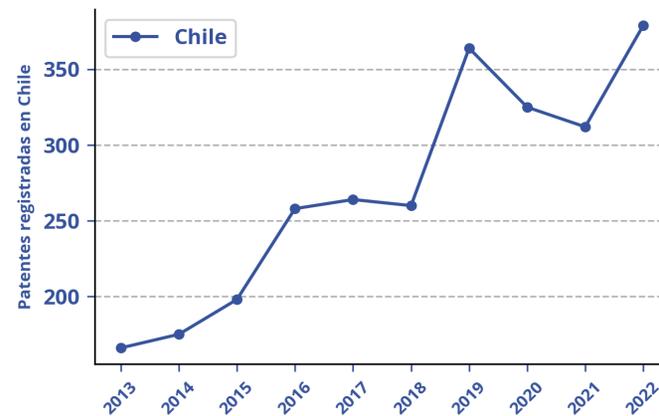
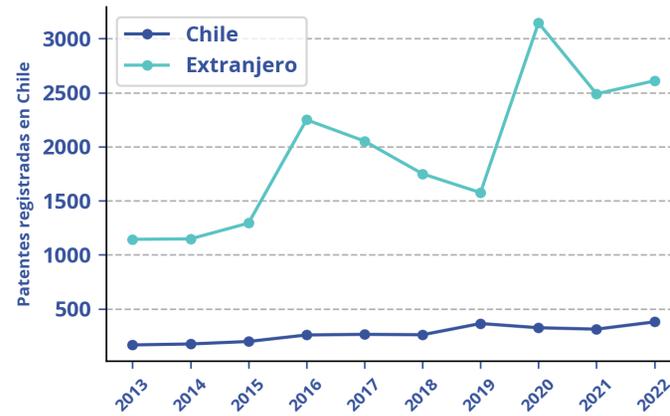
Figura 110

Fuente: Elaboración propia en base a datos de plataforma web Datos Abiertos de INAPI.

Arriba: patentes, tanto nacionales como extranjeras, registradas en Chile.

Abajo: detalle de sólo patentes chilenas.

Evolución del patentamiento en Chile (nacionales y extranjeras)



Evolución de patentes PCT de invención solicitadas en Chile

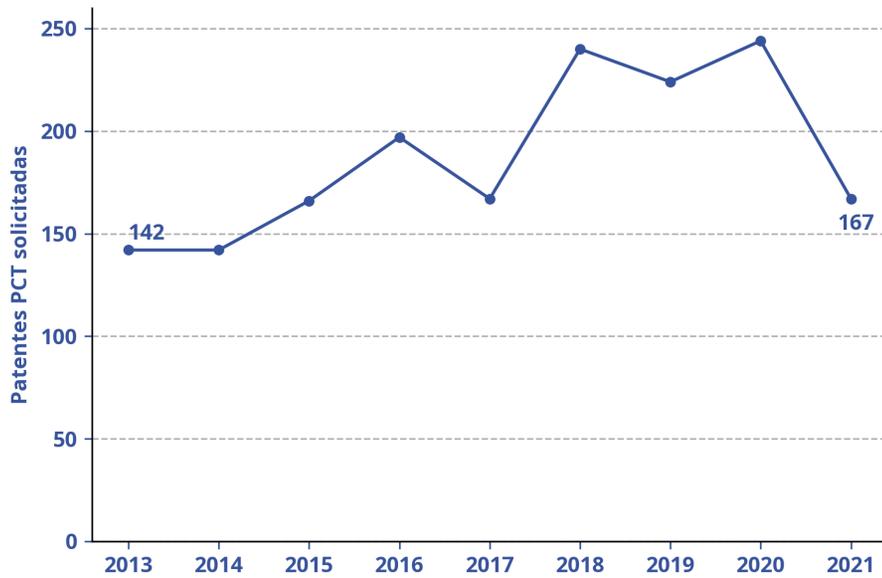


Figura 111

Fuente: Adaptado desde plataforma web Observa, construido originalmente en base a datos de plataforma web WIPO Statistics database.

Evolución de la cantidad de solicitudes de patentes PCT por cada millón de habitantes a nivel mundial

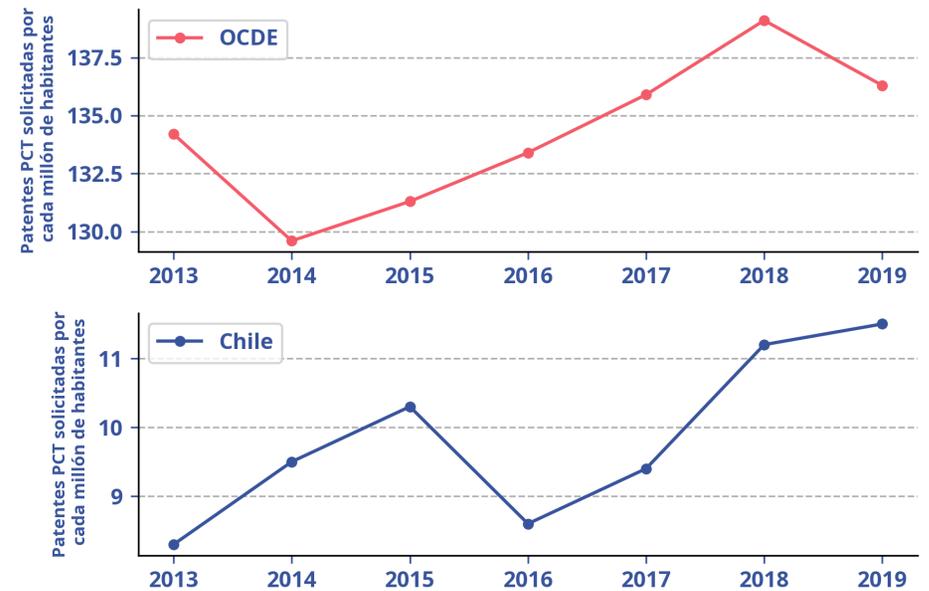


Figura 112

Fuente: Elaboración propia en base a datos de Main Science and Technology Indicators (MSTI), desarrollado por OCDE (2023b).

Proporción de solicitantes residentes en oficinas nacionales de patentes, países seleccionados, 2019-2021.

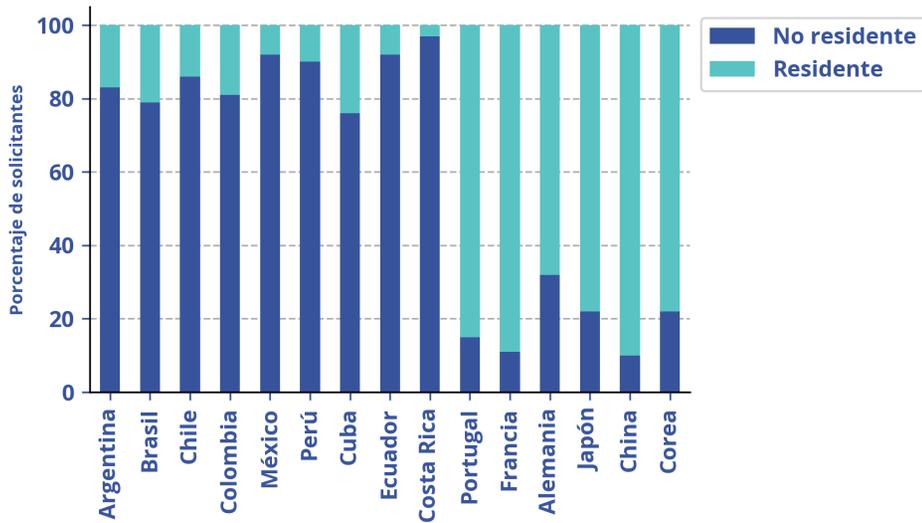


Figura 113

Fuente: Adaptado desde NU, CEPAL, OECD, CAF & European Commission (2023), construido originalmente en base a datos de WIPO.

Un enfoque adicional para entender la contribución de las instituciones educativas al desarrollo tecnológico es analizar la evolución de las solicitudes de patentes y modelos de utilidad realizadas por las universidades nacionales. Este análisis permite identificar el impacto y la participación de las instituciones académicas en la generación de propiedad intelectual, reflejando su compromiso con la transferencia de conocimiento y tecnología al sector productivo.

Evolución de las solicitudes de patentes de invención y modelos de utilidad por parte de universidades chilenas

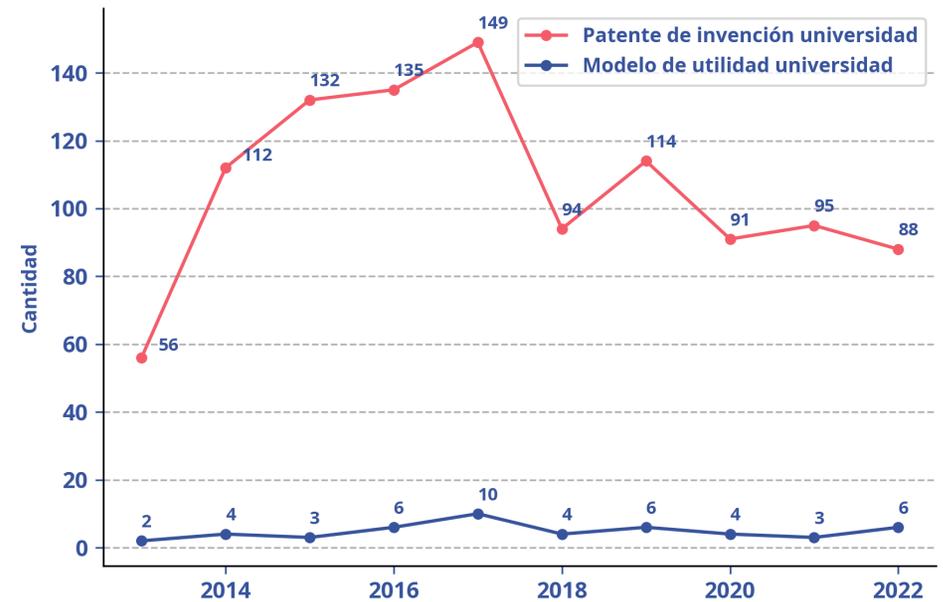


Figura 114

Fuente: Adaptado desde INAPI (2023b)

Evolución del número de divulgaciones de invención y el número de licenciamientos gestionados por Oficinas de Transferencia y Licenciamiento (OTL)

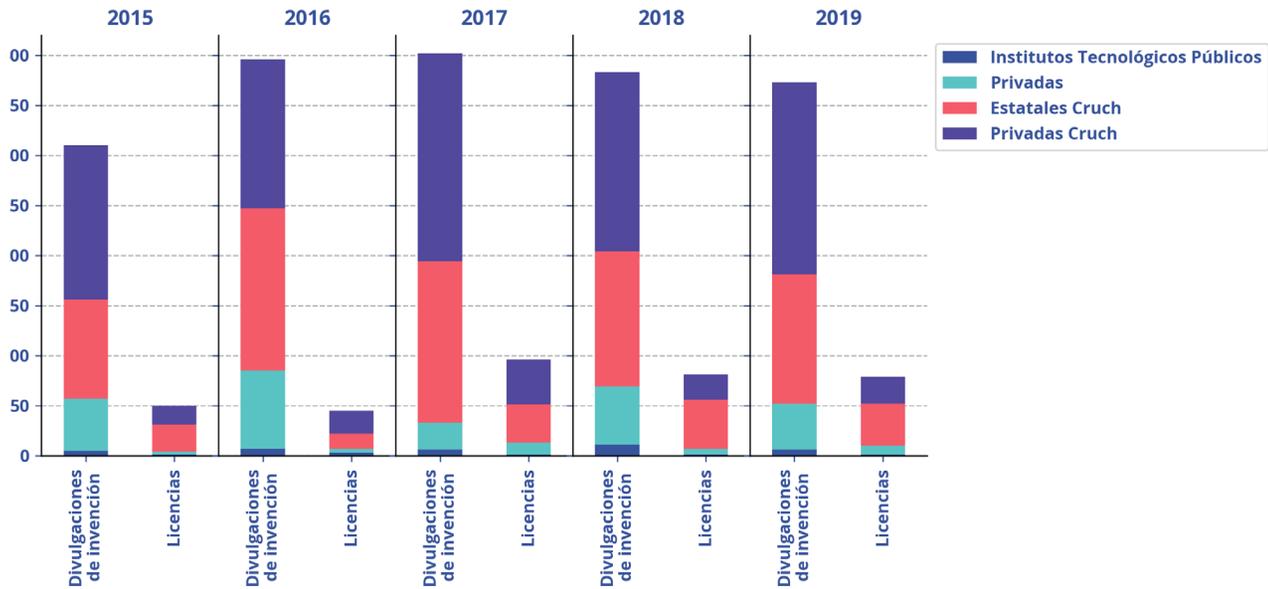


Figura 115

Fuente: Adaptado desde Ematrix, Prodem & InnovosGroup (2021).



Evolución del número de spin-offs y startups creadas con apoyo de OTL

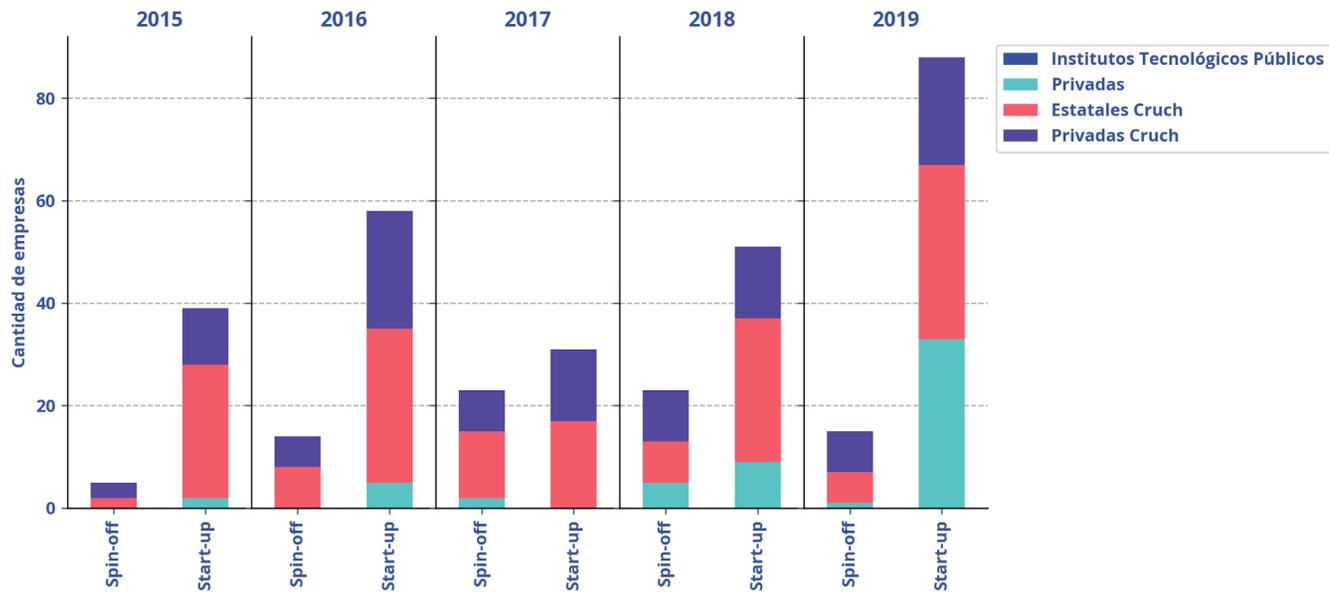


Figura 116

Fuente: Adaptado desde Ematris, Prodem & InnovosGroup (2021).



Ciencia y Sociedad

Una dimensión que suele ser olvidada pero que reviste gran importancia es la relación de la ciencia con la sociedad, en tanto la ciencia impacta de manera cada vez más fuerte la vida de las personas, y cuando contextos como la crisis climática o la pandemia requieren que la ciudadanía confíe en el conocimiento científico. Un ámbito que permite dar pistas al respecto es la percepción social de la ciencia y la tecnología. Así, al revisar los datos de la Encuesta Nacional de Percepción Social de la Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación del 2022, es posible notar un alto interés en algunas áreas del conocimiento científico; en especial, las relacionadas a salud, ciencias naturales y tecnología. Además, se percibe que el desarrollo científico y tecnológico hace que nuestras vidas sean más cómodas y que este desarrollo también contribuye a mejorar el medioambiente; sin embargo, no hay tanta confianza en que la ciencia y tecnología ayuden a disminuir las desigualdades sociales.

falta un grafico que estaba en el reporte: Porcentaje de personas que les interesa la ciencia y la tecnología vs otros temas

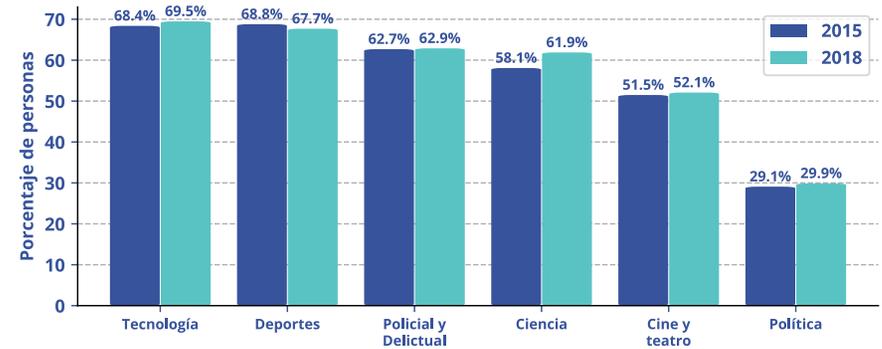


Figura 117

Fuente: Adaptado desde Encuesta Nacional de Percepción Social de la Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación (CTCI) 2018, Ministerio de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación.

Interés en áreas del conocimiento

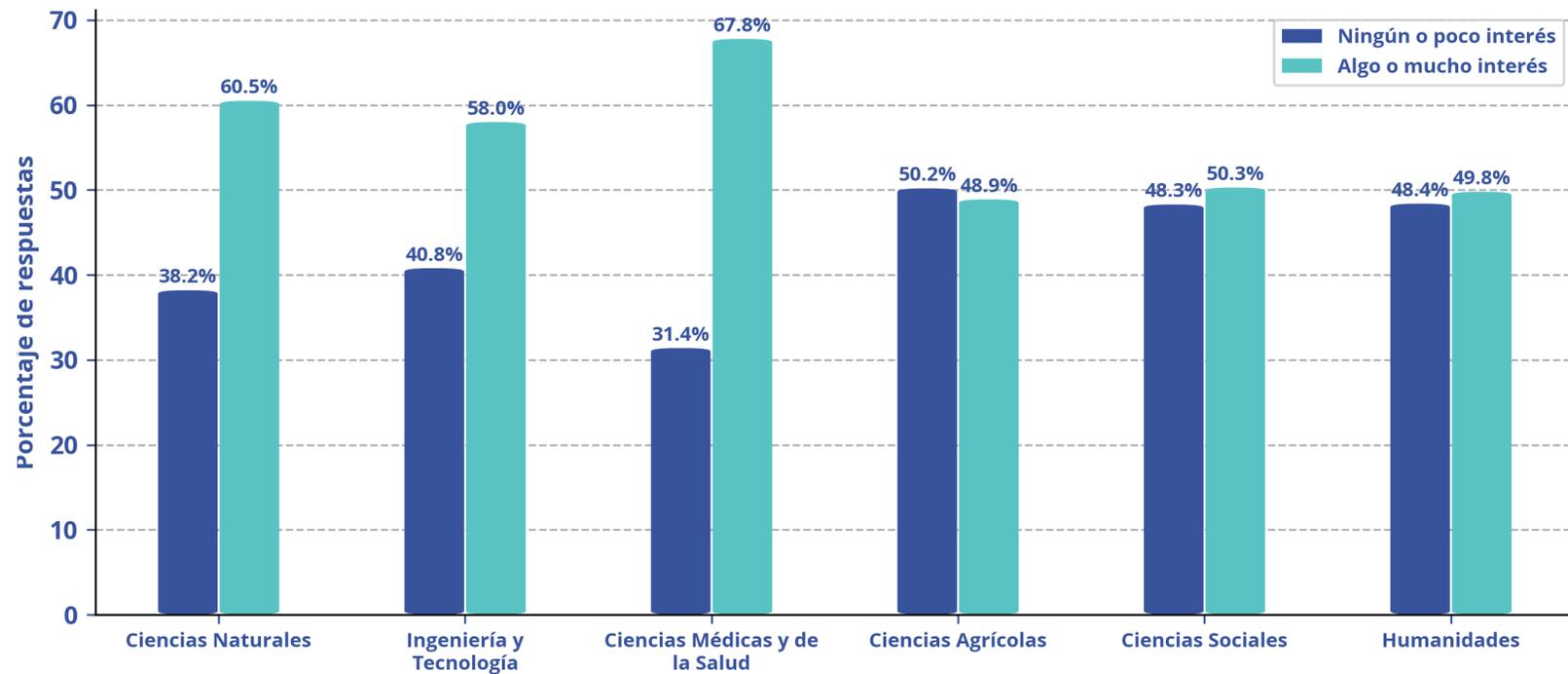


Figura 118

Fuente: Adaptado desde Ministerio de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación (2022). Respuesta a pregunta "En una escala de 1 a 4, donde 1 es Ningún Interés y 4 es Mucho Interés, dígame qué tan interesado está en los siguientes temas".

Valoración del desarrollo científico y su impacto en la sociedad

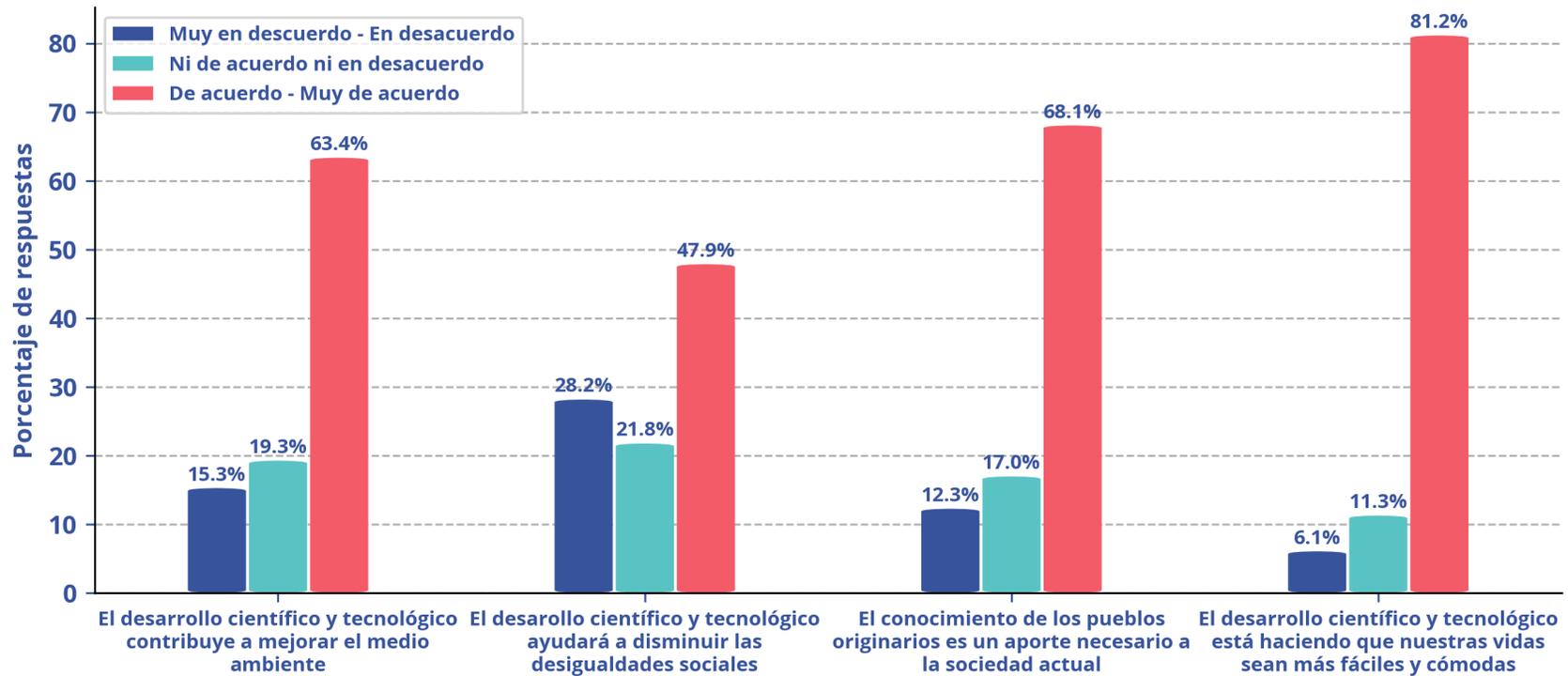


Figura 119

Fuente: Adaptado desde Ministerio de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación (2022). Respuesta a pregunta "En una escala de 1 a 5 donde 1 es Muy en desacuerdo y 5 es Muy de acuerdo, ¿qué tan de acuerdo o en desacuerdo está usted con las siguientes frases...?".

Consumo científico

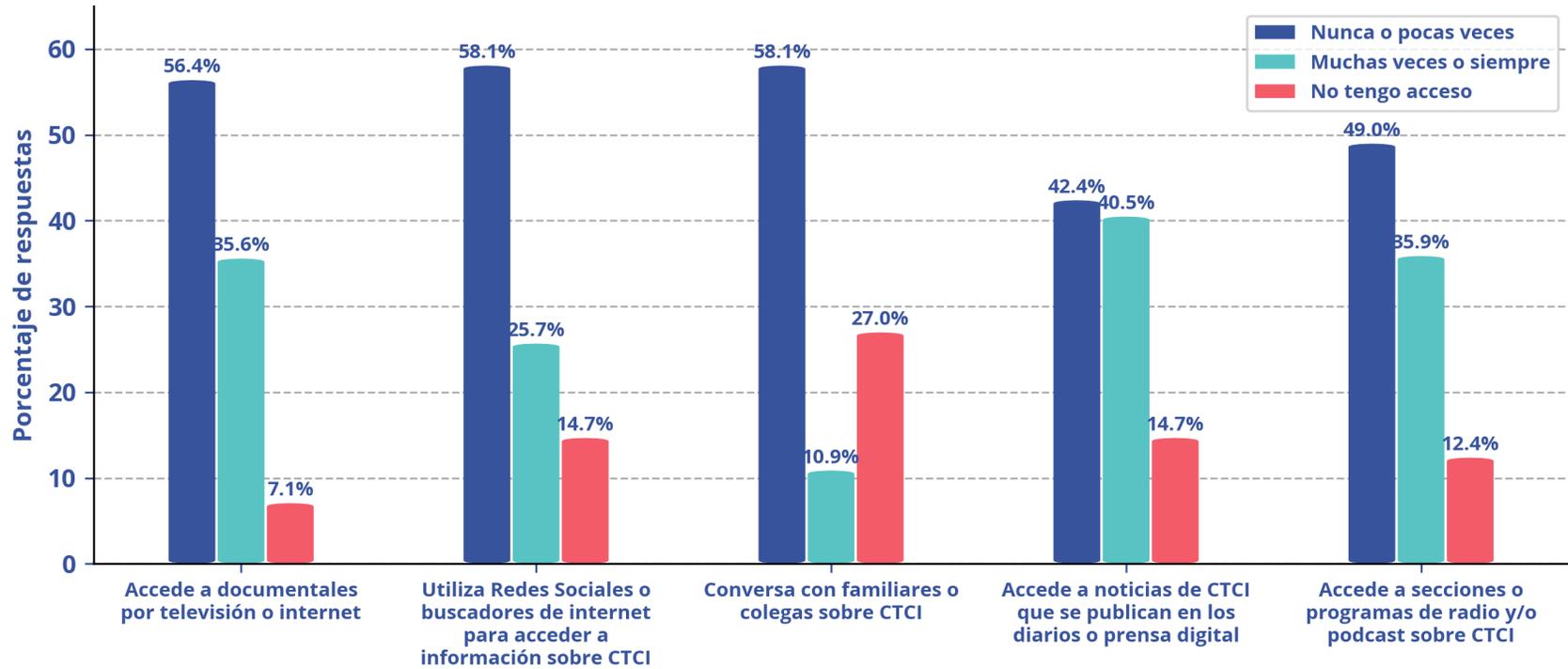


Figura 120

Fuente: Adaptado desde Ministerio de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación (2022). Respuesta a pregunta "En una escala de 1 a 4, donde 1 es Nunca y 4 Siempre. Durante los últimos 12 meses, ¿con qué frecuencia realiza usted cada una de las siguientes actividades?"

Aun así, dicho interés contrasta con el nivel de conocimiento científico de la población. Así, se aprecia que el resultado de la prueba PISA se ha mantenido prácticamente estancado desde 2009, y muy lejano de países como Japón o Corea. De modo similar, se evidencia una alta cantidad de adultos con bajas capacidades en tecnologías de la información, muy por encima del promedio OCDE. Por otra parte, se evidencia un alza sostenida en la intención emprendedora en Chile, reflejando una posible desconexión entre las capacidades tecnológicas de la población y su intención de emprender, dando una importante oportunidad de mejora.

Evolución de PISA Rendimiento medio en Ciencias, Chile y otros países OCDE, 2006-2018

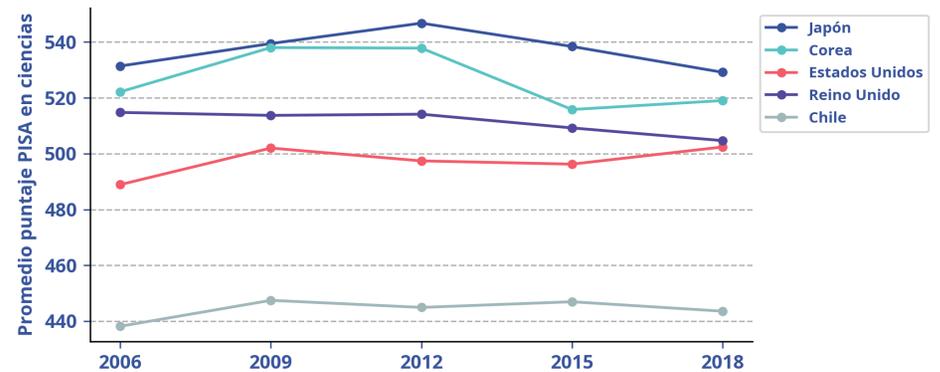


Figura 121

Fuente: Adaptado desde plataforma web OECD-ilibrary.



Porcentaje de adultos con bajas habilidades en TIC y procesamiento de información, Chile y resto de países OCDE, 2019

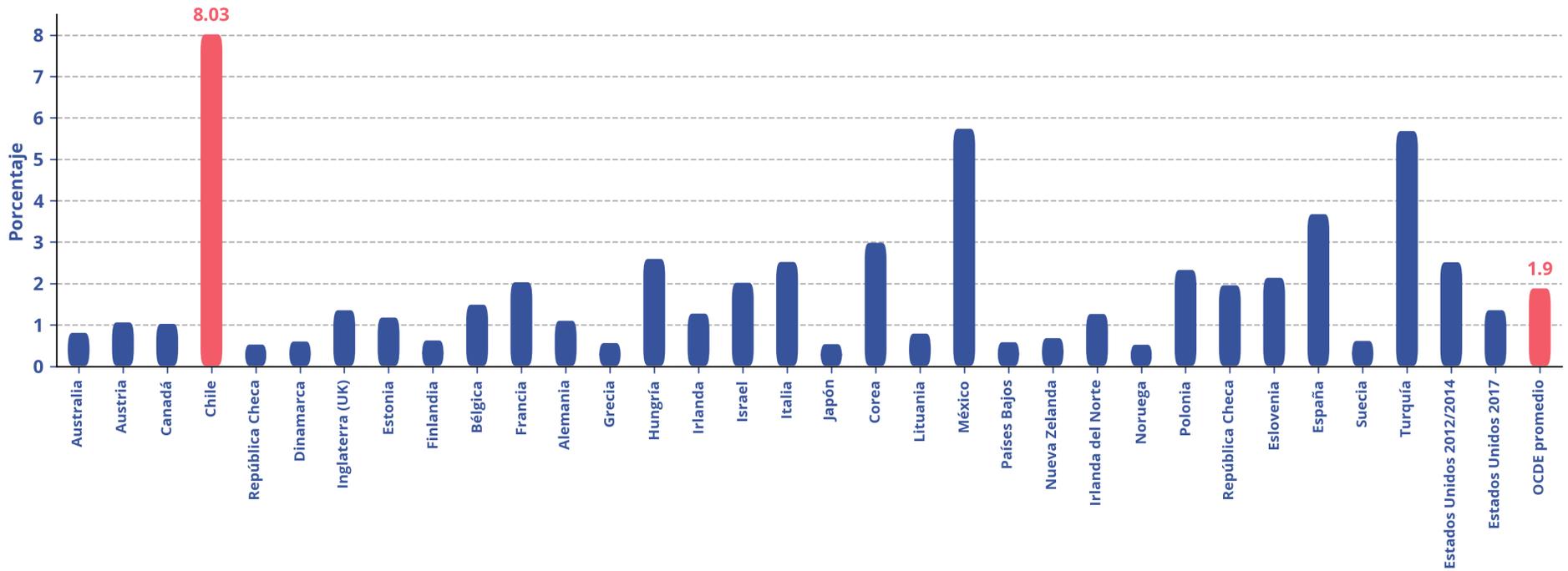


Figura 122

Fuente: *Elaboración propia en base a datos de OECD (2019).*



Evolución de la Intención Emprendedora en Chile, %, 18-64 años de encuestados. 2013-2022



Figura 123

Fuente: Elaboración propia en base a datos de plataforma web Global Entrepreneurship Monitor (GEM).

Empresas y Emprendimientos de Base Científico-Tecnológica (EBCT)

A nivel global, el surgimiento de EBCTs se dirige cada vez más al alza en las agendas internacionales de políticas de emprendimiento. Estos emprendimientos científicos y tecnológicos son un insumo clave en el proceso de transferir y comercializar el conocimiento generado tanto en centros de investigación como en universidades. En vista de lo anterior, es relevante considerar una panorámica que destaque qué tecnologías son las más utilizadas y en qué contexto estas se originan. Así, revisando la información otorgada por el 2° Registro de Emprendimientos y Empresas de Base Científico-Tecnológica elaborada en Chile el año 2021, se observa que las EBCTs poseen una mayor tendencia al uso de tecnologías predominantemente biológicas, destacándose principalmente en el sur del país. Por otro lado, las EBCTs en su mayoría se originan en el ámbito empresarial y académico. En detalle, se aprecia que aquellas con bases en tecnologías biológicas predominan en el ámbito académico. En contraste, a nivel empresarial preponderan las tecnologías digitales (y otros tipos de tecnologías) respecto al origen de éstas.

EBCT según tipo de tecnología predominante

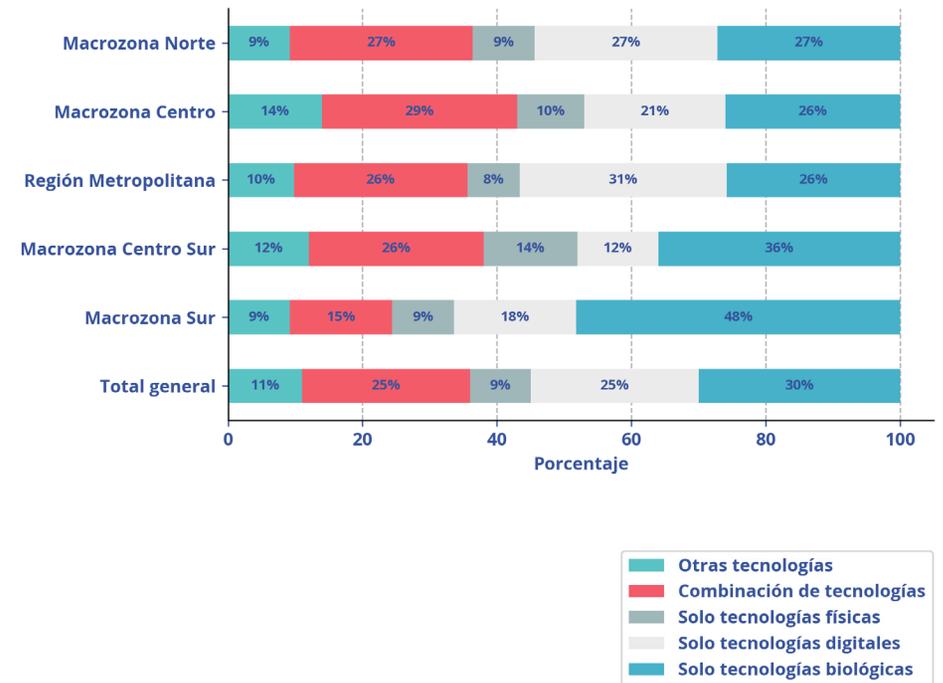


Figura 123

Fuente: Adaptado desde plataforma web Observa, construido originalmente en base a datos de Ministerio de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación (2020b).

Origen de la idea en la que se basan las Empresas de Base Científico-Tecnológica (EBCT), según tecnología predominante

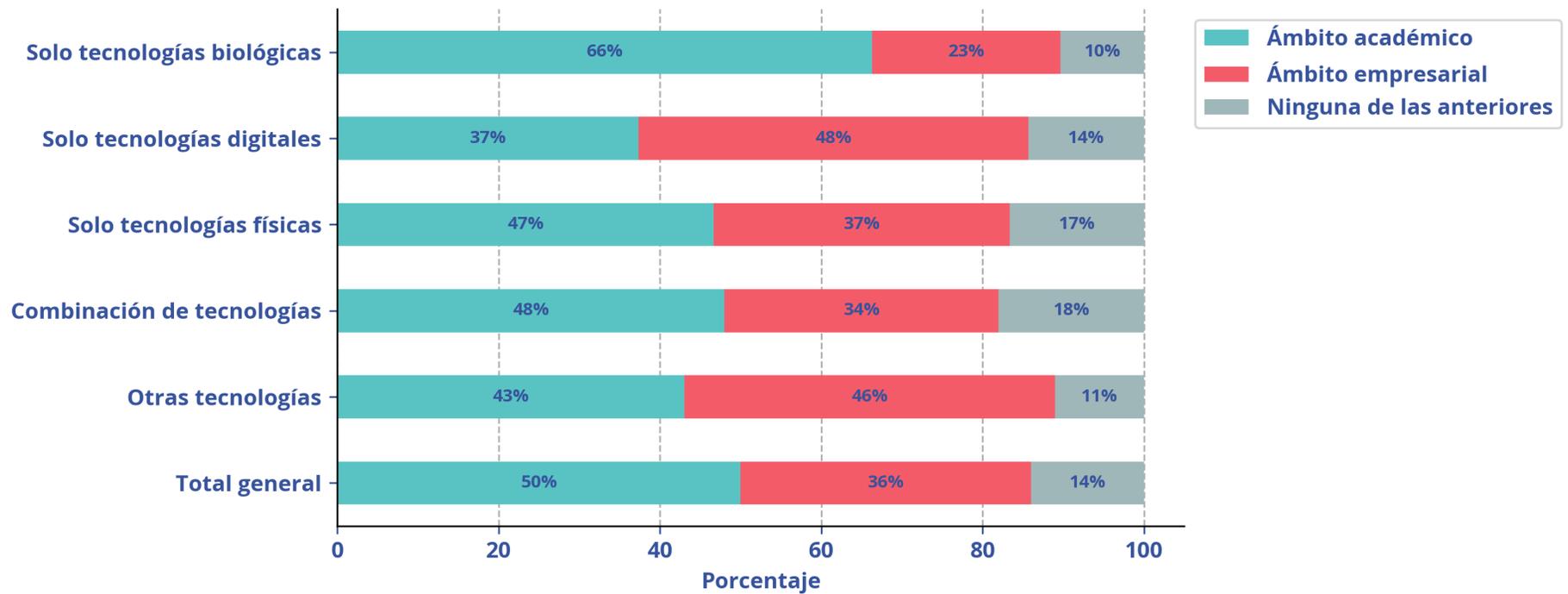


Figura 124

Fuente: Adaptado desde plataforma web Observa, construido originalmente en base a datos de Ministerio de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación (2020b).

Capítulo II:

Análisis y Caracterización de las actividades de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación en Salud

2013



2023

Alcance del Estudio

Entre las diversas temáticas de relevancia para el país, como los recursos hídricos, el envejecimiento poblacional y los desastres naturales, se destaca la salud como un área de especial interés. En colaboración con el Consejo CTCI, se ha optado por realizar un análisis más profundo del Ecosistema CTCI vinculado a la temática salud, basándose en el análisis de las capacidades CTCI en esta materia en Chile. Esta elección se sustenta en datos actuales, como la Encuesta del Centro de Estudios Públicos (CEP) de 2023, donde se evidencia que las personas encuestadas consideran que la salud es uno de los aspectos prioritarios para la dedicación de esfuerzos gubernamentales, encontrándose en segundo lugar después de la delincuencia. La importancia atribuida a la salud como componente esencial del bienestar nacional y su interconexión con avances científicos y tecnológicos la convierten en un tema clave para explorar en detalle en el marco del panorama del Ecosistema de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación en Chile.

El año 2019, se publicó el Estudio de la Carga Global de Enfermedades, Lesiones y Factores de Riesgo GBD 2019, liderado por el Instituto para las Métricas de Salud y Evaluación de la Universidad de Washington (GBD 2019 Diseases and Injuries Collaborators, 2020). En este reporte se detalla la carga mundial para 369 enfermedades y lesiones en 204 países y territorios, incluido Chile. Al analizar dichos datos, se destaca que los grupos de patologías que causan mayor número de muertes en nuestro país son Cáncer, Enfermedades Cardiovasculares y Diabetes y Enfermedades Renales. Para este análisis se decidió emplear esos tres grupos de enfermedades, considerando que son categorías lo suficientemente amplias como para suponer que existen varios proyectos y publicaciones científicas que abordan aquellos temas, a la vez que son lo suficientemente acotados para mantener la simpleza del análisis.

Enfermedades con mayor causa de muerte en Chile entre años 2009 y 2019

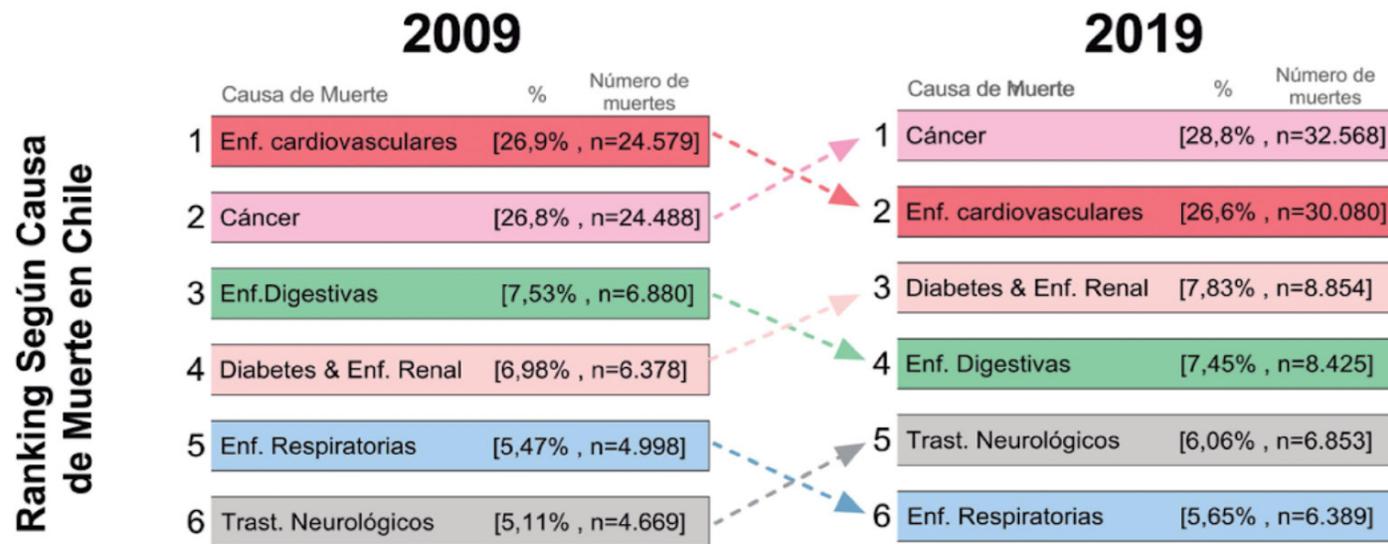


Figura 125

Fuente: Obtenido de Martínez-Sanguinetti et al. (2021).

Metodología

Análisis de publicaciones científicas

Objetivo

El objetivo de este análisis es conocer cómo ha evolucionado el panorama en investigación sobre la temática salud, y específicamente sobre las enfermedades mencionadas durante los últimos 10 años a nivel país. Lo anterior se realizará considerando los artículos o papers publicados, donde al menos uno de sus autores provenga de alguna institución chilena.

Particularmente, se realiza un análisis de redes de coautoría entre los autores de diferentes países que realizan investigación en conjunto con autores de instituciones chilenas. Esto permite contemplar el panorama de colaboración tanto nacional como internacional.

Posteriormente, se realiza el mismo análisis, pero desagregado, entre las instituciones participantes de estas redes de coautoría, lo cual permite contemplar el panorama de colaboración entre los diferentes tipos de instituciones.

Complementando lo anterior, para cada una de las tres enfermedades específicas, se realiza un recuento de qué tipo de instituciones chilenas son las que participan en la producción de cada artículo, lo cual entregará información respecto a qué tipo de instituciones son las que más han estado aportando en la investigación de estas enfermedades en los últimos 10 años.

Se realiza, por otro lado, un análisis de las keywords más frecuentes asignadas por OpenAlex a los artículos revisados. Esto con el objetivo de obtener una noción de los subtemas más investigados dentro de la salud en general, y dentro de cada enfermedad considerada durante los últimos años.

Base de datos

La información de los artículos publicados durante los últimos 10 años será obtenida a partir de la base de datos del catálogo virtual OpenAlex (Priem et al., 2022). Se seleccionó esta base de datos por ser de acceso abierto y gratuito.

Metodología

La selección de los artículos a analizar se realiza a través de filtros de atributos. En el contexto general, los parámetros para filtrar son los siguientes:

- Entidad: works (trabajos).
- País: cl (Chile).
- Fecha desde: 2013-01-01.
- Fecha hasta: 2024-01-01.
- Tipo: article (artículo).

Esto retornará todos los trabajos, de tipo artículos, con fecha de publicación entre 2013 y 2023 (ambos inclusive), en los cuales haya participado algún autor cuya institución pertenezca a Chile. En OpenAlex¹, la mayoría de los works publicados corresponden a articles, los que incluyen artículos de revistas, contenido posteado y artículos de tipo proceedings. Así, se

¹ Las keywords son extraídas por OpenAlex de forma automática, usando el modelo de machine learning llamado KeyBERT (Grootendorst, M., 2020).

excluyen libros, reportes, disertaciones o datasets.

Además, se agrega un último filtro respecto a el o los conceptos que deben estar asociados a los artículos que se buscan. Estos conceptos funcionan similar a las keywords y estos dependen de la enfermedad o temática abordada. Los conceptos son asignados por OpenAlex², y funcionan de manera jerárquica como un árbol, es decir que a partir de una idea o tema, descienden subtemas como conceptos “hijos”.

Para cada una de las enfermedades, los conceptos asociados que se escogen son los siguientes:

- Cáncer: cancer OR tumor OR neoplasm.
- Diabetes: diabetes.
- Enf. Cardiovasculares: “cardiovascular disease” OR “myocardial infarction” OR stroke OR “angina pectoris” OR “arterial hypertension” OR hyperlipidemia OR “acute coronary syndrome” OR “coronary artery/heart disease”.

Estos conceptos fueron elegidos basándose en keywords utilizadas en la literatura en otro tipo de revisiones para este tipo de enfermedades (Tarride et al., 2009; Jiménez de la Jara et al., 2015).

² Los conceptos son asignados por OpenAlex de forma automática, empleando un clasificador entrenado sobre un conjunto de datos construido por Microsoft con información sobre publicaciones científicas, autores, instituciones y campos de estudio (Färber, M, 2019).

Además, para analizar la temática Salud de manera general, se utiliza como concepto de búsqueda:

- Salud: medicine (medicina).

Esto funciona gracias a la estructura de árbol de los conceptos en OpenAlex, donde las enfermedades analizadas poseen como “ancestro” o “padre” el concepto medicine. Para obtener el porcentaje de presencia de cada enfermedad analizada dentro de la base de datos de los artículos relacionados a temática Salud, se analizan los conceptos asociados a cada artículo de Salud, y según la presencia de alguno de los conceptos utilizados para la búsqueda de artículos de cada enfermedad, se considerará si aquel artículo aborda alguna/s de las enfermedades. Por otro lado, los análisis de redes de coautoría se realizan utilizando el software VOSviewer, versión 1.6.20.

Consideraciones

Se debe considerar que todos los análisis realizados son limitados a lo que se dispone en la base de datos de OpenAlex.

Para cada temática, la cantidad de artículos analizados, obtenidos utilizando los filtros descritos previamente, son:

- Salud: 54974 artículos.
- Cáncer: 3522 artículos.
- Diabetes: 1242 artículos.
- Enfermedades Cardiovasculares: 761 artículos.

Además, con respecto a los parámetros utilizados en VOSviewer en los análisis de redes entre países, solo se consideran los artículos donde colaboran hasta 25 países a la vez. Asimismo, de manera proporcional a la cantidad de artículos analizados por temática, y exceptuando el caso de la temática general Salud, solo se consideran los países que presentan un mínimo **a** de artículos publicados y un mínimo **b** de citas. Primero se escogen los valores de Cáncer heurísticamente, considerando el tradeoff entre mejor visualización vs. cantidad de artículos considerados; luego, para el resto de las enfermedades se extienden estos valores de manera proporcional a la cantidad de artículos analizados. Luego:

- Cáncer: a=20; b=5.
- Diabetes: a=7, b=2.
- Enf. Cardiovasculares: a=4, b=1.

Por otro lado, en los análisis de redes entre instituciones los parámetros utilizados en VOSviewer son similares, considerando sólo los artículos donde colaboran hasta 25 instituciones a la vez. De igual manera que con el análisis de redes entre países, solo se consideran las instituciones que presentan un mínimo **a** de artículos publicados y un mínimo **b** de citas, donde se mantienen los parámetros mencionados anteriormente. Finalmente, de las instituciones resultantes, sólo se grafican las 100 con mayor peso de coautoría entre las otras instituciones. Mientras mayor es el peso de coautoría entre dos instituciones, implica que mayor es el número de artículos donde participa ese par de instituciones.

Por otro lado, las redes de coautoría en el análisis de las enfermedades específicas se presentan coloreadas según la concentración de publicaciones durante ciertos períodos de tiempo, y el mapa de colores se presenta en un rango de años definido automáticamente por VOSviewer, el cual es elegido con el criterio de ser capaz de mostrar una variación temporal que sea, visualmente, lo más informativa posible. Es por lo anterior que el mapa de colores varía sus rangos según cada visualización generada.

Para el caso del análisis de redes en Salud, también se consideran los artículos donde colaboran hasta 25 países/instituciones a la vez, y solo se consideran los países/instituciones que presentan un mínimo de 5 artículos. Finalmente, de los países/instituciones resultantes, sólo se grafican las 30 con mayor peso de coautoría entre los otros países/instituciones, esto con el fin de optimizar la visualización.

También, en el caso de las redes de coautoría en el análisis de Salud, estas se presentan coloreadas según el cluster al cual pertenece cada nodo. Donde un cluster se define como una colección de datos o conexiones que a términos de análisis resultan similares entre sí.

Análisis de proyectos

Objetivo

Este análisis, de forma similar al anterior, busca entender cómo ha evolucionado la investigación e innovación en las tres enfermedades seleccionadas, pero ahora empleando como fuente las bases de datos de proyectos financiados por la Agencia Nacional de Investigación y Desarrollo (ANID) y la Corporación de Fomento de la Producción (CORFO). Así, este análisis tiene como objetivo determinar el número de proyectos que abordan cáncer, enfermedades cardiovasculares y/o diabetes, y que son financiados por el Estado de Chile a través de ANID y CORFO, desagregando los datos por año, macrozona e instrumento o programa de financiamiento, además de cuantificar los montos entregados. Además, también se medirá la cantidad de proyectos que abordan la temática de salud en general, para así tener un punto de referencia contra el cual comparar los resultados de las enfermedades específicas.

Base de Datos

Se emplearán dos fuentes de datos para realizar este análisis:

- Base de datos histórica de proyectos adjudicados de ANID, disponible en el repositorio GitHub institucional de ANID (ANID, 2020).
- Base de datos de proyectos CORFO, incluyendo proyectos los subsidios de apoyo a la innovación CORFO y la Ley de Incentivo Tributario a la I+D (CORFO, 2021).

Para más detalles respecto a las bases de datos de proyectos, revisar Anexo 3.

Metodología

En primer lugar, fue necesario determinar qué proyectos abordan alguna de las tres enfermedades a trabajar. Para ello, se empleó la API de OpenAI y el modelo de lenguaje GPT-4, con el parámetro **temperature = 0¹**.

Si bien ambas bases de datos contienen información de proyectos adjudicados, existen algunas diferencias importantes entre ambas fuentes. Por un lado, la base de datos de proyectos de CORFO cuenta tanto con el título como con el objetivo del proyecto, mientras que la base de datos de ANID sólo cuenta con el nombre. Por otra parte, los proyectos CORFO suelen estar escritos en español, mientras que los de ANID están escritos tanto en español como inglés. Debido a estas variaciones entre ambas bases de datos, las instrucciones entregadas a GPT-4 fueron distintas en cada caso. Así, para la base de datos de ANID el *prompt* fue:

Eres un experto en evaluación de proyectos de investigación. Recibirás una lista de proyectos, cada uno empezando con un guión (-). Los proyectos sólo tienen título, y estos pueden estar en inglés o español. Tu trabajo es determinar para cada proyecto si habla de cáncer, de diabetes, de enfermedades cardíacas u otro tema. Si el tema del proyecto es cáncer,

¹ temperature es un parámetro que permite controlar la aleatoriedad de las respuestas generadas por GPT. Un valor alto de temperatura introduce mayor estocasticidad al modelo, mientras que un valor igual a cero (como el empleado en este estudio) permite respuestas mucho más consistentes.

debes responder 'cáncer'. Si el tema del proyecto es diabetes, debes responder 'diabetes'. Si el tema del proyecto es enfermedades cardiacas, debes responder 'cardiaca'. Si el tema del proyecto es algo distinto, debes responder 'otro.'. No pongas guiones al principio de cada respuesta. Sólo debes responder la clasificación correcta en cada línea.

Por otra parte, el *prompt* para proyectos CORFO fue:

Eres un experto en evaluación de proyectos de investigación. Recibirás una lista de proyectos, cada uno empezando con un guión (-). Algunos proyectos tienen un título y un objetivo, mientras otros sólo tienen título. Tu trabajo es determinar para cada proyecto, si habla de cáncer, de diabetes, de enfermedades cardíacas u otro tema. Si el tema del proyecto es cáncer, debes responder 'cáncer'. Si el tema del proyecto es diabetes, debes responder 'diabetes'. Si el tema del proyecto es enfermedades cardiacas, debes responder 'cardiaca'. Si el tema del proyecto es algo distinto, debes responder 'otro.'. No pongas guiones al principio de cada respuesta. Sólo debes responder la clasificación correcta en cada línea.

Con esta clasificación ya obtenida, se procedió a realizar el análisis desagregando por año, macrozonas y otras categorías. Todo el análisis fue realizado usando la plataforma de Google Colab, con el lenguaje de programación Python 3.10, la librería de manejo de datos Pandas 1.5, la librería de visualización Matplotlib 3.7 y la librería de cálculo numérico Numpy 1.23. Estas herramientas computacionales son parte del estándar en ciencia de datos, y permiten analizar conjuntos de datos estructurados, hacer cálculos sobre dichos datos y

generar gráficos y visualizaciones. Para más detalles respecto a la metodología, revisar el anexo 4.

Consideraciones

La base de datos de CORFO incluye tanto proyectos beneficiarios de subsidios de apoyo a la Innovación CORFO, como también proyectos acogidos a la Ley de Incentivo Tributario a la I+D. Sin embargo, sólo para los proyectos con subsidios se cuenta con el monto del cofinanciamiento público recibido. Así, para proyectos acogidos a Ley I+D sólo se cuenta con el monto certificado total del proyecto, sobre el cual se puede calcular un crédito tributario que se puede deducir de los impuestos; sin embargo, no se tiene un cálculo directo de cuánto ha invertido el Estado en dichos proyectos. Por ello, al trabajar sobre la base de datos de CORFO, los proyectos de Ley I+D serán contabilizados, pero sus montos serán considerados como cero.

Resultados del análisis

Análisis de publicaciones científicas

Evolución del estudio de cáncer, diabetes, enfermedades cardiovasculares y salud en general

Al analizar las publicaciones científicas relacionadas con cáncer, diabetes y enfermedades cardiovasculares (los tres grupos de enfermedades seleccionados para este estudio), se advierte que la mayor cantidad de investigaciones a lo largo de los años se ha centrado en el estudio del cáncer, siendo, además, la enfermedad que ha mostrado un mayor aumento en los últimos años. Esto contrasta con la cantidad de publicaciones científicas relacionadas a las otras dos enfermedades durante los años 2013 a 2023. Así, aunque las enfermedades cardiovasculares y la diabetes (segunda y tercera causa de muerte en el país respectivamente) sí han recibido atención en la literatura científica, el crecimiento en la cantidad de publicaciones relacionadas con estas patologías ha sido significativamente más lento que el del cáncer. Este patrón podría reflejar diferencias en la atención, el financiamiento o el interés científico en estas áreas específicas de la salud.

Evolución de la cantidad de artículos publicados sobre cáncer, diabetes y enfermedades cardiovasculares en Chile (2013 - 2023)

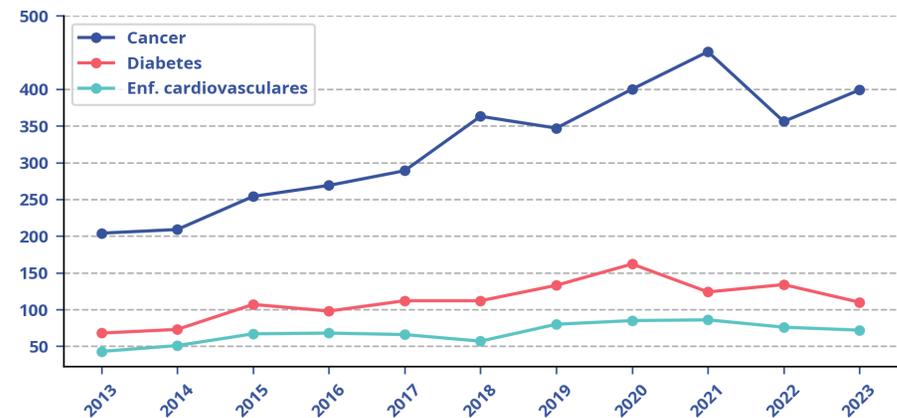


Figura 126

Fuente: Elaboración propia en base a artículos obtenidos desde OpenAlex según parámetros de búsqueda.

De todas maneras, además de analizar las tres enfermedades seleccionadas, es necesario explorar también la evolución de la investigación en salud, para así contextualizar de mejor manera el análisis y obtener una perspectiva más general. Así, al examinar las publicaciones científicas sobre salud, se confirma que las tres enfermedades seleccionadas corresponden a sólo una pequeña proporción de este entramado de artículos. Se observa además que la cantidad de artículos de salud va en aumento a lo largo de los años; particularmente se observa un alza considerable durante los

años 2020 y 2021, durante la pandemia de COVID-19, para luego volver a estabilizarse en concordancia con su trayectoria anterior. De esta forma, la investigación sobre cáncer, diabetes y enfermedades cardiovasculares corresponde a cerca de un 10% de la producción científica nacional en materia de salud realizada durante los últimos 10 años.

Evolución de la cantidad de artículos publicados sobre salud, cáncer, diabetes y enfermedades cardiovasculares en Chile (2013 - 2023)

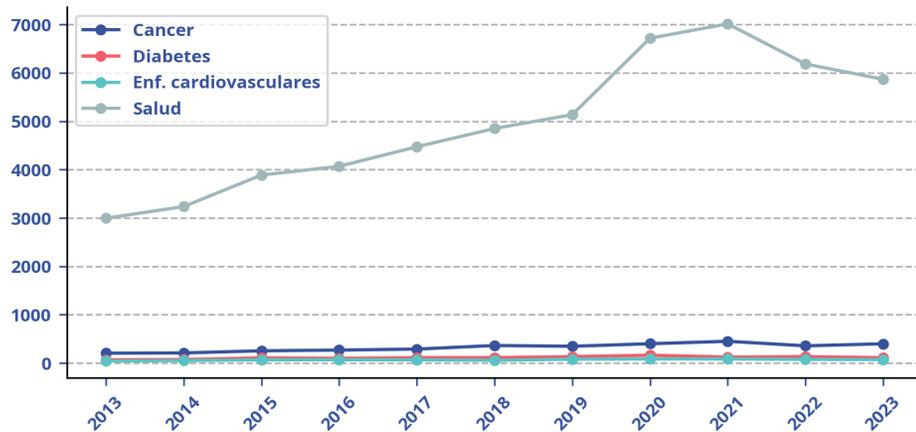


Figura 127

Fuente: Elaboración propia en base a artículos obtenidos desde OpenAlex según parámetros de búsqueda.

Total de Artículos publicados sobre salud, cáncer, diabetes y enfermedades cardiovasculares en Chile (2013 - 2023)

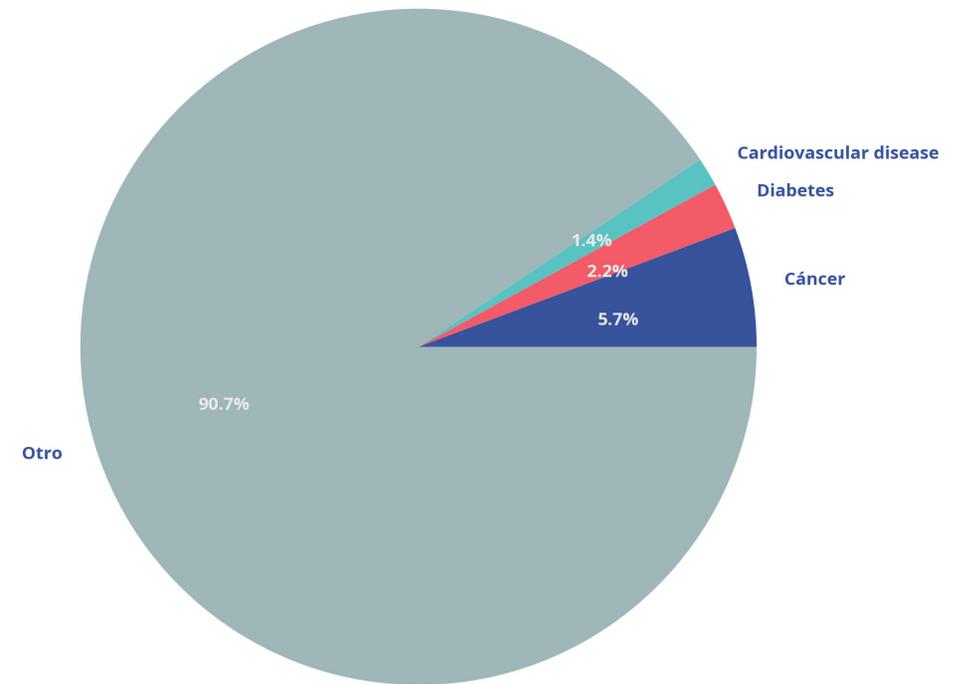


Figura 128

Fuente: Elaboración propia en base a artículos obtenidos desde OpenAlex según parámetros de búsqueda.

Colaboración Internacional en Producción Científica

La colaboración en términos de investigación es altamente deseable, ya que incorpora diferentes capacidades y perspectivas en los resultados de los estudios realizados. Fomentar la diversidad y la cooperación, tanto a nivel nacional como internacional, es una de las dinámicas clave dentro del Ecosistema. Una manera de evaluar este aspecto en la producción científica es mediante el análisis de la coautoría de publicaciones. A continuación se presentarán los grafos de relaciones de coautoría entre diferentes países, donde cada nodo representa un país. Este análisis se llevó a cabo tanto para la temática general de salud como para cada una de las enfermedades específicas seleccionadas. El tamaño de cada nodo se determina por su importancia, la cual aumenta con el valor de la cantidad de arcos¹ que lo conectan y el aumento del grosor de esos arcos; es decir, mientras más colaboraciones posea un país respecto a los otros, mayor será su importancia y, por ende, se representará con un mayor tamaño. Además, el grosor de cada arco indica el peso de coautoría (es decir, el número de artículos comunes) entre los nodos unidos por dicho arco. Asimismo, el color de cada nodo es determinado por el clúster al cual pertenece.

Salud

En el caso de salud como temática general, se evaluaron dos horizontes de tiempo:

- Fecha desde: 2016-01-01, y Fecha hasta: 2020-01-01.
- Fecha desde: 2020-01-01, y Fecha hasta: 2024-01-01.

¹ Un arco, en terminología de grafos, es simplemente una conexión entre dos nodos, y se suele representar como una línea.

Esto con el objetivo de evaluar de qué manera influyó la pandemia en la distribución e intensidad de la colaboración internacional.

Al analizar los resultados de este proceso, se aprecia que no hay cambios evidentes en la intensidad de colaboración internacional entre los dos periodos evaluados. De manera similar, se observa que los países con los cuales Chile tiene mayor intensidad de colaboración tampoco presentan mayor variación, exceptuando que en 2016-2019 se destaca a Israel y Noruega, mientras que en 2020-2023 son Ecuador y Uruguay quienes toman un lugar importante. Por otro lado, al realizar un análisis cuantitativo de la data entregada por VOSviewer, se observa que los pesos de colaboración para cada país en 2020-2023 son, en todos los casos, mayores que los presentados en 2016-2019. De esta forma, los datos parecen indicar que, si bien no se alteró la distribución del grafo de relaciones entre países, dichas relaciones sí se intensificaron durante y post-pandemia.

Mapa de co-autoría de países en artículos sobre Salud entre los años 2016 y 2019, incluyendo ambos años

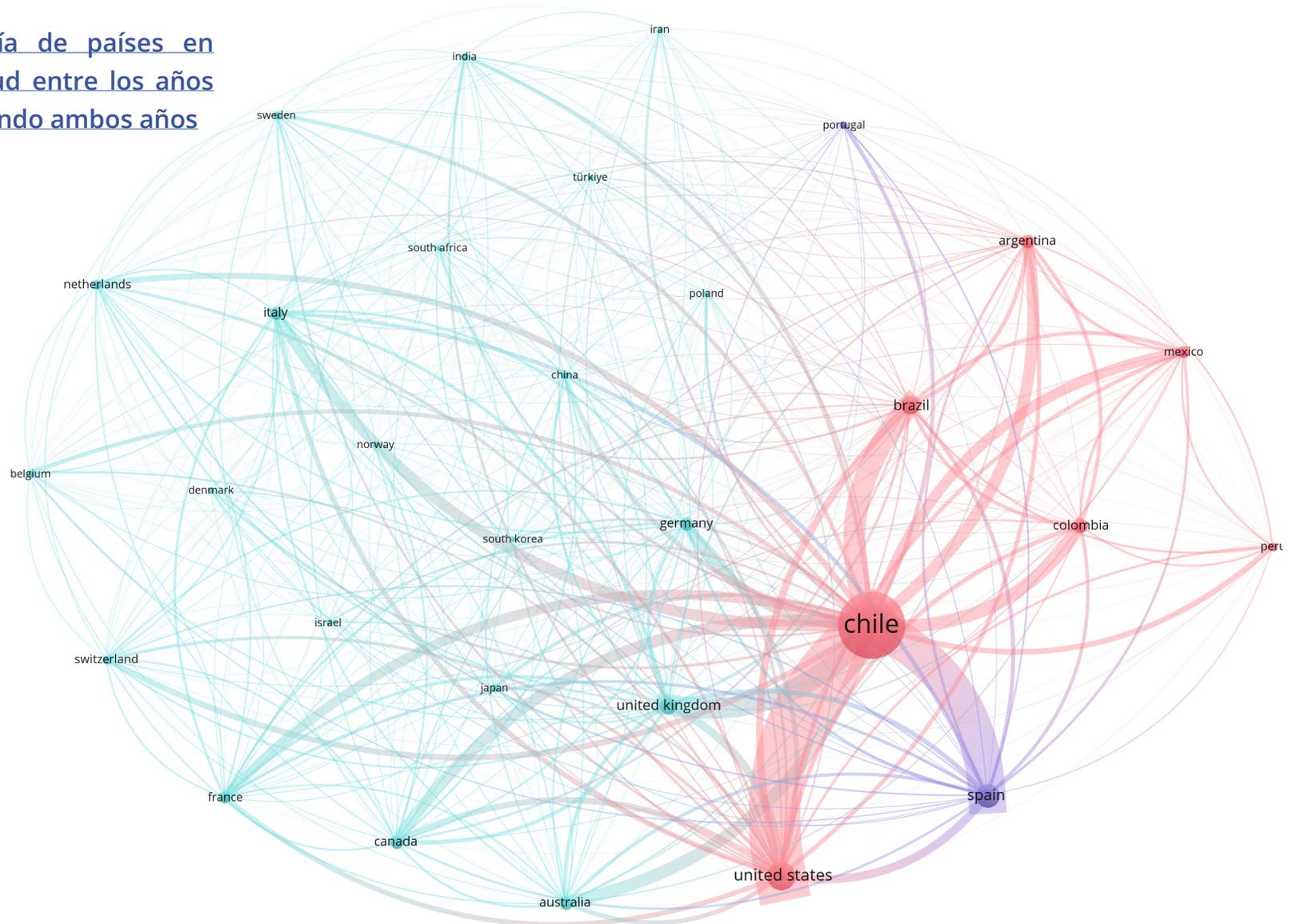


Figura 129

Fuente: Elaboración propia utilizando VOSviewer, en base a artículos obtenidos desde OpenAlex según parámetros de búsqueda. Cada color indica la pertenencia a un clúster distinto, determinado por VOSviewer.

Mapa de co-autoría de países en artículos sobre salud entre los años 2020 y 2023, incluyendo ambos años

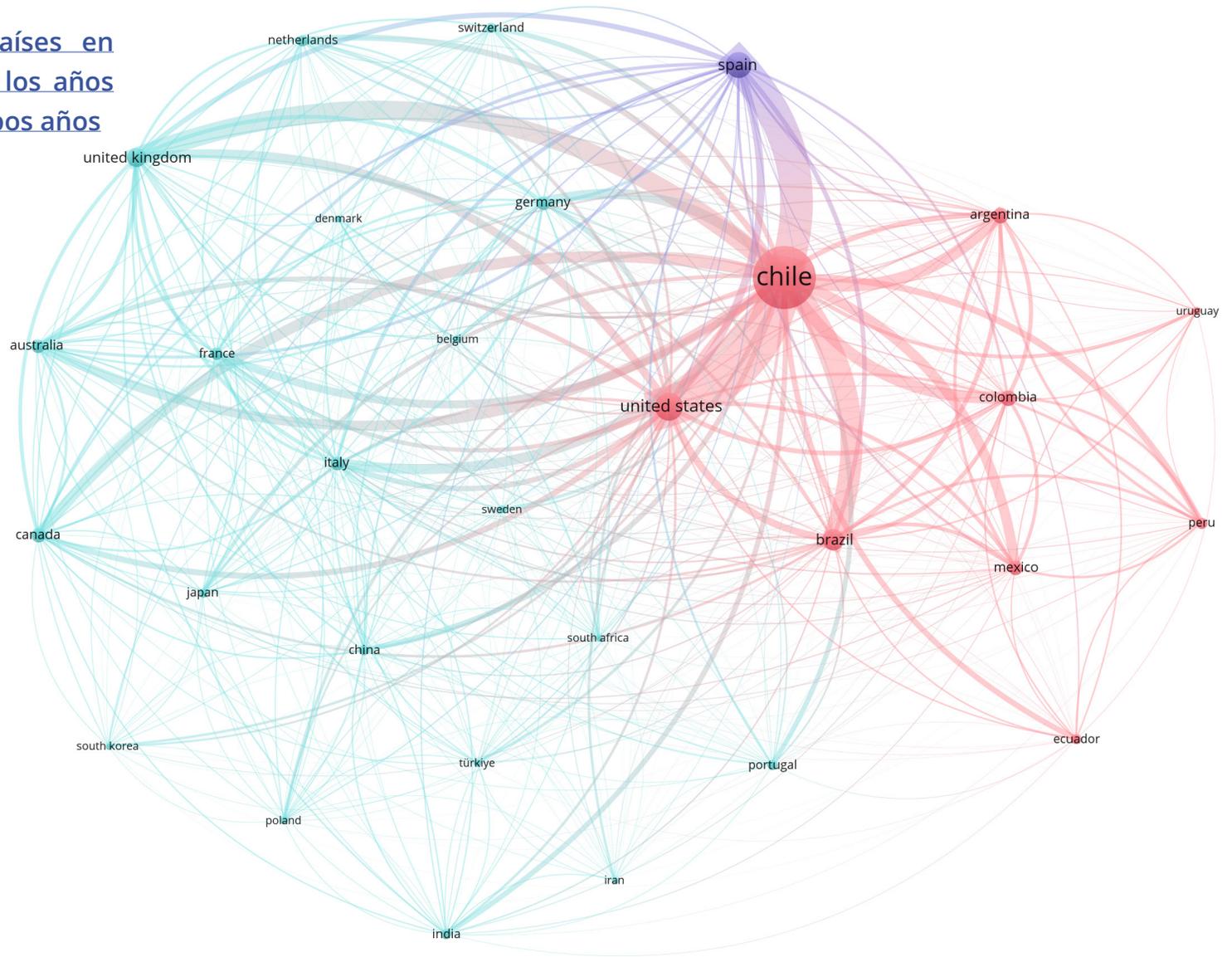


Figura 130

Fuente: Elaboración propia utilizando VOSviewer, en base a artículos obtenidos desde OpenAlex según parámetros de búsqueda. Cada color indica la pertenencia a un clúster distinto, determinado por VOSviewer.



Estudios o Investigación en Cáncer

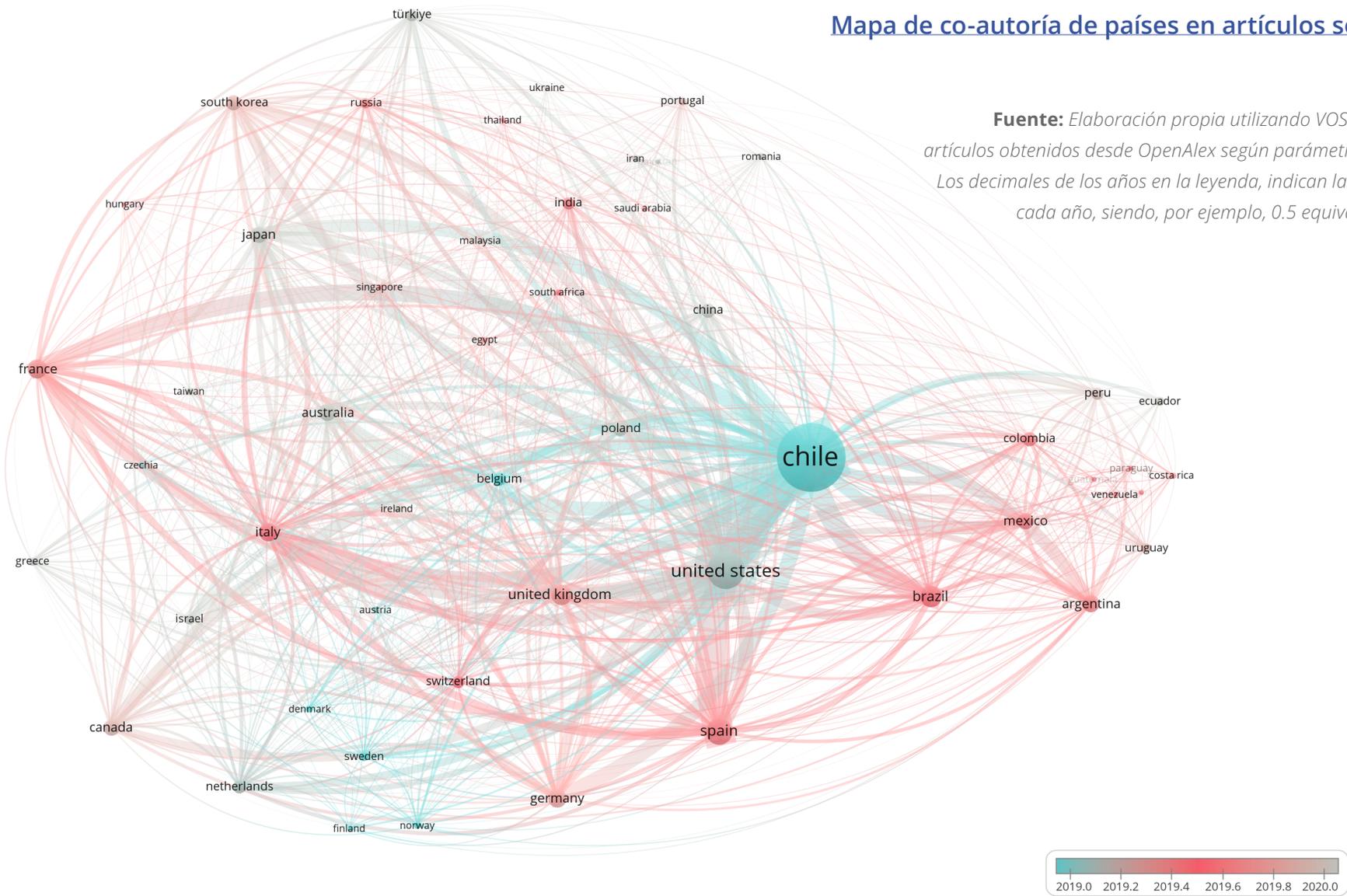
Se realizó el mismo procedimiento que el empleado anteriormente con la temática salud, ahora para analizar la colaboración científica a nivel país a través de redes de coautoría para cada una de las enfermedades seleccionadas.

Así, en base al análisis de coautoría de artículos científicos que abordan la patología cáncer, se puede observar que existe una gran cooperación internacional con países como Estados Unidos y España. Por otro lado, se observa que en los últimos años ha ido en aumento la cooperación con países más distantes a Chile, como lo son Japón, China, Australia y Turquía, entre otros.

Mapa de co-autoría de países en artículos sobre cáncer

Figura 131

Fuente: Elaboración propia utilizando VOSviewer, en base a artículos obtenidos desde OpenAlex según parámetros de búsqueda. Los decimales de los años en la leyenda, indican la décima parte de cada año, siendo, por ejemplo, 0.5 equivalente a 6 meses.



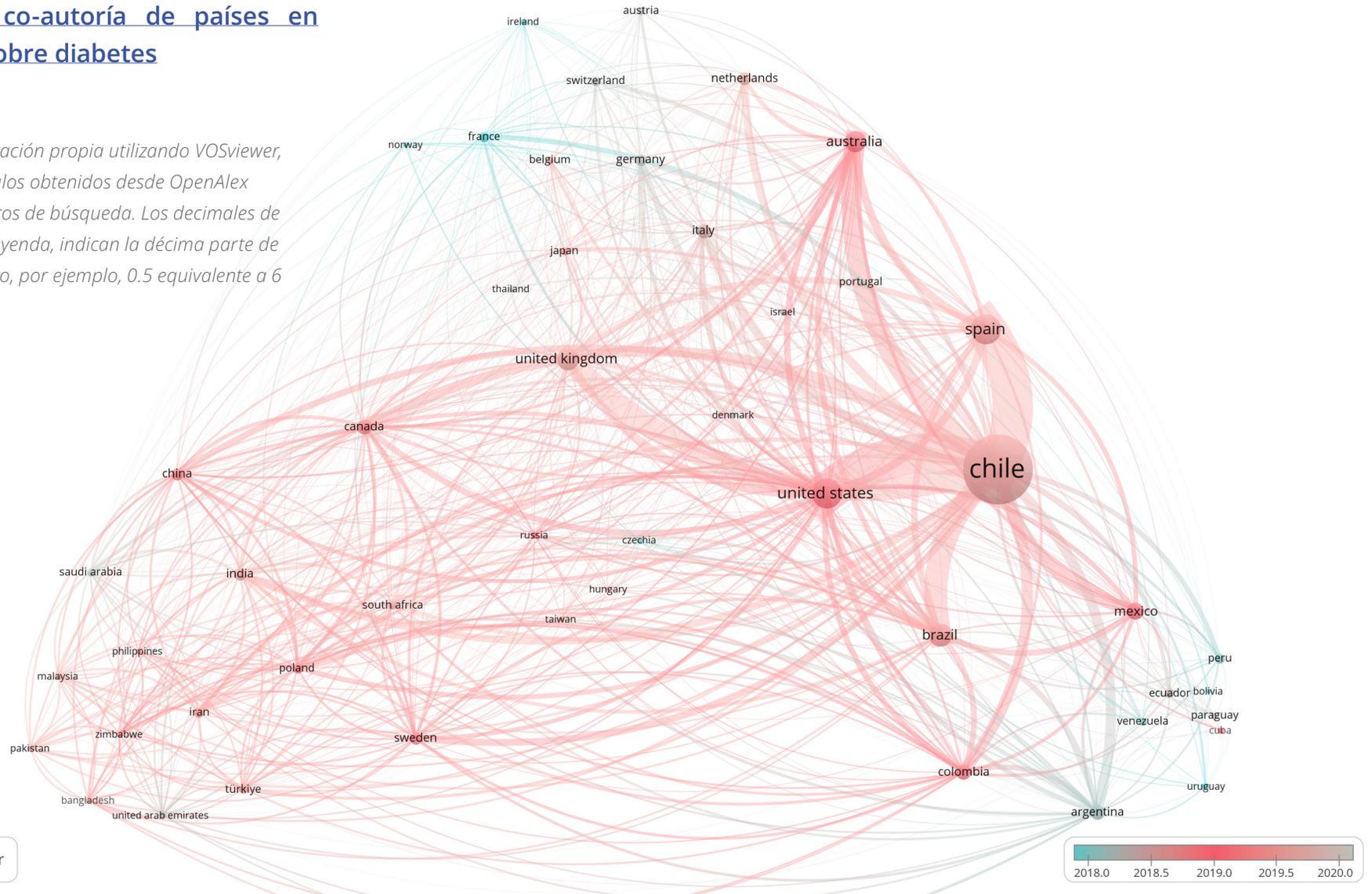
Estudios o Investigación en Diabetes

Al realizar el mismo análisis para la patología diabetes, se observa nuevamente un gran nivel de cooperación con Estados Unidos, aunque con una intensidad mucho menor que la evidenciada en cáncer. Por otra parte, destacan en este mapa las relaciones con España, Reino Unido, Brasil y Australia; interesante es el caso de este último país, pues si bien presenta gran intensidad de colaboraciones con nuestro país en torno a diabetes, no ocurriría lo mismo con investigaciones sobre cáncer.

Mapa de co-autoría de países en artículos sobre diabetes

Figura 132

Fuente: Elaboración propia utilizando VOSviewer, en base a artículos obtenidos desde OpenAlex según parámetros de búsqueda. Los decimales de los años en la leyenda, indican la décima parte de cada año, siendo, por ejemplo, 0.5 equivalente a 6 meses.



Enfermedades cardiovasculares

Con respecto a las enfermedades cardiovasculares, se observa que la mayor concentración de artículos de investigación se presenta alrededor del 2019. Nuevamente, la relación más fuerte es con Estados Unidos, seguido de otros países como Reino Unido, España, Canadá y Australia. Además, en el mapa también aparece Brasil, destacando a lo largo de este análisis como el país de Latinoamérica con el que Chile más colabora, lo cual coincide con que, según el Banco Mundial, Brasil es el país latinoamericano con mayor gasto en I+D en proporción con su PIB.

Mapa de co-autoría de países en artículos sobre enfermedades cardiovasculares.

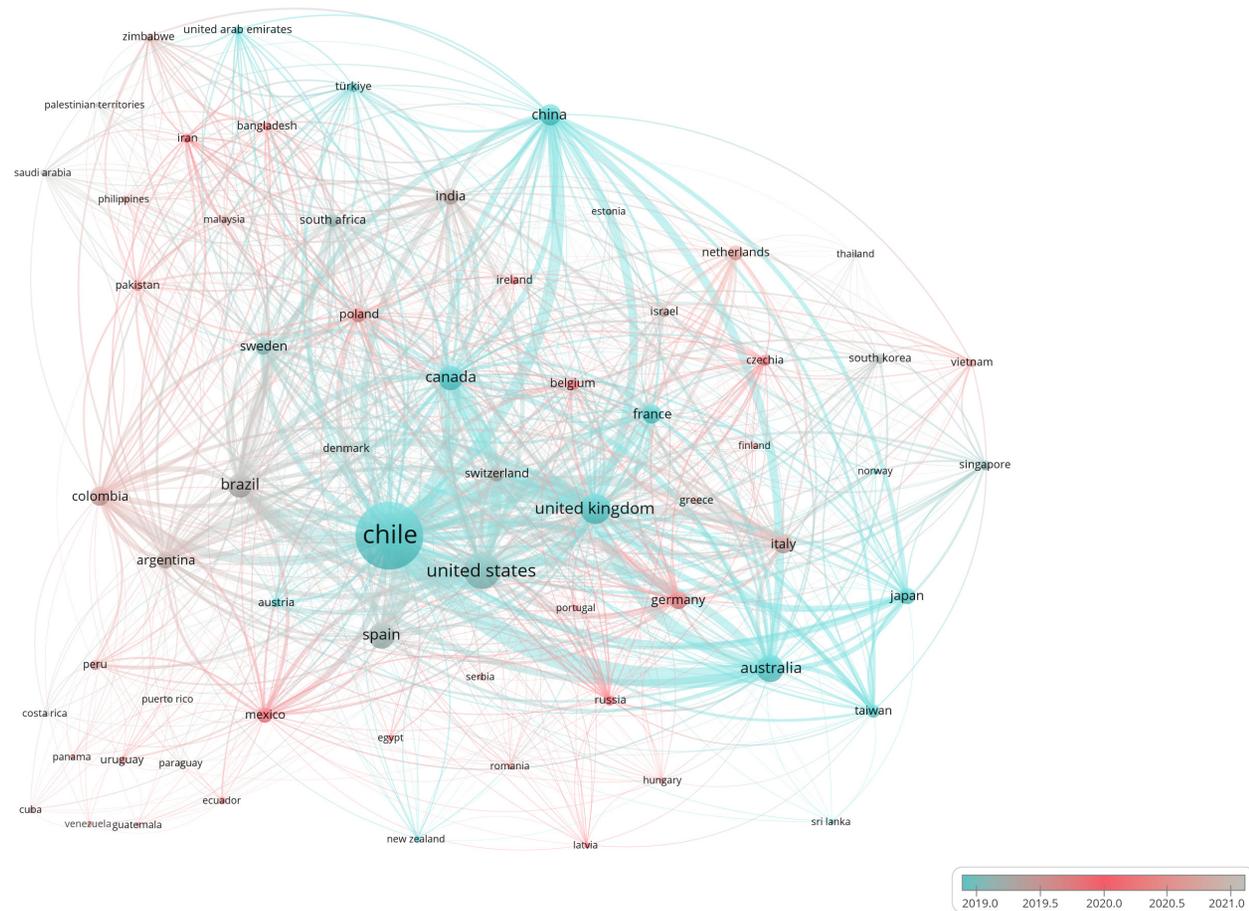


Figura 133

Fuente: Elaboración propia utilizando VOSviewer, en base a artículos obtenidos desde OpenAlex según parámetros de búsqueda. Los decimales de los años en la leyenda, indican la décima parte de cada año, siendo, por ejemplo, 0.5 equivalente a 6 meses.

Colaboración Institucional en Producción Científica

A partir de los datos recopilados para el estudio, también se puede analizar la colaboración entre diferentes instituciones. Para llevar a cabo este análisis, se construye un grafo de coautoría teniendo en cuenta la afiliación institucional de cada autor. En este grafo, también el tamaño de cada nodo está determinado por la cantidad de arcos que lo conectan y el grosor de dichos arcos; es decir, mientras mayor sea la cantidad de colaboraciones que posea una institución con otras, mayor será el tamaño con el que se representará a la institución en el grafo. Además, al igual que en los análisis anteriores, el grosor de cada arco indica el peso de la coautoría, es decir, el número de artículos comunes entre los nodos unidos por dicho arco. Asimismo, el color de cada nodo es determinado por el cluster al cual pertenece. Este enfoque detallado proporciona información valiosa sobre las interacciones específicas que contribuyen a la producción científica en cada área de estudio.

Salud

De igual manera que en el análisis de colaboración internacional, en este caso se estudian los mismos dos horizontes de tiempo, para poder evaluar el posible impacto que tuvo la pandemia en la colaboración institucional.

Al analizar las siguientes figuras, parece no haber mayor diferencia en la intensidad de colaboraciones a nivel institucional con Chile. Dentro de las 30 instituciones con mayor intensidad de colaboración, hay instituciones que aparecen en el periodo 2016-2019 y que no aparecen en 2020-2023, y viceversa; sin embargo, no es una cantidad significativa. Todo esto parece indicar que las redes de colaboración institucionales no se vieron afectadas drásticamente por la pandemia de Covid-19.

Mapa de co-autoría de instituciones en artículos sobre *salud* entre los años 2016 y 2019, incluyendo ambos años

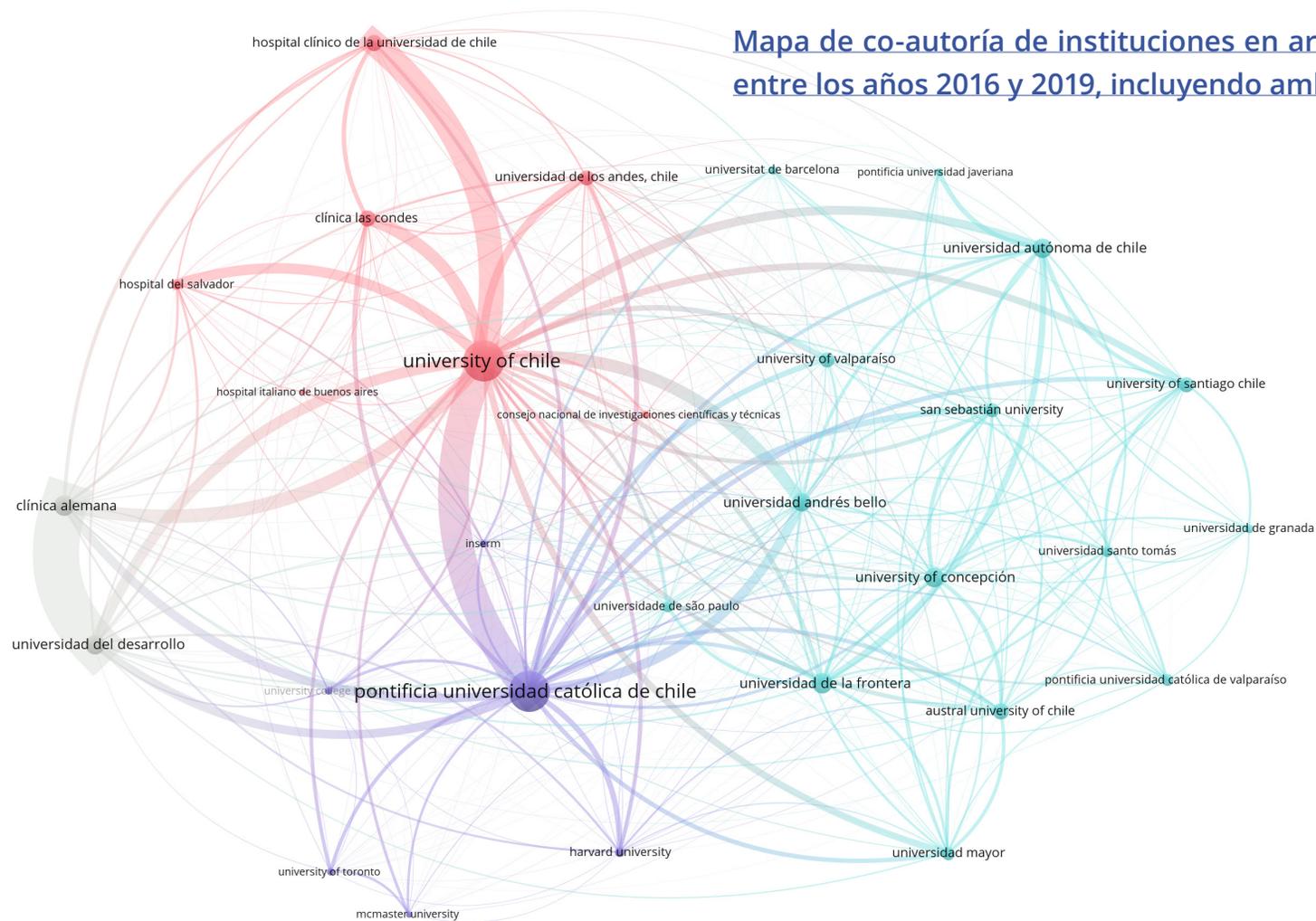


Figura 134

Fuente: Elaboración propia utilizando VOSviewer, en base a artículos obtenidos desde OpenAlex según parámetros de búsqueda. Cada color indica la pertenencia a un clúster distinto, determinado por VOSviewer.

Mapa de co-autoría de instituciones en artículos sobre *salud* entre los años 2020 y 2023, incluyendo ambos años

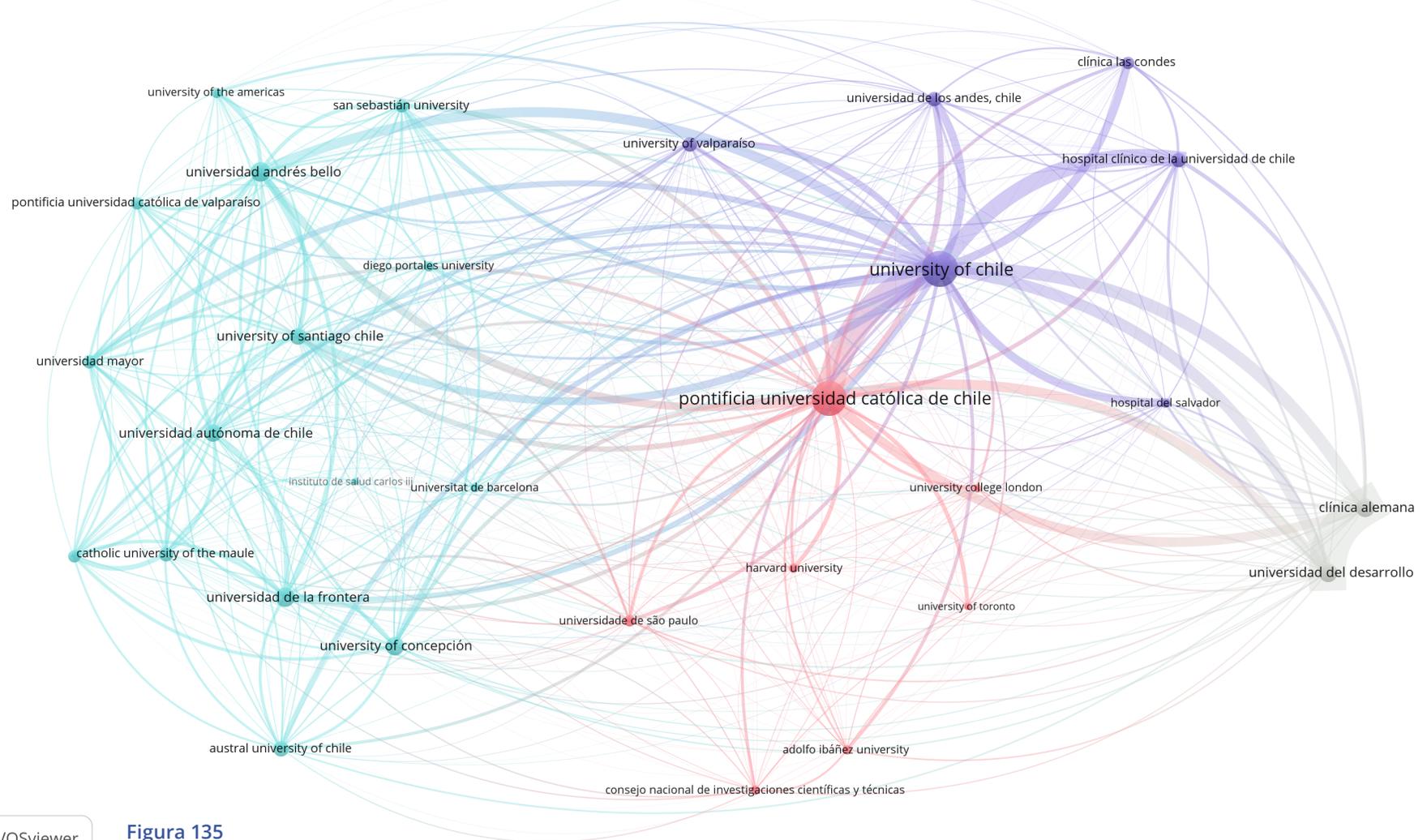


Figura 135

Fuente: Elaboración propia utilizando VOSviewer, en base a artículos obtenidos desde OpenAlex según parámetros de búsqueda. Cada color indica la pertenencia a un clúster distinto, determinado por VOSviewer.

Estudios o Investigación en Cáncer

Con respecto a las instituciones participantes de investigaciones relacionadas al cáncer, se observa, principalmente, una fuerte cooperación entre la Pontificia Universidad Católica de Chile, la Universidad de Chile y el Centro de Investigación *Advanced Center for Chronic Diseases (ACCDIS)*. Destaca también el Instituto Nacional del Cáncer, cuya más fuerte colaboración es con la Universidad de Chile. Por otro lado, se observa que a partir del año 2020 la colaboración con las instituciones internacionales se comienza a hacer más presente, a pesar de seguir siendo menor que la cooperación nacional. Otras instituciones destacadas en la investigación del cáncer son la Fundación Arturo López Pérez, formando una gran cantidad de relaciones de cooperación con otras instituciones, además de la fuerte presencia de universidades regionales tales como la Universidad de la Frontera y la Universidad de Concepción.

Mapa de co-autoría de instituciones en artículos sobre *cáncer*

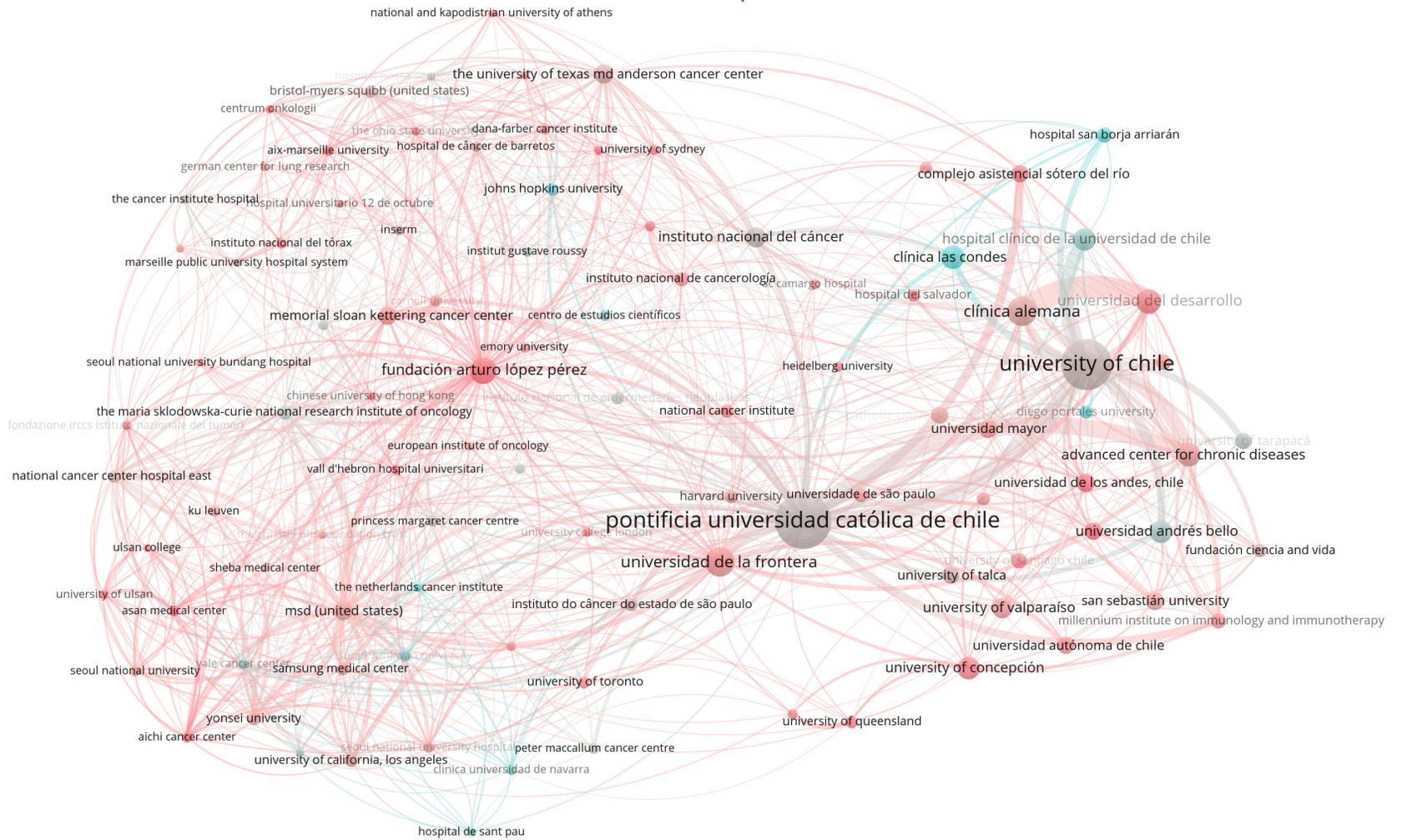


Figura 136

Fuente: Elaboración propia utilizando VOSviewer, en base a artículos obtenidos desde OpenAlex según parámetros de búsqueda



Estudios o Investigación en Diabetes

Con respecto a las instituciones participantes de investigaciones relacionadas a la **diabetes**, además de la predominancia de la Universidad de Chile y la Pontificia Universidad Católica, cabe destacar la actividad en las universidades de Concepción, Autónoma y Austral. Además, a diferencia de la red de colaboración para investigaciones en cáncer, en este caso sí aparece una colaboración internacional de mayor intensidad, como por ejemplo, la relación de la Universidad de Queensland con la Universidad Católica.

Mapa de co-autoría de instituciones en artículos sobre diabetes

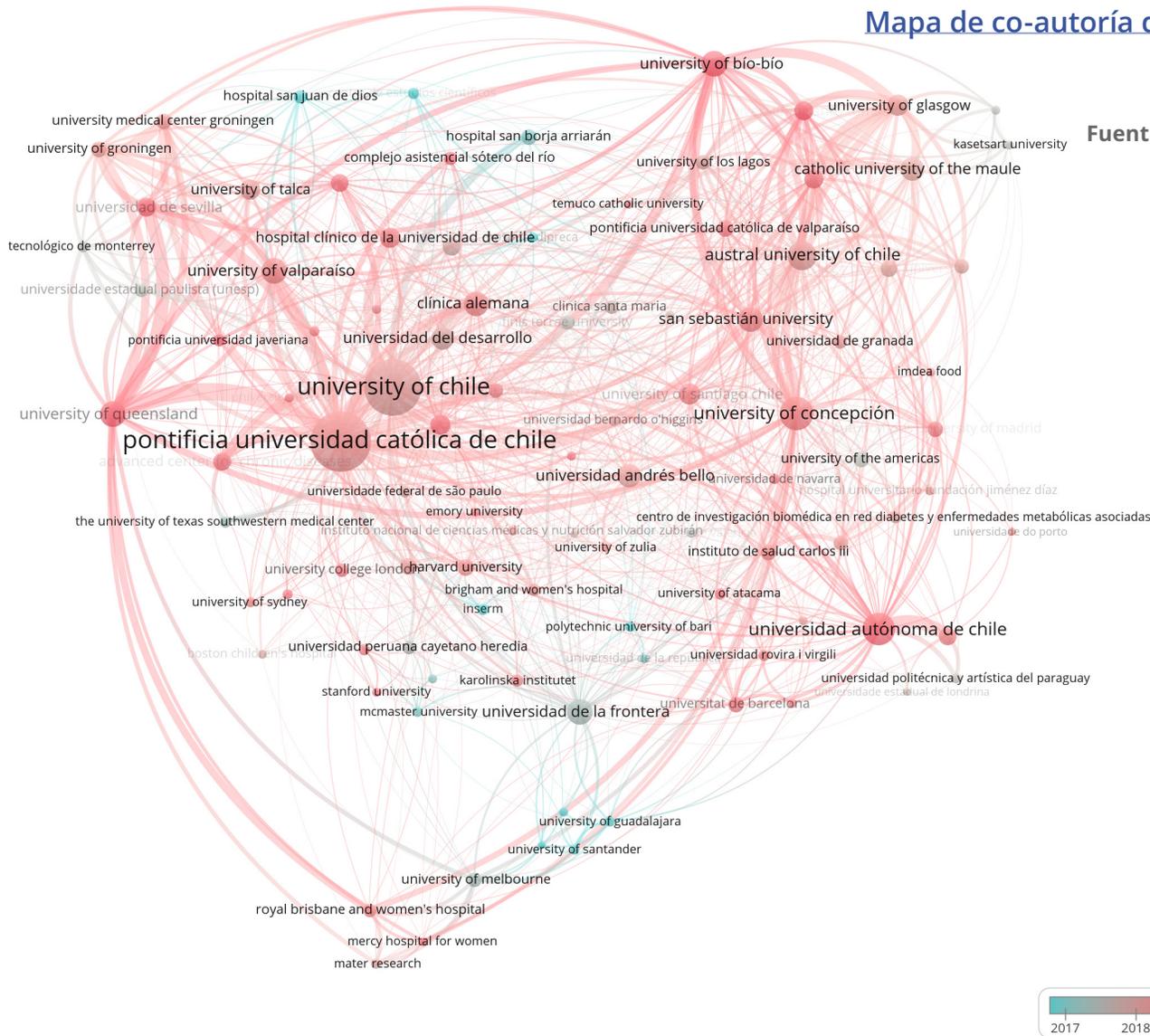


Figura 137

Fuente: Elaboración propia utilizando VOSviewer, en base a artículos obtenidos desde OpenAlex según parámetros de búsqueda.

Enfermedades cardiovasculares

Con respecto a las instituciones participantes en la investigación de las enfermedades cardiovasculares, llama la atención la fuerte presencia de la Universidad de Sydney y el Royal Prince Alfred Hospital, ambas instituciones internacionales. A pesar de que en este caso también existe una predominancia de la Universidad de Chile y Universidad Católica, sí se observa una distribución más uniforme con respecto al resto de instituciones, evidenciándose en una menor diferencia en el tamaño de los nodos.

Keywords más frecuentes

Otra área interesante de analizar son las keywords o palabras claves asociadas a los artículos científicos. Así, para cada tema (salud general, cáncer, diabetes, enfermedades cardiovasculares) se obtienen las keywords más comunes, obviando las keywords que definen el tema y las de uso común en los papers (e.g., review, analysis, study), y se grafica su frecuencia a lo largo de cada año. En este caso, las keywords que se rechazan por definir el tema mismo son, para cada enfermedad:

- Salud general: medicine, medicina, health y salud
- Cáncer: cancer.
- Diabetes: diabetes, diabetes mellitus.
- Enfermedades cardiovasculares: cardiovascular disease.

Para todas las enfermedades seleccionadas, se obtuvo un conjunto de 10 keywords, y se graficó la frecuencia de cada una de ellas para cada año del periodo. Sólo en la temática de salud general se decidió trabajar con 15 palabras clave, dado que es un tema más amplio.

Salud

Al realizar este análisis, se destaca primeramente que gran parte del aumento en el número de artículos durante los años 2021 y 2022 se asocia a la investigación realizada sobre el virus SARS-CoV durante la pandemia de COVID-19. Por otro lado, dentro de las 15 keywords más comunes, se observa la presencia de dos de las enfermedades más mortales en Chile, la diabetes en el segundo lugar, y el cáncer en el octavo lugar. Sin embargo, no se encuentran menciones a las enfermedades cardiovasculares, lo cual podría deberse a que las enfermedades cardiovasculares no son una enfermedad en sí, sino que corresponde a un conjunto de diferentes tipos de enfermedades. Además, se destaca la alta presencia de las keywords adolescents y mental health; dos temas donde parece haber bastante investigación y donde un análisis similar al actual podría ser llevado a cabo.

Cantidad de artículos por año con alguna de las 15 keywords más comunes relacionadas a salud

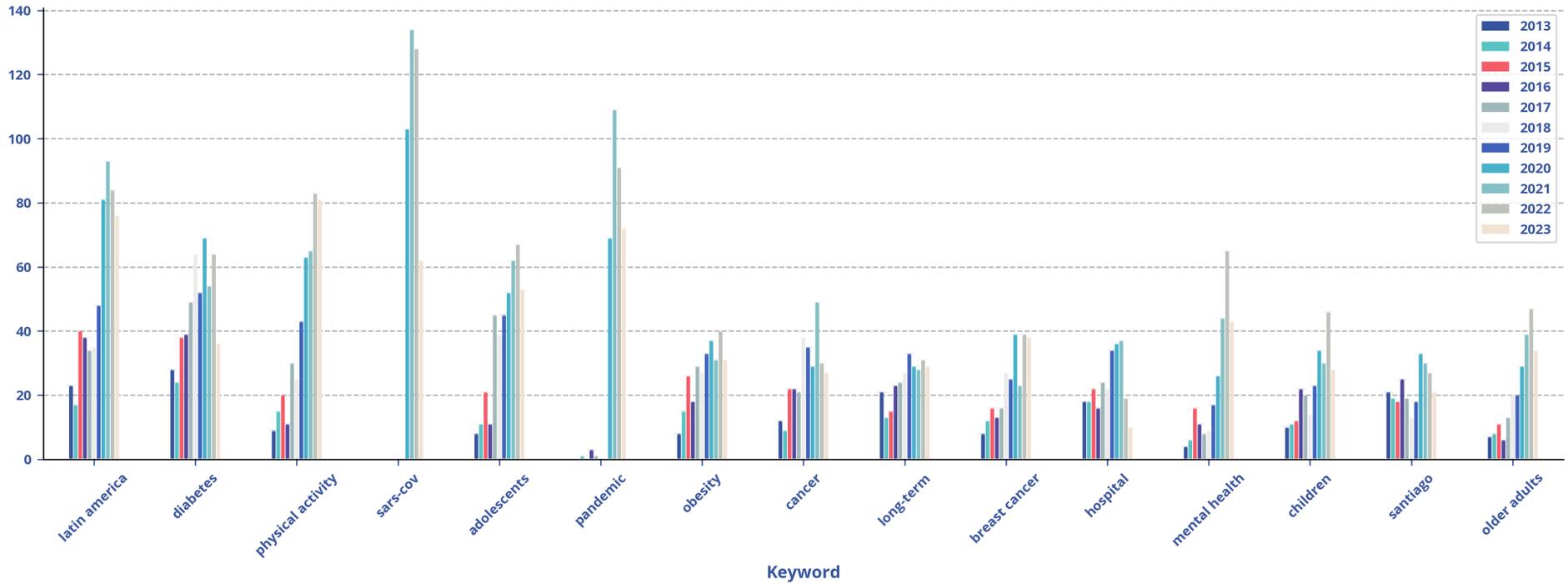


Figura 139

Fuente: Elaboración propia en base a artículos obtenidos desde OpenAlex según parámetros de búsqueda.



Cáncer

Se aprecia que las *keywords* más comunes relacionadas a cáncer son en su mayoría subtipos de cáncer, como *breast cancer*, *prostate cancer*, *gastric cancer*, *lung cancer*, *colorectal cancer* y *ovarian cancer*. Por su parte, según el estudio presentado en *Global Cancer Observatory* (International Agency for Research on Cancer, 2020), los tipos de cáncer con mayor incidencia en Chile durante el año 2022 son el cáncer de próstata (16.2%), seguido por el cáncer colorrectal (11.3%) y luego el cáncer mamario (9.4%). Así, se puede apreciar que efectivamente dentro de los subtemas más investigados dentro del cáncer, se encuentran los tres cánceres más comunes en la población chilena durante el 2022. Además, dentro de la lista de los cánceres con mayor incidencia también aparecen los cáncer de estómago, de pulmón y de riñón; los dos primeros también se encuentran dentro de la lista de *keywords* más frecuentes en los artículos. Por otra parte, el cáncer de ovario es el único que aparece dentro de las *keywords* más frecuentes, pero no dentro de los tipos de cáncer más prevalentes en el país.

Otras de las *keywords* más mencionadas son términos típicamente asociados al cáncer, como *chemotherapy*, *cancer cells* y *first line* (por *first line therapy*, tratamiento de primera línea). Un caso interesante es el de la *keyword* *pembrolizumab*, un anticuerpo monoclonal usado en inmunoterapia, cuyo uso fue aprobado el 2014 por la Administración de Alimentos y Medicamentos de Estados Unidos (FDA) para el tratamiento de melanomas, y que fue ampliado en 2017 para otros tipos de tumores. Así, es posible observar que esta *keyword* recién aparece en 2015, justo después de la aprobación por la FDA, y sólo ha adquirido más preeminencia cada año, lo cual se condice con la ampliación de su indicación. Se observa, además, que la presencia de la mayoría de las *keywords* mostradas va en aumento a través de los años, lo cual es esperable, pues la investigación relacionada al cáncer también va en aumento en general.

Incidencia de distintos tipos de cáncer en Chile, para ambos sexos, 2022

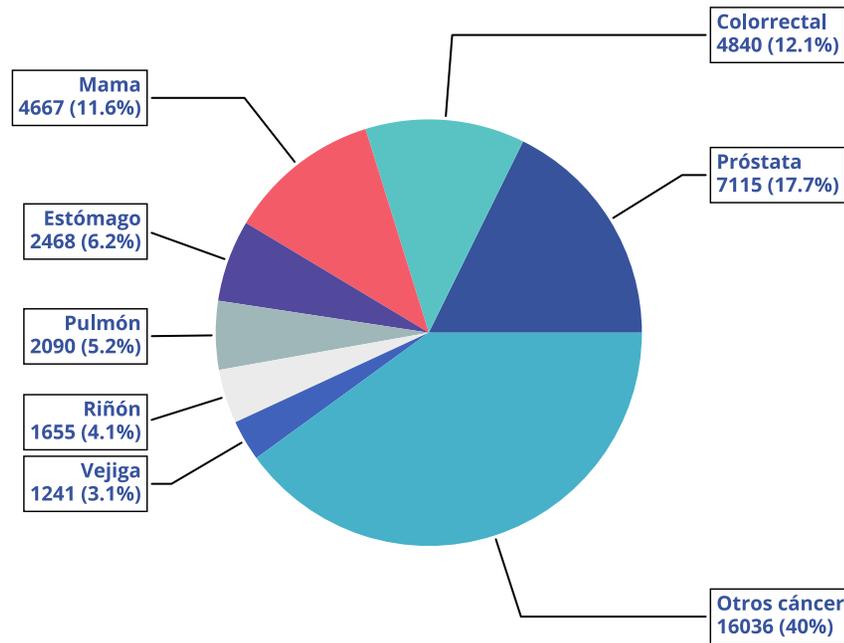


Figura 140

Fuente: Obtenido de plataforma web Global Cancer Observatory (International Agency for Research on Cancer, 2020).

Cantidad de artículos por año con alguna de las 10 keywords más comunes relacionadas a cáncer

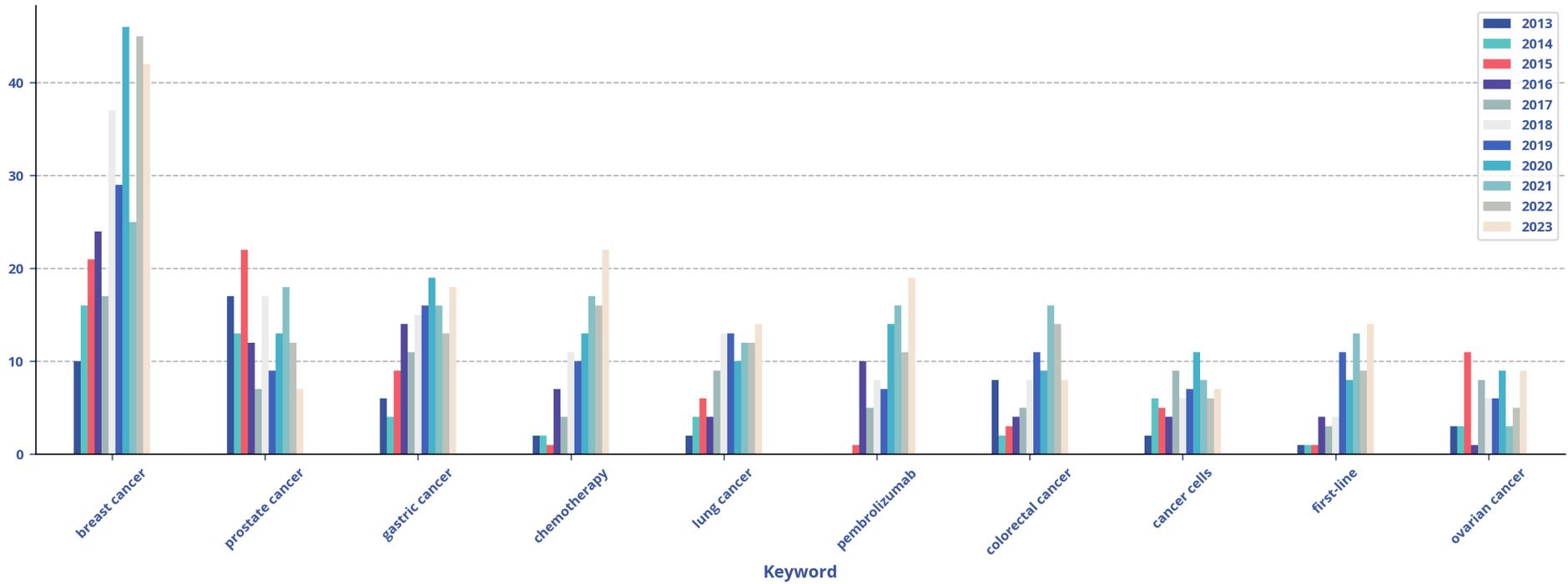


Figura 141

Fuente: Elaboración propia en base a artículos obtenidos desde OpenAlex según parámetros de búsqueda.



Diabetes

Respecto a diabetes, es interesante notar que la *keyword* con mayor predominancia es *gestational diabetes*, un tipo de diabetes que aparece durante el embarazo en mujeres que no habían padecido dicha enfermedad. Por otro lado, varias de las *keywords* son factores de riesgo (*obesity, metabolic syndrome, insulin resistance*), comorbilidades (*hypertension, cardiovascular disease*) o acciones preventivas (*physical activity*).

Cantidad de artículos por año con alguna de las 10 *keywords* más comunes relacionadas a diabetes

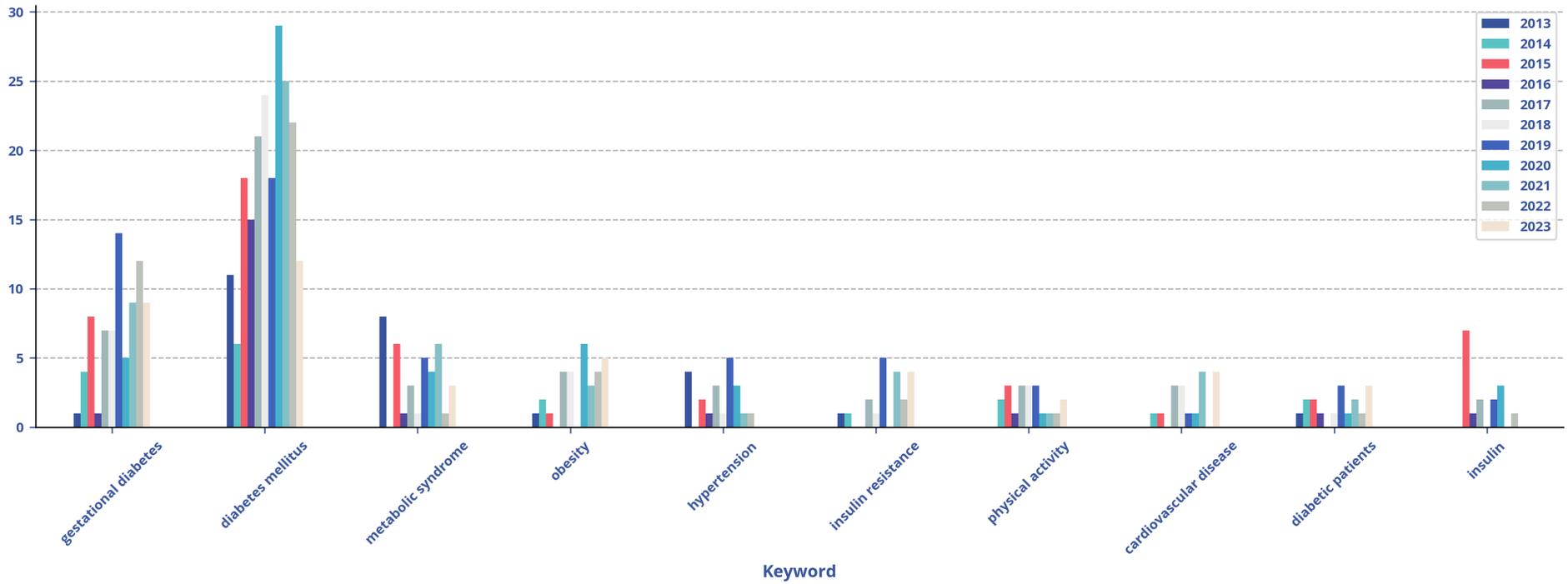


Figura 142

Fuente: Elaboración propia en base a artículos obtenidos desde OpenAlex según parámetros de búsqueda.

Enfermedades cardiovasculares

Finalmente, respecto a enfermedades cardiovasculares, se nota una tendencia a la baja en la mayoría de las keywords, lo cual se condice con el hecho de que la producción científica respecto a enfermedades cardiovasculares ha tenido un pequeño declive desde el 2021. No obstante, es importante considerar que la baja frecuencia de cada keyword por año dificulta extrapolar tendencias de manera más robusta.

Cantidad de artículos por año con alguna de las 10 keywords más comunes relacionadas a enfermedades cardiovasculares

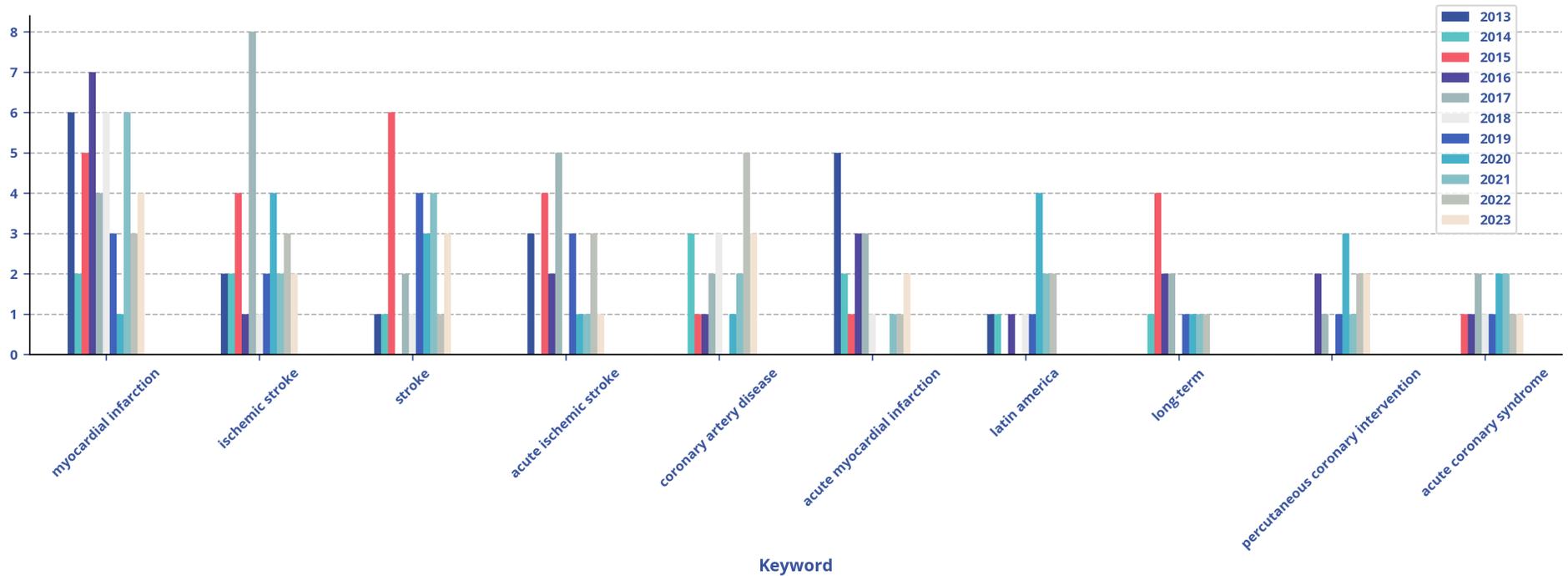


Figura 143

Fuente: Elaboración propia en base a artículos obtenidos desde OpenAlex según parámetros de búsqueda.



Caracterización de las instituciones chilenas participantes

Otra interrogante clave al intentar comprender el Ecosistema CTCI en torno al tema de la salud es la participación de las diferentes instituciones chilenas en la producción de conocimiento. Una forma de abordar esta cuestión es examinar la cantidad y el tipo de publicaciones científicas generadas por estas instituciones, independiente de su número de citas. En este análisis, se registra cada instancia en que instituciones chilenas publicaron artículos relacionados con cada enfermedad seleccionada. Posteriormente, se analizan los tipos de instituciones involucradas y la frecuencia de su participación. Los tipos de instituciones a emplear en este análisis serán:

- **Educacional:** Universidad o institución similar involucrada en entregar educación e investigadores de tipo empleados o estudiantes y realizar actividades de investigación, desarrollo, innovación, vinculación, entre otras.
- **Salud:** Hospital o clínica médica. Excluye las escuelas de medicina, las cuales se categorizan como Educacional.
- **Compañía:** Corporación privada con fines de lucro.
- **Sin fines de lucro:** Organización sin fines de lucro no gubernamental.
- **Gubernamental:** Organización que es parte de o es operada por un gobierno regional o nacional.
- **Centro de investigación y desarrollo:** Centro especializado donde se realiza investigación, tales como laboratorios, telescopios o áreas dedicadas especialmente a investigación.
- **Otro:** Organización que no pertenece a ninguna de las categorías anteriores.

A lo largo de las siguientes páginas, se presenta la cantidad de publicaciones y el porcentaje de participación de instituciones chilenas en publicaciones relacionadas con las enfermedades analizadas durante el año 2023. Además, para cada enfermedad se incluye un gráfico de barras que ilustra la evolución de la participación de estas instituciones a lo largo de la última década en investigaciones relacionadas a dicha patología.

Cáncer

En el ámbito de la investigación sobre el cáncer, destaca la prominente participación de instituciones educacionales, seguidas de cerca por las instituciones de salud y los centros de Investigación y Desarrollo (I+D).

Tipos de instituciones chilenas que participaron en artículos relacionados al cáncer durante año 2023

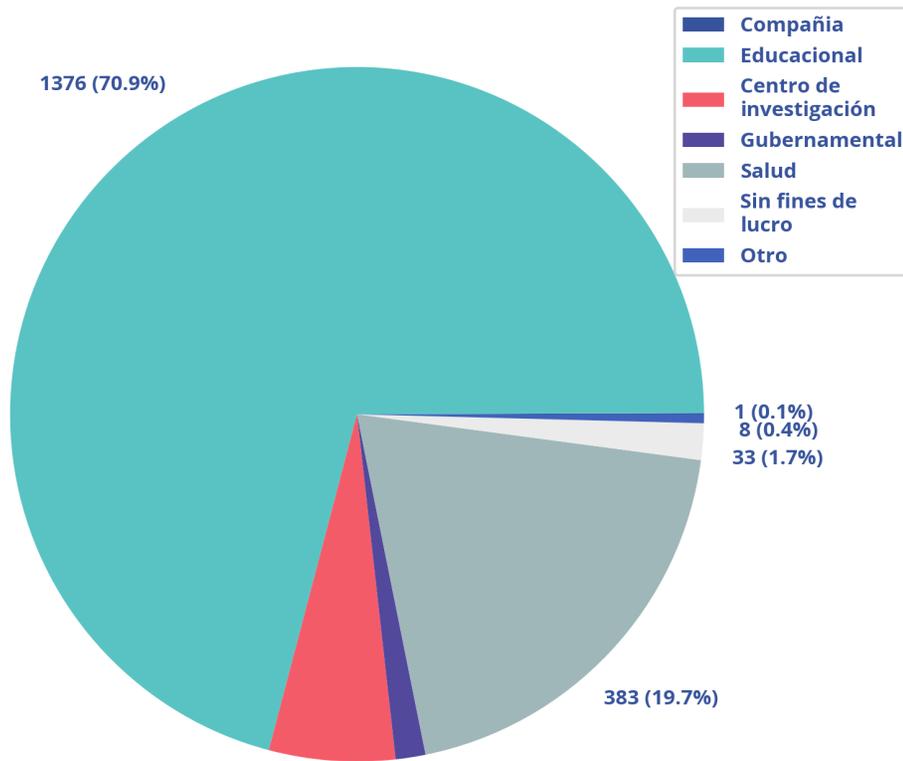


Figura 144

Fuente: Elaboración propia en base a artículos obtenidos desde OpenAlex según parámetros de búsqueda.

Por otro lado, en el gráfico de evolución se puede ver que la cantidad de participación en publicaciones de instituciones educacionales en investigación fue estrictamente creciente hasta el año 2018, donde luego posee una variación oscilante. Casi lo mismo ocurre con la participación de las instituciones de salud, aunque a una menor escala. Respecto a los centros I+D, han llegado a posicionarse en torno a las 100 participaciones anuales, muy superior a las 9 participaciones en 2013. Esto se debe principalmente a la creación del Centro de Estudios Avanzados de Enfermedades Crónicas (ACCDIS) el 2013, además de la contribución del Instituto Milenio en Inmunología e Inmunoterapia (fundado el 2011, sólo dos años antes de la fecha de inicio considerado en el análisis de este estudio).



Evolución en 10 años de los tipos de instituciones chilenas que participan en artículos relacionados a *cáncer*

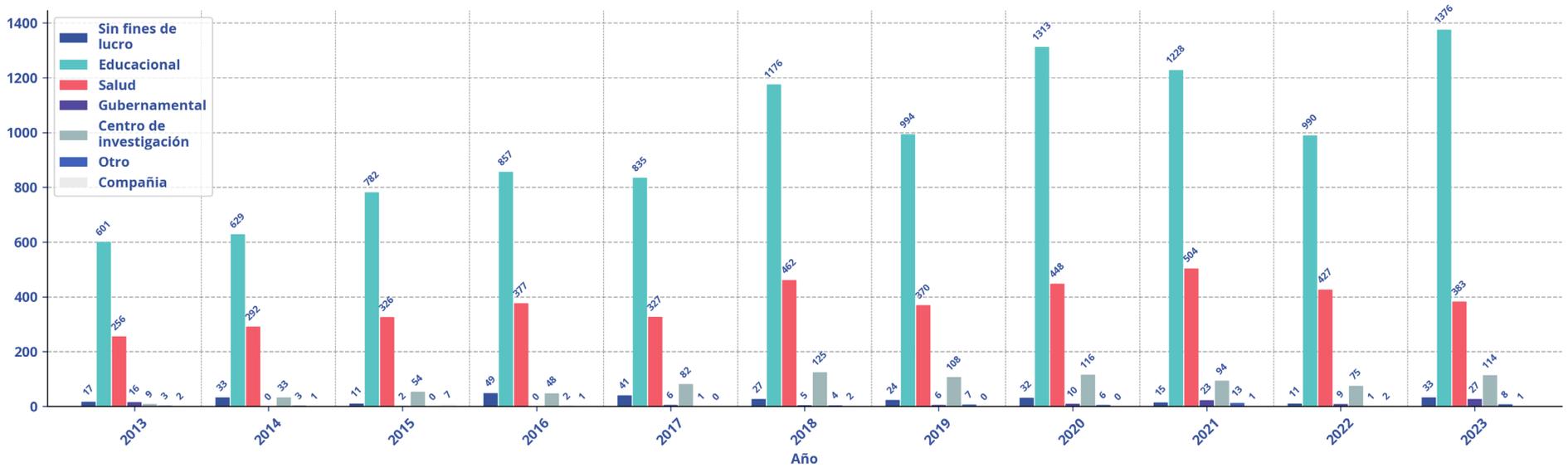


Figura 145

Fuente: Elaboración propia en base a artículos obtenidos desde OpenAlex según parámetros de búsqueda.



Diabetes

Al analizar la investigación respecto a diabetes, se observa una baja presencia de los centros de investigación, en especial al comparar con lo ocurrido en la investigación en cáncer. Al mismo tiempo, destaca una baja presencia de las instituciones gubernamentales y sin fines de lucro en la investigación de esta patología, y la completa ausencia de instituciones de tipo compañía que participen al respecto.

Tipo de instituciones chilenas que participaron en artículos relacionados a *diabetes* durante año 2023

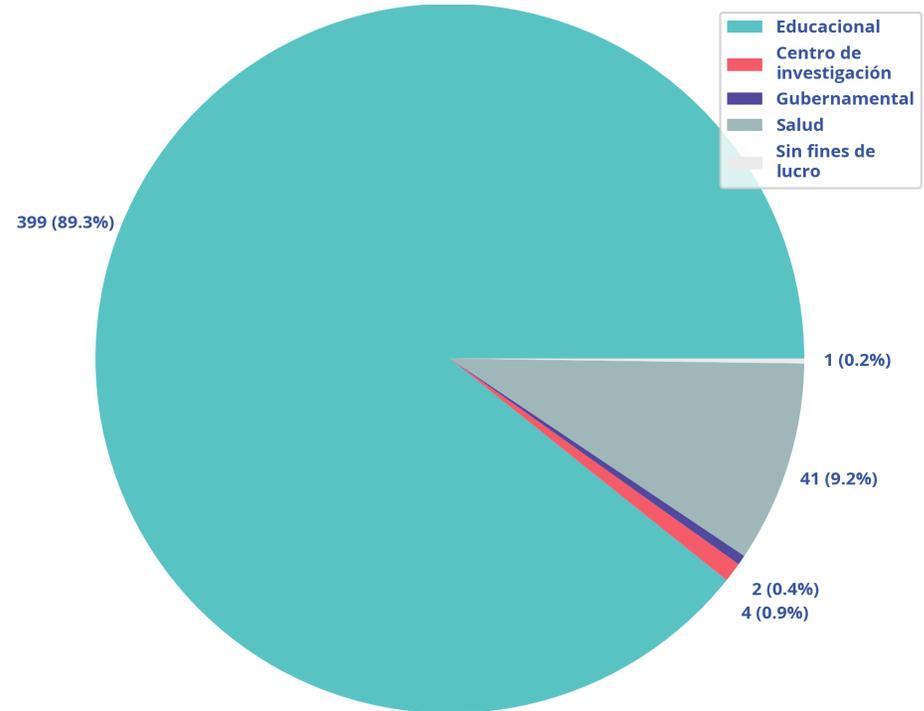


Figura 146

Fuente: Elaboración propia en base a artículos obtenidos desde OpenAlex según parámetros de búsqueda.

Respecto a la evolución de la investigación en esta patología, se observa un comportamiento oscilante en la participación de las instituciones educacionales y las instituciones de salud, aunque siempre con predominancia respecto a los otros tipos de instituciones. Además, se observa que entre los años 2018 y 2021 los centros de investigación aumentaron su participación, para luego bajar a niveles menores que los presentados antes de la pandemia. Al igual que con la investigación en cáncer, en diabetes gran parte de la investigación realizada por este tipo de instituciones es a través del ACCDIS, y los aumentos en 2020 y 2021 se deben principalmente a una actividad más alta de lo usual por parte del ACCDIS y el Instituto Milenio en Inmunología e Inmunoterapia.



Evolución en 10 años de los tipos de instituciones chilenas que participan en artículos relacionados a diabetes

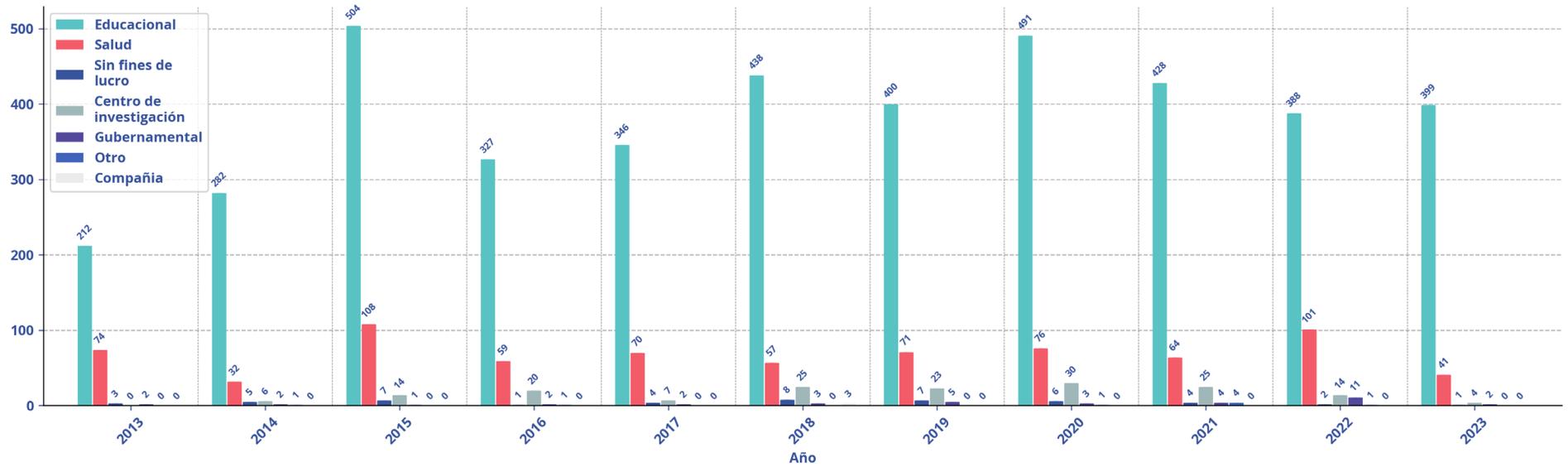


Figura 147

Fuente: Elaboración propia en base a artículos obtenidos desde OpenAlex según parámetros de búsqueda.



Enfermedades cardiovasculares

En la investigación relacionada a las enfermedades cardiovasculares, y al igual que en los casos anteriores, destaca la participación de las instituciones educativas, seguidas por las instituciones de salud y los centros de Investigación y Desarrollo (I+D). Además, no aparecen artículos con participación de instituciones gubernamentales ni de tipo compañía.

Tipo de instituciones chilenas que participaron en artículos relacionados a enfermedades cardiovasculares durante año 2023

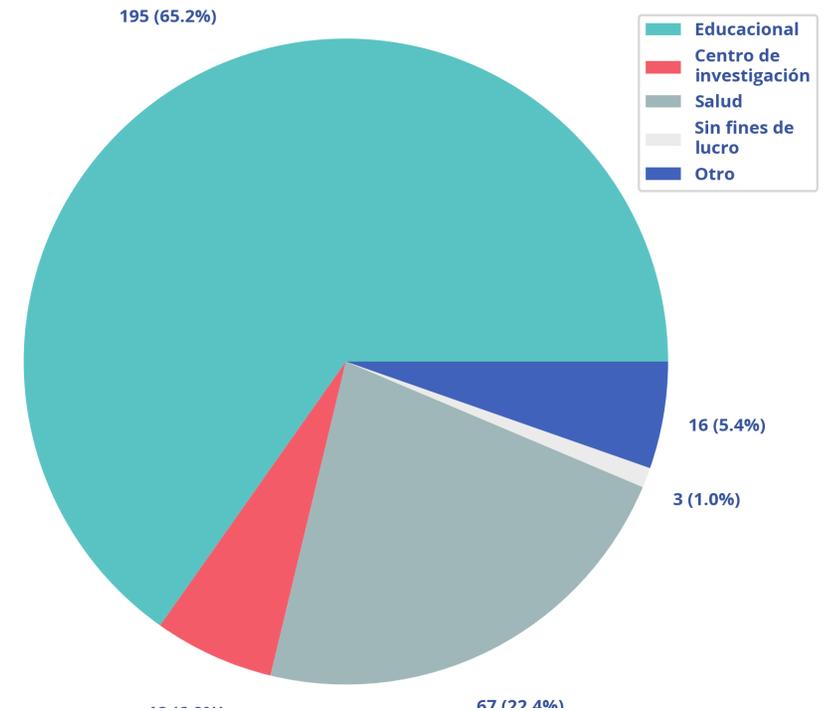


Figura 148

Fuente: Elaboración propia en base a artículos obtenidos desde OpenAlex según parámetros de búsqueda.

Con respecto a la evolución de la participación de instituciones, se observa que, a diferencia de lo ocurrido en diabetes y cáncer, la diferencia entre las instituciones de salud y las de educación no es tan marcada, llegando incluso a cantidades muy similares durante 2021 y

2022. Además, se evidencia una casi nula participación de los centros de investigación durante los primeros años, para luego tomar fuerza en 2015 gracias a la participación del ACCDIS.

Evolución en 10 años de los tipos de instituciones chilenas que participan en artículos relacionados a *enfermedades cardiovasculares*

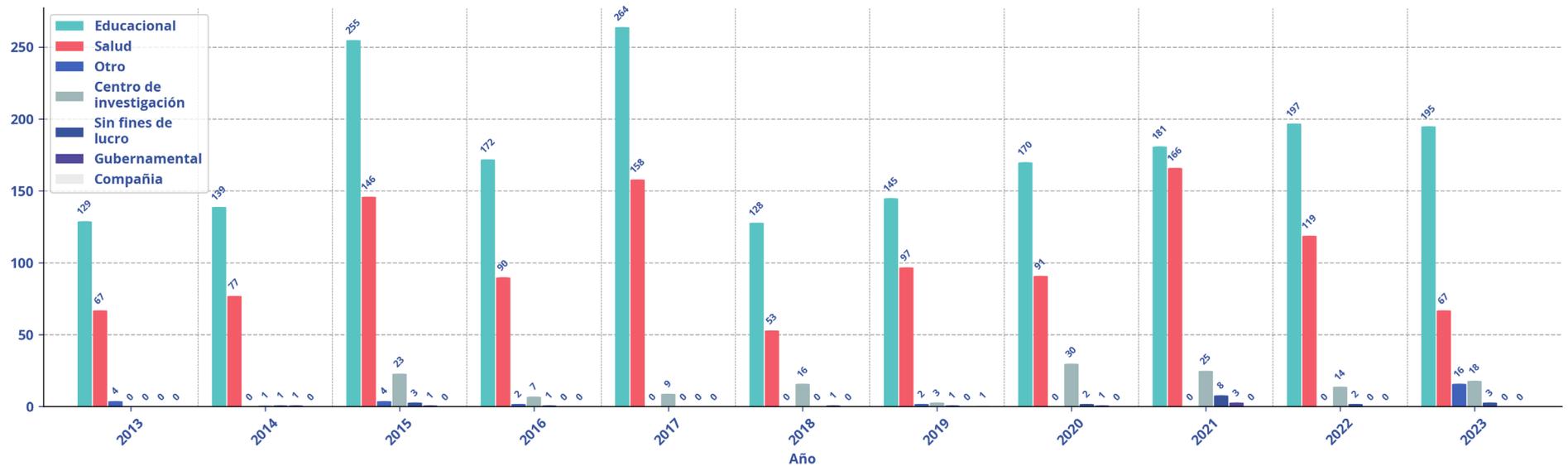


Figura 149

Fuente: Elaboración propia en base a artículos obtenidos desde OpenAlex según parámetros de búsqueda.

Análisis de proyectos

Proyectos ANID

La base de datos de proyectos financiados por ANID contiene 42.078 proyectos, de los cuales 19.133 son proyectos con año de fallo de 2013 en adelante. Al clasificar estos proyectos en cáncer, diabetes, enfermedades cardiovasculares, otro tema de salud y otro, se obtiene que 4841 abordan alguna temática relacionada a salud (25.3%), pero sólo 809 proyectos (4.22% del total, 16.7% de los proyectos de salud) abordan alguna de las tres enfermedades seleccionadas en este estudio. Todo el análisis presentado a continuación fue llevado a cabo sólo con el subconjunto de proyectos que sí tratan alguna temática relacionada a salud. Así, al desglosar los datos por año, se observa que consistentemente la enfermedad más trabajada es el cáncer por gran diferencia, además de ser la que recibe más recursos; luego se encuentran las enfermedades cardiovasculares y la diabetes, en ese orden, pero con mucho menor diferencia entre ellas. Además, se aprecia que las tres enfermedades seleccionadas corresponden a cerca de un 20% del total de proyectos en salud de cada año, con montos adjudicados que también están en torno al 20%.

Clasificación	Número de proyectos
Cáncer	478
Cardiovasculares	190
Diabetes	141
Otro tema de salud	4032
Otro (no salud)	14292

Número de proyectos ANID por tipo de enfermedad, en base a clasificación de proyectos realizada por GPT-4. En fondo verde, proyectos que abordan alguna temática relacionada a salud.

Figura 150

Fuente: Elaboración propia en base a los datos del Github de ANID.

Número de proyectos y montos adjudicados por proyectos ANID entre 2013 y 2023

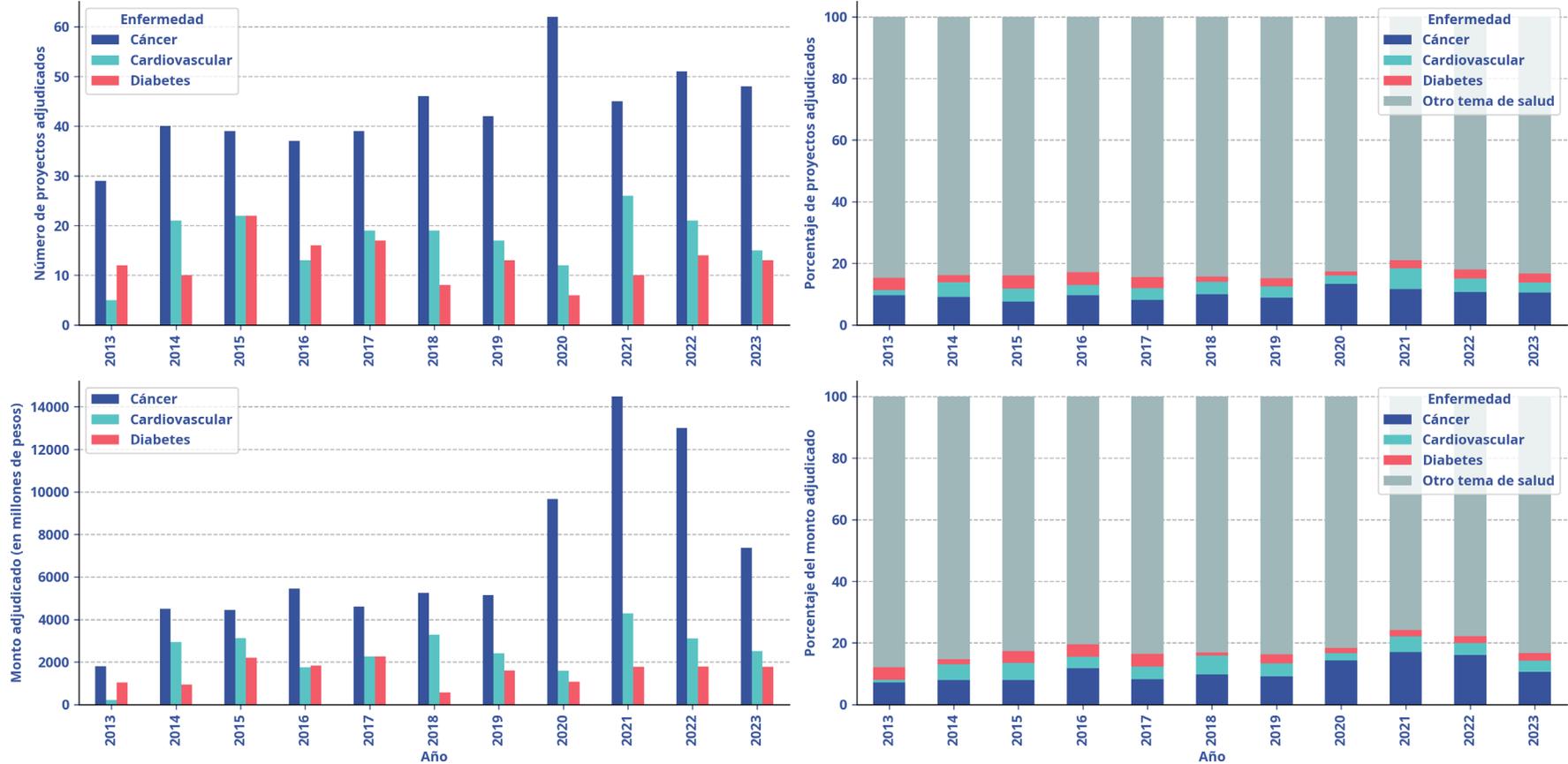


Figura 151

Fuente: Elaboración propia de acuerdo a base de datos histórica de ANID mencionada anteriormente. Arriba, izquierda: número de proyectos que abordan cáncer, diabetes o enfermedades cardiovasculares. Arriba, derecha: porcentaje de proyectos que abordan las tres enfermedades, respecto al total de proyectos en salud. Abajo, izquierda: montos entregados a proyectos que abordan las tres enfermedades. Abajo, derecha: porcentaje de montos entregados a proyectos que abordan las tres enfermedades, respecto al total de montos entregados a proyectos en salud.

Algo similar ocurre al desglosar por programa de ANID. La mayoría de los proyectos, tanto en número como monto adjudicado, abordan cáncer. Algo importante de destacar es que el programa FONDECYT concentra la gran mayoría de los proyectos y de los fondos adjudicados para las tres enfermedades seleccionadas. Además, se destaca que, si bien son pocos los proyectos adjudicados por los programas FONDAP¹ y Milenio, los montos entregados son muy altos, ya que corresponden a financiamiento para centros de investigación. En la misma línea, y analizando precisamente estos centros, se observa que uno de los cinco centros Milenio en salud adjudicados entre 2013 y 2023 estudia el cáncer, y dos de los cinco centros FONDAP estudian esta misma enfermedad. Precisamente este análisis releva las limitaciones de la metodología utilizada para clasificar los proyectos: el Centro de Estudios Avanzados de Enfermedades Crónicas (ACCDiS) estudia tanto el cáncer como las enfermedades cardiovasculares, pero esa información no era deducible a partir del título del proyecto, ni para un humano ni para un modelo de lenguaje natural como GPT-4².

1 Fondo de Financiamiento de Centros de Investigación en Áreas Prioritarias

2 La base de datos de ANID sólo cuenta con el nombre de cada proyecto y no dispone de una glosa con el objetivo del mismo

Nombre	Año
Instituto Milenio en Ingeniería e Inteligencia Artificial para la salud (iHEALTH)	2021
Instituto Milenio en Inmunología e Inmunoterapia (IMII) *	2021
Núcleo Milenio en NanoBioFísica (NNBP)	2021
Núcleo Milenio para Mejorar la Salud mental de Adolescentes y Jóvenes (IMHAY) *	2021
Núcleo Milenio de Sociomedicina (SocioMed)	2021

Figura 152

Proyectos adjudicados entre 2013 y 2023 por el programa Milenio de ANID. En azul los centros que fueron clasificados con la etiqueta cáncer. *: Proyecto adjudicado en ese año corresponde a renovación del centro.

Nombre	Año
Centro de Estudios Avanzados de Enfermedades Crónicas (ACCDiS)	2013
Centro de Gerociencia, Salud Mental y Metabolismo (GERO)	2015
Centro de Regulación del Genoma (CRG) #	2020
Centro Nacional en Sistemas de Información en Salud (CENS) #	2022
Centro para la Prevención y Control del Cáncer (CECAN)	2022

Figura 153

Proyectos adjudicados entre 2013 y 2023 por el programa FONDAP de ANID. En azul los centros que fueron clasificados con la etiqueta cáncer. #: Proyecto adjudicado en ese año corresponde a fondo de apoyo.

Número de proyectos y montos adjudicados por proyectos ANID, desglosados por programa

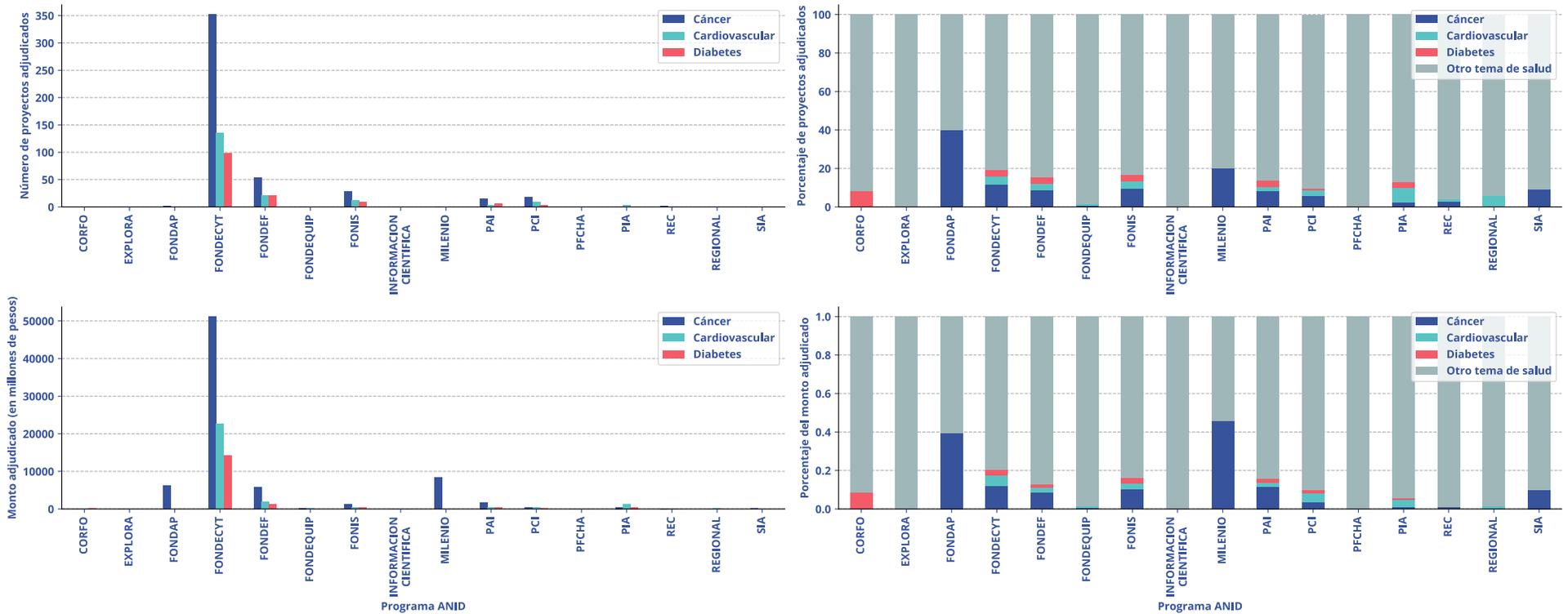


Figura 154

Fuente: Elaboración propia de acuerdo a base de datos histórica de ANID mencionada anteriormente. Arriba, izquierda: número de proyectos que abordan cáncer, diabetes o enfermedades cardiovasculares. Arriba, derecha: porcentaje de proyectos que abordan las tres enfermedades, respecto al total de proyectos en salud. Abajo, izquierda: montos entregados a proyectos que abordan las tres enfermedades. Abajo, derecha: porcentaje de montos entregados a proyectos que abordan las tres enfermedades, respecto al total de montos entregados a proyectos en salud. Nota 1: la base de datos de proyectos ANID contiene 12 proyectos bajo el programa CORFO; todos estos proyectos corresponden al instrumento Startup Ciencia del año 2021. Nota 2: FONDAP: Fondo de Financiamiento de Centros de Investigación en Áreas Prioritarias; FONDECYT: Fondo Nacional de Desarrollo Científico y Tecnológico; FONDEF: Fondo de Fomento al Desarrollo Científico y Tecnológico, FONDEQUIP: Programa de Equipamiento Científico y Tecnológico; FONIS: Investigación y Desarrollo en Salud; PAI: Programa de Atracción e Inserción de Capital Humano Avanzado; PCI: Programa de Cooperación Internacional; PFCHA: Programa Formación de Capital Humano Avanzado; PIA: Programa de Investigación Asociativa; REC: Redes, Estrategia y Conocimiento; SIA: Subdirección de Investigación Aplicada. Nota 3: Valores de FONDEQUIP, PFCHA y Explora no aparecen por falta de detalle.

Dado el gran número de proyectos FONDECYT, vale la pena realizar un análisis más profundo sólo dentro de esos proyectos. Así, al desagregar por tipo de instrumento, se aprecia que en todos los tipos de FONDECYT (Iniciación, Postdoctorado y Regular) se mantiene que cáncer es la enfermedad más estudiada, Por otro lado, las enfermedades cardiovasculares y diabetes muestran resultados interesantes: en proyectos de Iniciación y Postdoctorado, ambas enfermedades presentan números muy similares, tanto en cantidad de proyectos como en montos adjudicados. Sin embargo, esto cambia drásticamente en proyectos de FONDECYT Regular, donde el número de proyectos y fondos adjudicados para enfermedades cardiovasculares es muy superior al de diabetes.

Número de proyectos y montos adjudicados por proyectos FONDECYT, desglosados tipo de instrumento

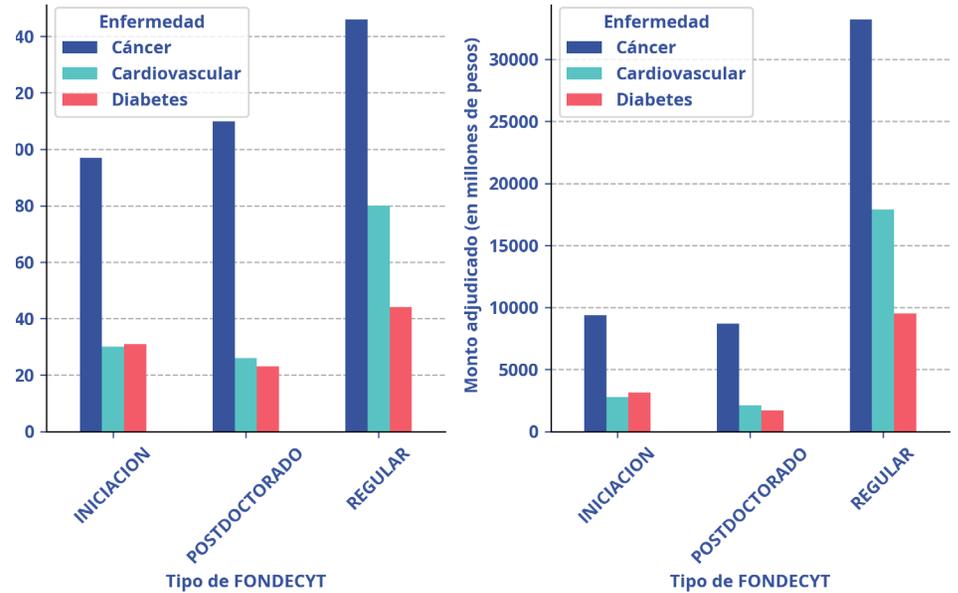


Figura 155

Fuente: Elaboración propia de acuerdo a base de datos histórica de ANID mencionada anteriormente. Izquierda: número de proyectos. Derecha: monto entregado.

Por otra parte, al analizar los datos de acuerdo a las macrozonas del Ministerio de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación¹, se aprecia que la Región Metropolitana concentra la gran mayoría de los proyectos, ubicándose en un lejano segundo lugar la macrozona Centro Sur. Además, también se mantiene la preponderancia del cáncer como enfermedad más estudiada. Destaca además el gran porcentaje de proyectos en cáncer en la macrozona austral respecto al total de proyectos en salud en dicha macrozona (29.4%); sin embargo, dado que el número de proyectos ejecutados allí es bajo (N = 17), resulta prematuro extraer conclusiones.

1 Norte (Arica y Parinacota, Tarapacá, Antofagasta, Atacama), Centro (Coquimbo, Valparaíso), Región Metropolitana, Centro Sur (O'Higgins, Maule, Ñuble, Biobío), Sur (Araucanía, Los Ríos, Los Lagos) y Austral (Aysén Magallanes)

Número de proyectos y montos adjudicados por proyectos ANID, desglosados por macrozona

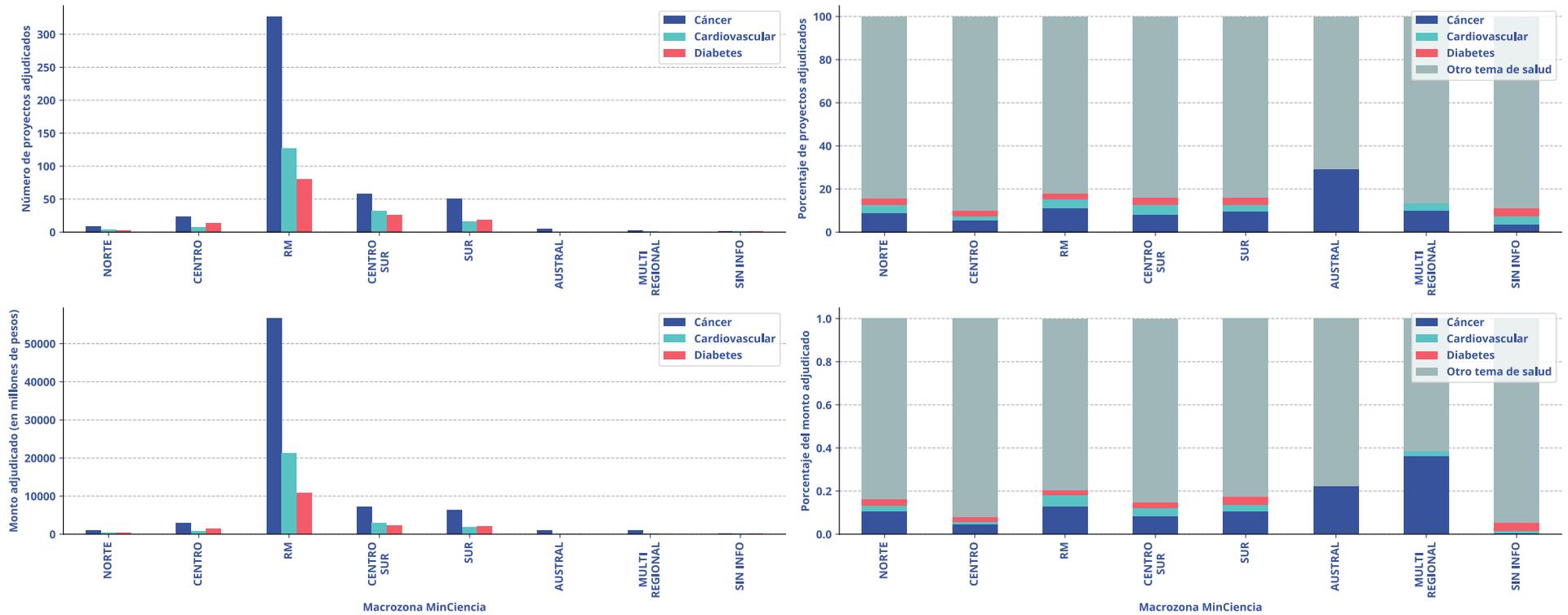


Figura 156

Fuente: Elaboración propia de acuerdo a base de datos histórica de ANID mencionada anteriormente. Arriba, izquierda: número de proyectos que abordan cáncer, diabetes o enfermedades cardiovasculares. Arriba, derecha: porcentaje de proyectos que abordan las tres enfermedades, respecto al total de proyectos en salud. Abajo, izquierda: montos entregados a proyectos que abordan las tres enfermedades. Abajo, derecha: porcentaje de montos entregados a proyectos que abordan las tres enfermedades, respecto al total de montos entregados a proyectos en salud.

Proyectos CORFO

La base de datos de proyectos financiados por CORFO cuenta con 7.230 proyectos de 2013 a 2023. Al realizar la clasificación en cáncer, diabetes, enfermedades cardiovasculares, otro tema de salud y otro, se obtiene que hay 1282 proyectos que abordan alguna temática relacionada a salud (17.7%), y sólo 113 proyectos (1.56% del total, 8.8% de los proyectos en salud) que abordan alguna de las enfermedades seleccionadas¹. Esto representa una baja considerable respecto a ANID tanto en el número de proyectos que abordan alguna temática de salud, como los que abordan específicamente las tres enfermedades seleccionadas en este estudio; esta baja es tanto en términos absolutos como porcentuales. Al desagregar los resultados por año, vemos que, si bien el cáncer sigue siendo la enfermedad más abordada, ya no tiene una diferencia tan significativa con las otras patologías como la que existía en el caso de ANID. De todas formas, se debe considerar que el número de proyectos de CORFO que abordan salud es mucho menor al de ANID, lo cual puede explicar en parte las variaciones presentes.

¹ Uno de los proyectos fue clasificado como "diabetes, cáncer" por GPT-4, y al revisar en mayor detalle dicho proyecto, efectivamente aborda ambas enfermedades. Así, para incluir dicho proyecto al análisis, se decidió duplicar dicho registro, con una fila teniendo la clasificación "cáncer" y la otra la clasificación "diabetes".

Clasificación	Número de proyectos
Cáncer	57
Diabetes	30
Cardiovascular	27
Otro tema de salud	1168
Otro (no salud)	5949

Figura 157

Número de proyectos CORFO por tipo de enfermedad, en base a clasificación de proyectos realizada por GPT-4. En fondo celeste,, proyectos que abordan alguna temática relacionada a salud.

Número de proyectos y montos adjudicados por proyectos CORFO entre 2013 y 2023

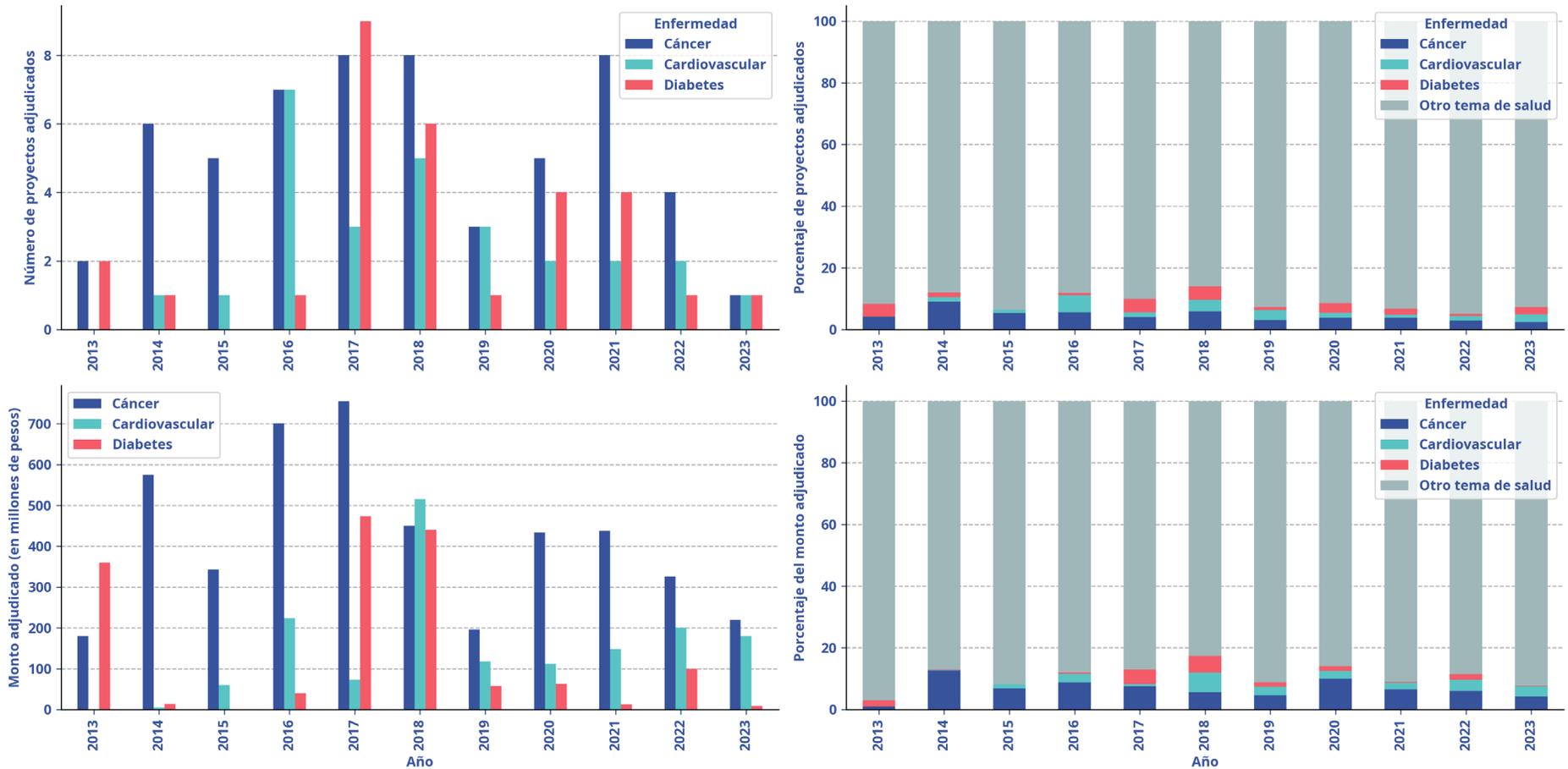


Figura 158

Fuente: Elaboración propia de acuerdo a base de datos de proyectos CORFO mencionada anteriormente. Arriba, izquierda: número de proyectos que abordan cáncer, diabetes o enfermedades cardiovasculares. Arriba, derecha: porcentaje de proyectos que abordan las tres enfermedades, respecto al total de proyectos en salud. Abajo, izquierda: montos entregados a proyectos que abordan las tres enfermedades. Abajo, derecha: porcentaje de montos entregados a proyectos que abordan las tres enfermedades, respecto al total de montos entregados a proyectos en salud.

Al desagregar los datos por tipo de intervención, se aprecia que la mayoría de los registros corresponde a proyectos que se adjudicaron subsidios a la innovación, y un número menor corresponde a proyectos acogidos a Ley de Incentivo Tributario a la I+D (Ley I+D). De todas formas, en términos proporcionales a la cantidad total de proyectos en salud adjudicados, no se evidencian diferencias significativas al desagregar por tipo de instrumento. También se debe destacar que los montos que figuran en la base de datos para ambos tipos de proyectos no son comparables: para los proyectos de Ley I+D, aparecen los montos certificados totales del proyecto (financiados por la empresa), sobre los cuales luego se deducen impuestos; mientras que para los proyectos con subsidio aparecen los montos adjudicados, es decir, financiamiento público directo a dichos proyectos.

Número de proyectos CORFO por tipo de intervención

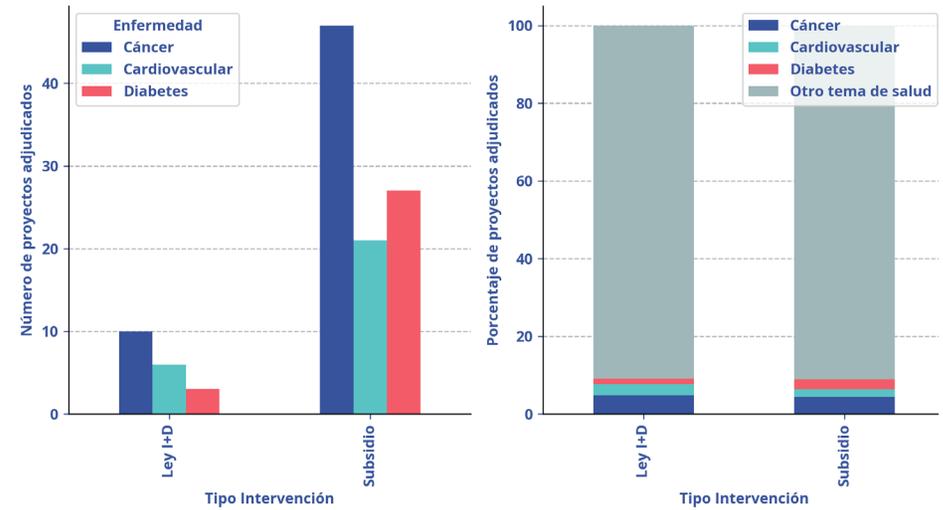


Figura 159

Fuente: Elaboración propia de acuerdo a base de datos de proyectos CORFO mencionada anteriormente.

Al concentrar el análisis sólo en los proyectos con subsidio a la innovación, desagregándolos en función del instrumento homologado¹ que proporciona el financiamiento, se aprecia que la única tendencia clara es que el cáncer parece ser la enfermedad más abordada en todos los proyectos. Además, se observa que existen varios proyectos bajo el instrumento Voucher de Innovación, pero los montos asociados son mucho más bajos que para el resto de los instrumentos. También se destaca que, para el instrumento Programa de I+D Aplicada, los proyectos que abordan cáncer o diabetes representan un 36% del total de proyectos de salud subsidiados por ese instrumento; un porcentaje mucho mayor al del resto de instrumentos. De todas formas, el hecho de que sean sólo 11 los proyectos de salud financiados con dicho instrumento dificultan el extraer conclusiones a partir de dichos datos.

1 CORFO apoya los proyectos mediante diversos instrumentos, los cuales en la base de datos están bajo la columna Instrumento. No obstante, a veces estos instrumentos tienen variaciones a lo largo del tiempo. Así, por ejemplo, el 2021 Corfo lanzó el instrumento Súmate a Innovar Reactíivate, como parte de su foco de acción de reactivación económica. Por ello, la base de datos también contiene la columna Instrumento Homologado, la cual agrupa líneas de instrumentos. Así, por ejemplo, el instrumento homologado Súmate a Innovar agrupa los instrumentos normales Súmate a Innovar Mujeres, Súmate a Innovar Reactíivate, Súmate a Innovar Economía Circular y Súmate a Innovar (sin apellido). De manera análoga, el instrumento homologado Programa de I+D Aplicada agrupa los instrumentos Línea 1, Perfil De I+D Aplicada, Línea 2, Proyecto De I+D Aplicada, Línea 3, Valorización Y Protección Pi y Línea 4, Empaquetamiento Y Transferencia De I+D.

Número de proyectos y montos adjudicados por proyectos CORFO, desglosados por instrumento homologado

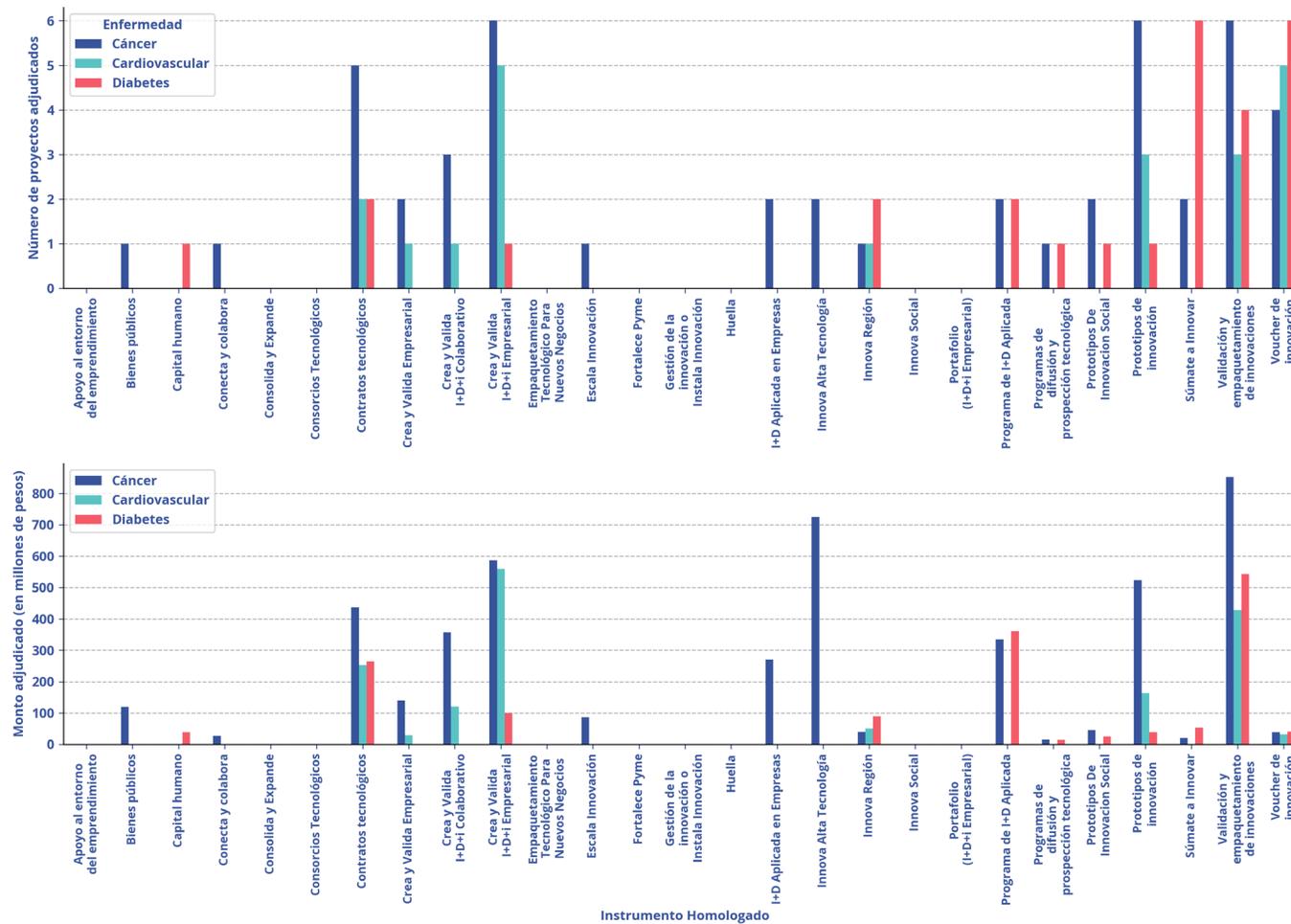


Figura 160

Fuente: Elaboración propia de acuerdo a base de datos de proyectos CORFO mencionada anteriormente. Arriba: número de proyectos que abordan cáncer, diabetes o enfermedades cardiovasculares. Abajo: montos entregados a proyectos que abordan las tres enfermedades.

Porcentaje de proyectos CORFO en salud desglosados por instrumento homologado

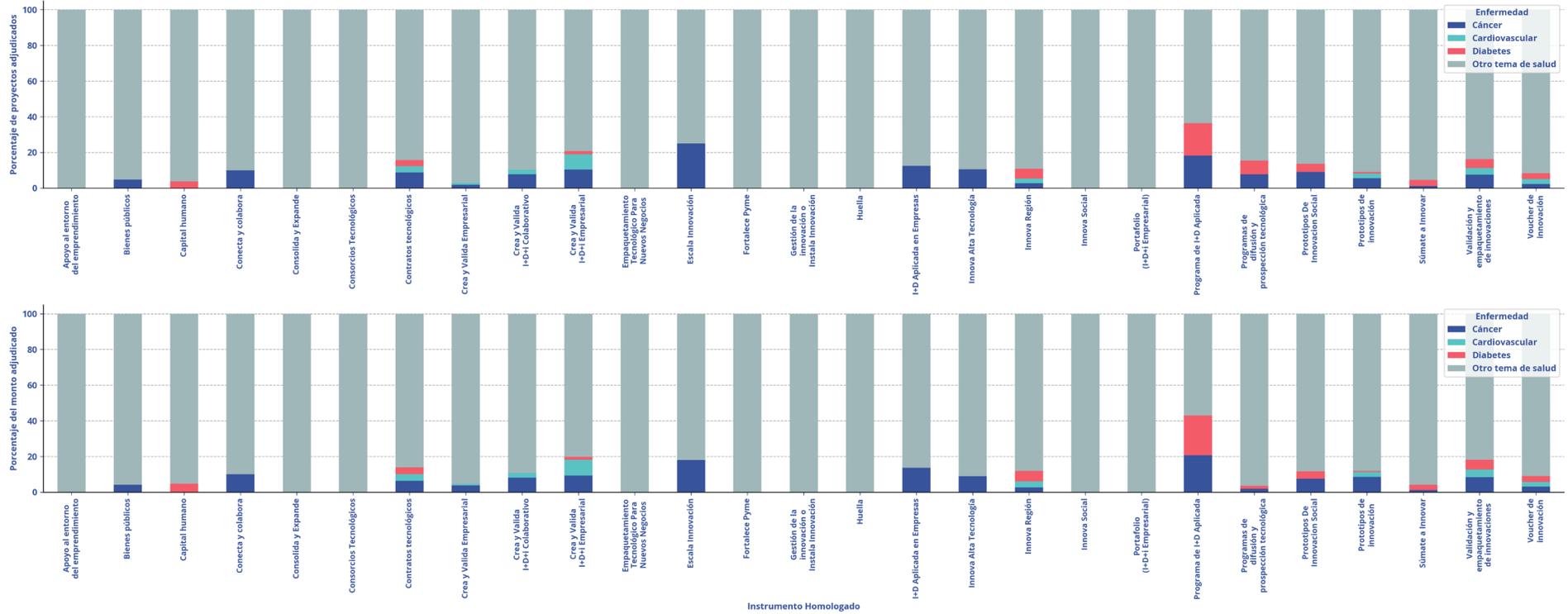


Figura 161

Fuente: Elaboración propia de acuerdo a base de datos de proyectos CORFO mencionada anteriormente. Arriba: porcentaje de proyectos que abordan las tres enfermedades, respecto a total de proyectos en salud. Abajo: porcentaje de montos entregados a proyectos que abordan las tres enfermedades, respecto al total de montos entregados a proyectos en salud.

Finalmente, al homologar las regiones de los proyectos con las macrozonas del Ministerio de Ciencia, ocurre algo interesante: la distribución, en cantidades absolutas, de proyectos que abordan alguna de las tres enfermedades es muy parecida a la distribución de proyectos ANID. Si bien hay un orden de magnitud de diferencia (ANID está en los cientos, CORFO en las decenas), las distribuciones son muy similares, con la Región Metropolitana teniendo la mayoría de los proyectos, y la macrozona centro sur en un lejano segundo lugar. Sin embargo, al analizar los datos en términos proporcionales a la cantidad de proyectos de salud, la situación cambia. Lo primero que destaca es que, en todas las regiones, la proporción de proyectos que abordan alguna de las enfermedades seleccionadas es baja. Además, acá no ocurre lo que sí sucedía en ANID, donde algunas zonas tenían pocos proyectos, pero que representaban un gran porcentaje del total de dicha zona. Por el contrario, en el análisis con proyectos de CORFO se aprecia que lugares como la Región Metropolitana o la macrozona centro sur tienen el mayor número de proyectos en términos absolutos, pero que resulta proporcionalmente muy bajo al tomar en cuenta la cantidad de proyectos en salud de dichas zonas.

Número de proyectos y montos adjudicados por proyectos CORFO, desglosados por macrozona

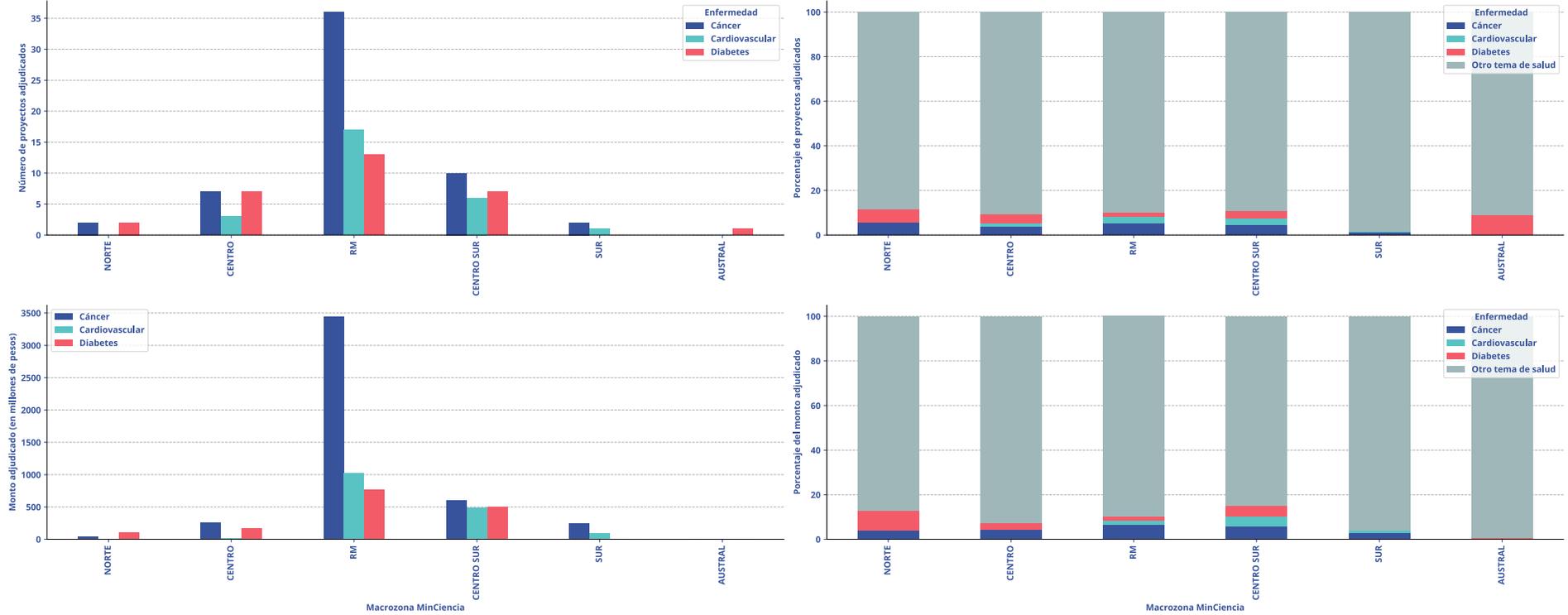


Figura 162

Fuente: Elaboración propia de acuerdo a base de datos de proyectos CORFO mencionada anteriormente. Arriba, izquierda: número de proyectos que abordan cáncer, diabetes o enfermedades cardiovasculares. Arriba, derecha: porcentaje de proyectos que abordan las tres enfermedades, respecto al total de proyectos en salud. Abajo, izquierda: montos entregados a proyectos que abordan las tres enfermedades. Abajo, derecha: porcentaje de montos entregados a proyectos que abordan las tres enfermedades, respecto al total de montos entregados a proyectos en salud.

Referencias

- Ackoff, R. L. (1971). Towards a system of systems concepts. *Management science*, 17(11), 661-671.
- Adner, R. (2006). Match your innovation strategy to your innovation ecosystem. *Harvard Business Review* 84 (4), 98-107.
- Adner, R. & Kapoor, R. (2010). Value creation in innovation ecosystems: how the structure of technological interdependence affects firm performance in new technology generations. *Strategic Management Journal*. 31 (3), 306-333. <https://doi.org/10.1002/smj.821>.
- Agencia Nacional de Investigación y Desarrollo (ANID). (2020). Histórico-de-Proyectos-Adjudicados. GitHub. Accedido en enero de 2024, desde <https://github.com/ANID-GITHUB/Historico-de-Proyectos-Adjudicados>
- Agencia Nacional de Investigación y Desarrollo (ANID). (2021). Colaboracion_Institucional. Github. Accedido en diciembre de 2023, desde https://github.com/ANID-GITHUB/Colaboracion_Institucional
- Ahlborg, H., Ruiz-Mercado, I., Molander, S., & Masera, O. (2019). Bringing technology into social-ecological systems research—motivations for a socio-technical-ecological systems approach. *Sustainability*, 11(7), 2009.
- Alvial, C. & Menéndez, M. (2018). Desafíos de monitorear la contribución de la CTCI a grandes retos: Aplicación al desafío país de sostenibilidad del recurso hídrico en Chile. Consejo Nacional de Innovación para el Desarrollo
- Barozet, E., Contreras, D., Espinoza, V., Gayo, M. & Méndez, M.L. (2021). Clases medias en tiempos de crisis: vulnerabilidad persistente, desafíos para la cohesión y un nuevo pacto social en Chile. CEPAL. Disponible en <https://www.cepal.org/es/publicaciones/47184-clases-medias-tiempos-crisis-vulnerabilidad-persistente-desafios-la-cohesion-un>
- Bomtempo, J.V., Chaves Alves, F. & de Almeida Oroski, F. (2017). Developing new platform chemicals: what is required for a new bio-based molecule to become a platform chemical in the bioeconomy? *Faraday Discuss* 202 (0), 213-225. <https://doi.org/10.1039/C7FD00052A>.
- Borrás S. & Edquist C. (2013) The Choice of Innovation Policy Instruments, Technological Forecasting and Social Change.
- Broota (2022). Estudio Aceleradoras e Incubadoras de Startups en Chile. Accedido en febrero de 2024, desde <https://drive.google.com/file/d/1ST5mTArK7U6ToyvMVqYGYwjVN-uSWGWH/view>
- Carayannis, E.G. & Campbell, D.F.J., (2009). 'Mode 3' and 'quadruple helix': toward a 21st century fractal innovation ecosystem. *International Journal of Technology Management* 46 (3-4), 201-234.

- Carlsson, B., Jacobsson, S., Holmén, M., & Rickne, A. (2002). Innovation systems: analytical and methodological issues. *Research policy*, 31(2), 233-245. [https://doi.org/10.1016/S0048-7333\(01\)00138-X](https://doi.org/10.1016/S0048-7333(01)00138-X)
- Castillo, J. C., Espinoza, V., & Barozet, E. (2022). Cohesión social en Chile en tiempos de cambio. CEPAL.
- Centro de Estudios de Conflicto y Cohesión Social (COES) (2023). Radiografía del Cambio Social: Análisis de Resultados Longitudinales ELSOC 2016-2022. Centro de Estudios Públicos. (2023). Encuesta CEP N° 89, Junio-Julio. <https://www.cepchile.cl/encuesta/encuesta-cep-n-89/>
- Comisión Nacional de Evaluación y Productividad (2023). Informe Anual de Productividad 2023. Accedido en febrero de 2024, desde <https://cnep.cl/wp-content/uploads/2024/01/InformeAnualProductividad2023.pdf>
- Consejo Nacional de Innovación para el Desarrollo (CNID) (2019). Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación para Chile. Accedido en enero de 2024, desde https://docs.consejoctci.cl/wp-content/uploads/2021/05/CTCI-para-Chile-y-Contexto-para-la-reflexion_web.pdf
- Consejo CTCI (2022). Estrategia Nacional de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación para el desarrollo de Chile.
- Corporación de Fomento de la Producción (CORFO). (2021). DataInnovación. DataInnovación - InnovaChile Corfo. Accedido en enero de 2024, desde <https://datainnovacion.cl/>
- Corporación de Fomento de la Producción (CORFO). (2022). Informe Público de Capital de Riesgo. <https://venturecapitalchile.org/wp-content/uploads/2023/08/InformeCapitaldeRiesgo2022.pdf>
- Datavoz (2020). Informe final Encuesta de trayectoria Doctorados en Chile. Ministerio CTCI. https://www.minciencia.gob.cl/uploads/filer_public/87/e0/87e0dfd8-4a11-4b7d-9c3d-354e024184b3/informe_final_levantamiento.pdf
- Ding, B., Qin, C., Liu, L., Chia, Y. K., Joty, S., Li, B., & Bing, L. (2022). Is gpt-3 a good data annotator?. arXiv preprint arXiv:2212.10450.
- División de Estudios y Estadísticas (2020a). Análisis de Centros CTCI. Accedido en febrero de 2024, desde https://api.observa.minciencia.gob.cl/api/datosabiertos/download/?handle=123456789/563&filename=An_lisis%20de%20centros%20-%202020.pdf
- División de Estudios y Estadísticas (2020b). Primera Radiografía de Género en Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación. Accedido en enero de 2024, desde <https://www.observa.minciencia.gob.cl/estudios/primera-radiografia-de-genero-en-ciencia--tecnologia--conocimiento-e-innovacion>
- División de Políticas Públicas (2023). Tercera Radiografía de Género en Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación. Accedido en febrero de 2024, desde <https://observa.minciencia.gob.cl/estudios/tercera-radiografia-de-genero-en-ciencia--tecnologia--conocimiento-e-innovacion>

- Edler, J. & Georghiou, L., (2007). Public procurement and innovation - Resurrecting the demand side. *Res. Policy* 36, 949–963. <https://doi:10.1016/j.respol.2007.03.003>
- Edquist, C. (1997). *Systems of innovation: technologies, institutions, and organizations*. Psychology Press.
- Edquist, C. (2004). *Systems of innovation: perspectives and challenges*. En Fagerberg, J.; Mowery, D. y Nelson, R. (eds.), *The Oxford Handbook of Innovation*. Oxford: Oxford University Press.
- Edquist, C. & Chaminade, C. (2006). Industrial policy from a systems-of innovation perspective. *European Investment Bank Papers*, vol. 11, n° 1, pp. 108–133.
- Edquist, C. & Hommen, L. (2008). *Small Country Innovation Systems. Globalization, Change and Policy in Asia and Europe*. Cheltenham: Edward Edgar Publishing Limited.
- Ematris, Prodem & InnovosGroup (2021). Evaluación de resultados de las Oficinas de Transferencia y Licenciamiento. Accedido en febrero de 2024 desde <https://observa.minciencia.gob.cl/estudios/evaluacion-de-resultados-de-las-oficinas-de-transferencia-y-licenciamiento>
- European Union (2021). Regulation (EU) 2021/695 of the European Parliament and of the Council of 28 April 2021 establishing Horizon Europe – the Framework Programme for Research and Innovation, laying down its rules for participation and dissemination, and repealing Regulations (EU) No 1290/2013 and (EU) No 1291/2013 (Text with EEA relevance). Accedido el 22 de enero de 2024, desde <https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2021/695/oj>
- Färber, M. (2019). The microsoft academic knowledge graph: A linked data source with 8 billion triples of scholarly data. In *International semantic web conference*, pages 113–129. Springer.
- Freeman, C. (1989). *Technology policy and economic performance*. Pinter Publishers Great Britain
- Gawer, A., Cusumano, M.A. (2002). *Platform Leadership: How Intel, Microsoft, and Cisco Drive Industry Innovation*. Harvard Business School Press, Boston.
- Geels, F.W. (2004). From sectoral systems of innovation to socio-technical systems: Insights about dynamics and change from sociology and institutional theory, *Research Policy*, 33(6/7), 897-920
- GBD 2019 Diseases and Injuries Collaborators. (2020). Global burden of 369 diseases and injuries in 204 countries and territories, 1990-2019: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2019. *Lancet*, 396(10258), 1204-1222.

Gomes, L. A. de V., Figueiredo A., Salerno M.S. & Ikenami, R. (2018). Unpacking the innovation ecosystem construct: evolution, gaps and trends. *Technol. Forecast. Soc. Chang.* 136, 30–48

González R., Bargsted M., Figueiredo A., Miranda D., Cerda E., Salas-Lewin, R. & Delgado, C. (2023), Radiografía del Cambio Social en Chile 2016-2022. Accedido en enero de 2024, desde <https://radiografia-cambio-social-2016-2022.netlify.app/>

Granstrand, O. & Holgersson, M. (2020). Innovation ecosystems: a conceptual review and a new definition. *Technovation.* <https://doi.org/10.1016/j.technovation.2019.102098>

Grootendorst, M. (2020). KeyBERT: Minimal keyword extraction with BERT. Zenodo. v0.3.0.

Jansiti, M. & Levien, R. (2004b). *The Keystone Advantage: What the New Dynamics of Business Ecosystems Mean for Strategy, Innovation, and Sustainability.* Harvard Business School Press, Boston, Massachusetts.

Infralatom (2023), Data on Public Investment in Economic Infrastructure in Latin America and the Caribbean (database). Accedido en enero de 2024, desde <http://infralatom.info/en/home/>

International Agency for Research on Cancer. Global Cancer Observatory. Cancer Today [Internet]. 2020. Retrieved January 24, 2024, from <https://gco.iarc.fr/today/home>.

Instituto Nacional de Propiedad Intelectual (INAPI) (2022). Análisis de mujeres inventoras. https://www.inapi.cl/docs/default-source/2023/centro-de-documentacion/estudios/reporte-de-genero-sobre-solicitudes-de-patentes-en-chile/analisis_de_las_mujeres_inventoras_ano_2023_inapi.pdf?sfvrsn=7a187460_2

Instituto Nacional de Propiedad Intelectual (INAPI) (2023a) Índice Global de Innovación 2023: Chile se posiciona como el segundo país en Latinoamérica del ranking mundial. Accedido en enero de 2024, desde <https://www.inapi.cl/sala-de-prensa/detalle-noticia/indice-global-de-innovacion-2023-chile-se-posiciona-como-el-segundo-pais-en-latinoamerica-del-ranking-mundial>

Instituto Nacional de Propiedad Intelectual (INAPI) (2023b). Reporte de Patentamiento Universidades Chilenas. https://www.inapi.cl/docs/default-source/2023/centro-de-documentacion/estudios/reporte-de-patentamiento-universidades-chilenas/reporte_patentamiento_universidades_2023_01_01.pdf?sfvrsn=d1407a63_2

Instituto Nacional de Propiedad Intelectual (INAPI) (2023c). Análisis de Mujeres Inventoras Año 2022. Accedido en enero de 2024, desde https://www.inapi.cl/docs/default-source/2023/centro-de-documentacion/estudios/reporte-de-genero-sobre-solicitudes-de-patentes-en-chile/analisis_de_mujeres_inventoras_ano_2022_inapi.pdf?sfvrsn=1e7ab47d_2

- International Energy Agency (IEA) (2024). Extended world energy balances, IEA World Energy Statistics and Balances (database). Accedido a través de OECD Data en febrero de 2024, desde <https://data.oecd.org/energy/renewable-energy.htm>
- International Monetary Fund (IMF) (2019). IMF Data - Investment and Capital Stock Dataset. Accedido en diciembre de 2023, desde <https://data.imf.org/?sk=1ce8a55f-cfa7-4bc0-bce2-256ee65ac0e4&sid=1441803350568>
- Jiménez de la Jara, J., Bastías, G., Ferreccio, C., Moscoso, C., Sagues, S., Cid, C., Bronstein, E., Herrera, C., Nervi, B., Corvalán, A., Velásquez, E. V., González, P., Castellón Vera, E., Bustamante, E., Oñate, S., McNerney, E., Sullivan, R., & Owen, G. (2015). A snapshot of cancer in Chile: analytical frameworks for developing a cancer policy. *Biological research*, 48(1), 1-15.
- Johnson, B. H., & Lundvall, B-A. (2000). Promoting Innovation Systems as a Response to the Globalising Learning Economy.
- Kern, F. (2012) Using the multi-level perspective on socio-technical transitions to assess innovation policy. *Technological Forecasting and Social Change*, 79(2), pp. 298-310
- Klimas, P. & Czakon, W. (2021). Species in the wild: A typology of innovation ecosystems *Review of Managerial Science*, 73, pp. 1-34.
- Lundvall, B. (Ed.). (1992). *National Systems of Innovation: Toward a Theory of Innovation and Interactive Learning*. Anthem Press.
- Lundvall, B. (2007). *National Innovation Systems—Analytical Concept and Development Tool*. *Industry & Innovation*, 14, 95-119. <https://doi.org/10.1080/13662710601130863>
- Lundvall, B., Chaminade, C., Vang-Lauridsen, J. & Joseph, K.J. (2009a). Innovation policies for development: towards a systemic experimentation based approach. Ponencia presentada en VII Globelics Conference, Dakar.
- Martínez-Sanguinetti, M. A., Leiva-Ordoñez, A. M., Petermann-Rocha, F., & Celis-Morales, C. (2021). ¿Cómo ha cambiado el perfil epidemiológico en Chile en los últimos 10 años? [Carta al editor]. *Revista médica de Chile*, 149(1), 149-152. <http://dx.doi.org/10.4067/S0034-98872021000100149>
- Mellado, C. & Scherman, A. (2015). Estudiantes de periodismo en Chile: percepción sobre la profesión, su futuro laboral y el desempeño de los medios.
- Méndez. M. & Pohl, N. (2018). Cuatro años del Postítulo en Comunicación de la Ciencia, Universidad de Chile: aprendizajes y proyecciones. En L. B. Valderrama (Chair), *Encuentro Multidisciplinar de Ciencia y Comunicación*. Conferencia llevada a cabo en la Universidad Alberto Hurtado, Escuela de Periodismo, Santiago, Chile.
- Menéndez M.J. & Villaroel, K. (2023). Revisión de Marcos de políticas públicas de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación. Consejo Nacional CTCl. Documento Técnico.

Minatta, A & Basani, M. (2022). Ecosistema de innovación en el sector agua, saneamiento y residuos sólidos de América Latina y el Caribe: relevamiento y modelo de vinculación. Nota técnica IDB - TN - 2565 ; 2565.

Ministerio de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación (2018). Primer Registro de Emprendimientos y Empresas de Base Científico-Tecnológica (EBCT). Accedido en febrero de 2024, desde <https://observa.minciencia.gob.cl/encuesta/empresas-de-base-cientifico-tecnologica-ebct>

Ministerio de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación (2019). Encuesta de Trayectoria de Profesionales con Doctorado (2011, 2014, 2019). Accedido en febrero de 2024, desde <https://observa.minciencia.gob.cl/encuesta/encuesta-de-trayectoria-de-profesionales-con-doctorado>

Ministerio de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación (2020a). Encuesta Nacional de Innovación (2009-2010 a 2019-2020). Accedido en febrero de 2024, desde <https://observa.minciencia.gob.cl/encuesta/encuesta-nacional-de-innovacion>

Ministerio de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación (2020b). Segundo Registro de Emprendimientos y Empresas de Base Científico-Tecnológica (EBCT). Accedido en febrero de 2024, desde <https://observa.minciencia.gob.cl/encuesta/empresas-de-base-cientifico-tecnologica-ebct>

Ministerio de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación (2021a). Encuesta sobre Gasto y Personal I+D (2013-2021). Accedido en febrero de 2024, desde <https://observa.minciencia.gob.cl/encuesta/encuesta-de-investigacion-y-desarrollo-id>

Ministerio de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación (2021b). GBARD: Créditos Presupuestarios Públicos para Investigación y Desarrollo (I+D) (2016-2017 a 2020-2021). Accedido en febrero de 2024, desde <https://observa.minciencia.gob.cl/encuesta/gbard>

Ministerio de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación (2022). Encuesta Nacional de Percepción Social de la Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación (2015, 2018 y 2022). Accedido en febrero de 2024, desde <https://observa.minciencia.gob.cl/encuesta/encuesta-nacional-de-percepcion-social-de-la-ctci>

Ministerio de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación (2023a). Boletín de resultados GBARD años 2020 y 2021. Accedido en febrero de 2024, desde <https://observa.minciencia.gob.cl/estudios/boletin-de-resultados-creditos-presupuestarios-publicos-para-investigacion-y-desarrollo-gbard-2020---2021>

Ministerio de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación (2023b). Levantamiento y Análisis de Créditos Presupuestarios Públicos para Investigación y Desarrollo para Chile. Accedido en febrero de 2024, desde https://api.observa.minciencia.gob.cl/api/datosabiertos/download/?handle=123456789/302607&filename=Informe%20Final_Final_GBARD%202020-2021.pdf

Ministerio del Medio Ambiente (2023), Octavo Reporte del Estado del Medio Ambiente. Accedido en febrero de 2024, desde <https://sinia.mma.gob.cl/estado-del-medio-ambiente/reporte-del-estado-del-medio-ambiente-2023/>

Moore, J.F. (1993). Predators and prey: a new ecology of competition. *Harv. Bus. Rev.* 71 (3), 75–86.

Moore, J.F. (1996). *The Death of Competition: Leadership and Strategy in the Age of Business Ecosystems*. Harper Collins, New York.

Nelson, R.R. (1993). *National Innovation Systems: A Comparative Analysis*. Oxford University Press, New York/Oxford.

North, D. (1990) *Institutions, Institutional Change and Economic Performance*. Cambridge University Press.

NU, CEPAL, OECD, CAF & European Commission (2023). *Latin American Economic Outlook 2023: Investing in Sustainable Development*. <https://hdl.handle.net/11362/68751>

Oficina de Estudios y Estadísticas División de Políticas Públicas. (2022). *Segunda Radiografía de Género en Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación*. Observa. Accedido en enero de 2024, desde <https://www.observa.minciencia.gob.cl/estudios/segunda-radiografia-de-genero-en-ciencia--tecnologia--conocimiento-e-innovacion>

Oficina de Estudios y Estadísticas División de Políticas Públicas. (2023). *Tercera Radiografía de Género en Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación*. Observa. Accedido en enero de 2024, desde <https://www.observa.minciencia.gob.cl/estudios/tercera-radiografia-de-genero-en-ciencia--tecnologia--conocimiento-e-innovacion>

Olivari, J. & Stubrin, L. (2016). Reflexiones sobre aproximaciones

metodológicas y empíricas para el estudio de los sistemas nacionales de innovación. En *Repensando el desarrollo latinoamericano: una discusión desde los sistemas de innovación* (pp. 143-184). Ediciones UNGS (Universidad Nacional de General Sarmiento).

Organization for Economic Co-operation and Development (OECD) (2017). *Science, Technology and Innovation Scoreboard*. Accedido en febrero de 2024, desde <https://www.oecd.org/sti/scoreboard.htm>

Organization for Economic Co-operation and Development (OECD) (2019). *Skills Matter: Additional Results from the Survey of Adult Skills*, OECD Skills Studies, OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/1f029d8f-en>.

Organization for Economic Co-operation and Development (OECD) (2020). *Panorama de las Administraciones Públicas América Latina y el Caribe 2020*, OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/1256b68d-es>.

Organization for Economic Co-operation and Development (OECD) (2021). *Building local ecosystems for social innovation: A methodological framework*. OECD Local Economic and Employment Development (LEED) Papers, No. 2021/06, OECD Publishing, Paris.

Organization for Economic Co-operation and Development (OECD) (2022). *Economic Outlook of Chile*. OECD Publishing, Paris.

Organization for Economic Co-operation and Development (OECD) (2023a). *The Public Governance of Anticipatory Innovation Ecosystems in Latvia: Exploring Applications in Key Sectors*, OECD Public Governance Reviews, OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/83170d2e-en>

- Organization for Economic Co-operation and Development (OECD) (2023b). Main Science and Technology Indicators (MSTI). Accedido en febrero de 2024, desde <https://www.oecd.org/sti/msti.htm>
- Patel, P. & Pavitt, K (1994). National innovation systems: why are they are important, and how they might be measured and compared. *Economics of Innovation and New Technology*, New York, v. 3, p. 77-95.
- Philp J. & Winickoff W. (2019). Innovation ecosystems in the bioeconomy. OECD Science, Technology and Industry Policy Papers 76, OECD Publishing, Paris
- Powell, J., & Hopkins, M. (2015). A Librarian's Guide to Graphs, Data and the Semantic Web. Elsevier Science. <https://doi.org/10.1016/C2013-0-16976-0>
- Priem, J., Piwowar, H., & Orr, R. (2022). OpenAlex: A fully-open index of scholarly works, authors, venues, institutions, and concepts. arXiv preprint arXiv:2205.01833.
- Rojas, M. (2018). SciCommChile: Ciencia en el espacio público. In L. B. Valderrama (Chair), Encuentro Multidisciplinar Ciencia y Comunicación. Conferencia llevada a cabo en la Universidad Alberto Hurtado, Escuela de Periodismo, Santiago, Chile.
- Russell, M. G., & Smorodinskaya, N. V. (2018). Leveraging complexity for ecosystemic innovation. *Technological Forecasting and Social Change*, 136, 114-131.
- Schot, J. & Steinmueller, W. E. (2018) Three frames for innovation policy: R&D, systems of innovation and transformative change *Research Policy* 47 1554– 1567
- Shaw, D. & Allen, T. (2018). Studying innovation ecosystems using ecology theory. *Technological Forecasting and Social Change*. 136. 10.1016/j.techfore.2016.11.030
- Sierra Bosch, P. (2021). Centros de Investigación y Desarrollo e Institutos Tecnológicos Públicos. Principales características y desafíos. Consejo Nacional CTCI. Informe. Accedido en febrero de 2024, desde https://docs.consejocctci.cl/wp-content/uploads/2022/05/Centros_ID_e_ITPs_CNID_PSierra_Dic2021.pdf
- Tarride, J. E., Lim, M., DesMeules, M., Luo, W., Burke, N., O'Reilly, D. & Goeree, R. (2009). A review of the cost of cardiovascular disease. *Canadian Journal of Cardiology*, 25(6), e195-e202.
- The Conference Board (2023) Total Economy Database™, Abril 2023. Accedido en diciembre de 2023, desde <https://conference-board.org/data/economydatabase/total-economy-database-productivity>.
- The Observatory of Economic Complexity (OEC) (2021) Chile - Economic Complexity. Accedido en febrero de 2024, desde <https://oec.world/en/profile/country/chl#economic-complexity>
- Vernal, T., Valderrama, L., Contreras, J., & Arriola, T. (2019). Percepción de la formación y la especialización del periodismo científico en Chile.

Cuadernos.info, (45). https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0719-367X2019000200213

Wildlife Conservation Society (WCS). (2021). Responsabilidad y transparencia corporativa en biodiversidad en Chile: Una aproximación desde el análisis de reportes de sustentabilidad.

World Bank (2023). World Bank Open Data - Chile.
Accedido en diciembre de 2023, desde <https://data.worldbank.org/country/chile>

World Intellectual Property Organization (WIPO) (2023).
Global Innovation Index (2017-2023). Accedido en febrero de 2024, desde https://www.wipo.int/global_innovation_index/en/2023/

Wang, S., Liu, Y., Xu, Y., Zhu, C., & Zeng, M. (2021). Want to reduce labeling cost? GPT-3 can help. arXiv preprint arXiv:2108.13487.

Young, O. R. (2002). Institutional interplay: the environmental consequences of cross-scale interactions. *The drama of the commons*, 1(1), 63-291

Zhu, Y., Zhang, P., Haq, E. U., Hui, P., & Tyson, G. (2023). Can chatgpt reproduce human-generated labels? a study of social computing tasks. arXiv preprint arXiv:2304.10145.

Anexos

Anexo 1: Definiciones conceptuales de Ecosistema de Innovación

En el presente Anexo, se revisan las definiciones conceptuales que la literatura ha descrito para hablar acerca de Ecosistema de Innovación. Esto viene acompañado de la distinción conceptual entre Sistema y Ecosistema, y la evolución del concepto en sí mismo. Finalmente se presentan ejemplos de Organismos Internacionales que ya han adoptado el concepto de Ecosistema CTCI en los últimos tiempos.

Revisión de la literatura de la definición de Ecosistema de Innovación

El concepto de Ecosistema de innovación, si bien se ha vuelto más conocido en los últimos 15 años, aún no tiene consenso sobre su definición debido a la falta de conceptualización, evidencia y análisis. De acuerdo con la literatura, se ha utilizado y aplicado en variados contextos y formas, siendo el principal foco el de la estrategia de negocio y la creación de valor en conjunto (Moore, 1993). Moore destacó cómo las organizaciones cooperan y compiten para desarrollar nuevas capacidades en torno a la innovación.

Existe una variedad de conceptualizaciones, definiciones y enfoques para este término, lo que dificulta las comunicaciones entre investigadores y obstaculiza el progreso en la investigación. Ante este desafío, se vuelve crucial definir los conceptos y buscar consensos en campos emergentes de investigación.

El concepto de Ecosistema de innovación, inspirado en la ciencia de la ecología, ha ganado terreno en la literatura de la estrategia, innovación y emprendimiento. Una de las primeras definiciones data del año 2006 cuando Adner en sus publicaciones de la revista de Harvard lo define como “acuerdo de colaboración a través del cual las empresas combinan sus ofertas individuales en una solución coherente orientada al cliente”. Posteriormente, han surgido otras definiciones, una de las más citada, referida a “sistema de sistemas multinivel, multimodal y multiagente, consistiendo en metaredes de innovación (redes de redes de innovación y grupos de conocimiento) y metagrupos de conocimiento (grupos de redes de innovación y grupos de conocimiento), sumando también aglomeraciones de capacidades humanas, sociales, intelectuales y los stocks y flujos de capital financiero, así como los artefactos y modalidades culturales y tecnológicos, en continua evolución, coespecialización y cooperación continua” (Carayannis & Campbell, 2009).

Considerando la gran diversidad de definiciones, recientemente se han realizado dos estudios que ofrecen una mirada de la evolución del concepto (Gomes et al., 2018) y una propuesta de una definición concreta que toma los elementos de las definiciones anteriores para su uso más operativo (Granstrand & Holgersson, 2020).

Gomes et al. se enfoca en analizar el concepto de Ecosistema de innovación, destacando su evolución, las lagunas existentes y las tendencias emergentes. Estos autores realizan una revisión sistemática de la literatura con una metodología híbrida que incluye análisis bibliométrico y análisis de contenido (periodo 1993- 2016), concluyendo que el término se ha

utilizado en diferentes contextos con diferentes significados y propósitos. Asimismo se identificaron que existen brechas en la literatura en diferentes usos, lo que levanta la necesidad de un mayor desarrollo teórico sobre los constructos de Ecosistema, Ecosistema de innovación y negocio (ver la siguiente figura).

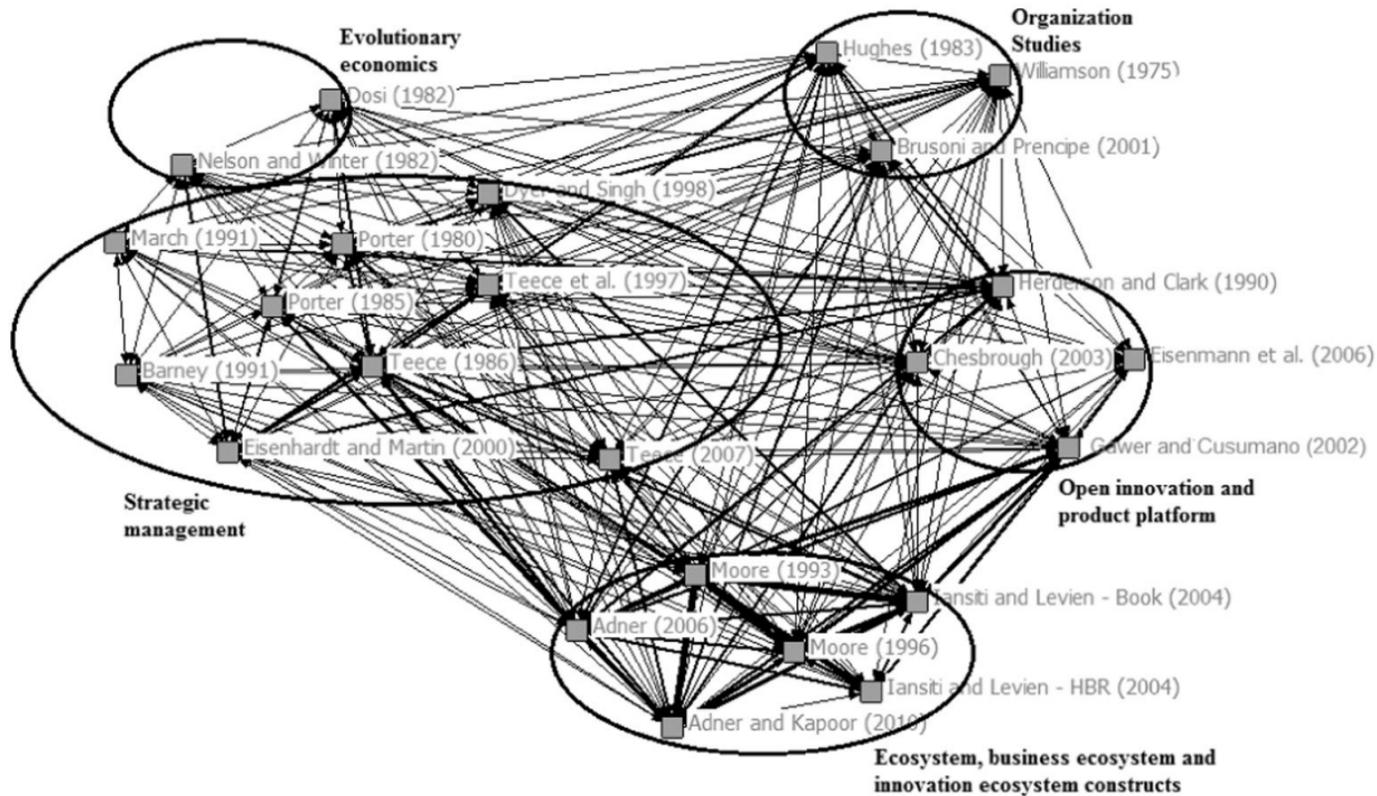


Figura 163

Fuente: *Obtenido de Gomes et al. (2018). Redes de co-citación.*

Se destacan tendencias, como el uso del concepto de Ecosistema de innovación en el contexto del emprendimiento y la aplicación del concepto a situaciones de innovación radical y mercados emergentes. El análisis del estudio concluye que el concepto de Ecosistema de innovación ha surgido en parte como una reacción a la captura de valor y el enfoque competitivo que prevalecía en la literatura sobre Ecosistema de negocios. El concepto de Ecosistema de innovación pone más énfasis en la creación de valor y la colaboración. En base a este desafío, proponen que una definición de Ecosistema de innovación debe destacar y mostrar elementos como la co-creación de valor, la interconexión de actores y la coevolución.

Asimismo, los autores realizan un análisis de la red de estudios para determinar cuáles fueron los principales estudios y autores que cambiaron la estructura intelectual transitando de los discursos de los Ecosistemas de negocio a la conceptualización de Ecosistema de innovación. Los estudios identificados como punto de inflexión (ver la siguiente figura) que cambiaron la discusión sobre estos temas incluyen los trabajos de Moore (1993, 1996), Gawer & Cusumano (2002), Iansiti & Levien (2004b), Adner (2006) y Adner & Kapoor (2010). Sin embargo, quienes contribuyeron en gran medida a la difusión del término de Ecosistema de innovación fueron Adner y Kapoor. De acuerdo a los autores, Adner y Kapoor plantearon la siguiente definición de Ecosistema de innovación: “La construcción del Ecosistema, como una forma de hacer más explícitas las interdependencias, [...] se ha centrado en comprender la coordinación entre socios en redes de intercambio que se caracterizan por la cooperación y la competencia simultáneas”.

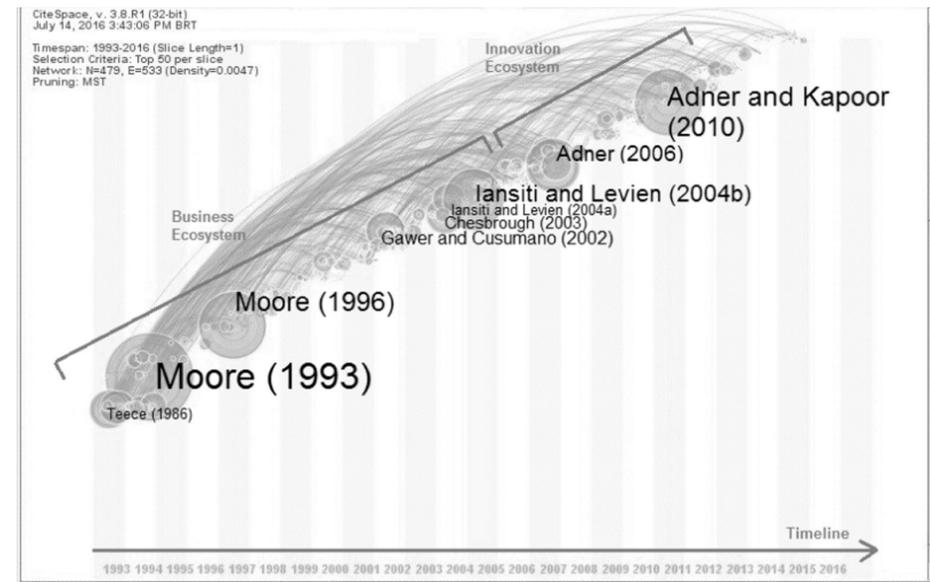


Figura 164

Siguiendo la mirada de Gomes et al. (2018), en cuanto a la necesidad de contar con un concepto bien definido de Ecosistema de innovación, en el año 2020 los autores Granstrand & Holgersson presentan una definición de Ecosistema de innovación que se centra en las relaciones complementarias y sustitutivas, así como en los actores y artefactos en el sistema.

Granstrand & Holgersson (2020), tomando el llamado de darle una mayor rigurosidad conceptual a la definición de Ecosistema de innovación, realizaron un trabajo para proponer una definición explícita, precisa y

completa que permita capturar la complejidad de estos Ecosistemas. Basada en el estudio histórico conceptual de la literatura, los autores realizaron una revisión crítica sistemática de 120 publicaciones relacionadas con los Ecosistemas de innovación e identificaron 21 definiciones únicas, lo que demuestra la falta de consenso en cuanto a la definición del concepto.

Se identificaron varios componentes clave presentes en las definiciones revisadas: actores, artefactos, actividades, relaciones (colaborativas/complementarias y competitivas/sustitutas), instituciones, así como la naturaleza coevolutiva de los Ecosistemas de innovación. El artículo argumenta que la mayoría de las definiciones actuales se centran en las relaciones colaborativas entre actores, pero a menudo omiten las relaciones competitivas y los artefactos (productos, servicios, tecnologías, etc.). Para abordar esta carencia, los autores proponen una nueva definición de Ecosistema de innovación.

La nueva definición propuesta para un Ecosistema de innovación es la siguiente:

“Un Ecosistema de innovación es el conjunto evolutivo de actores, actividades y artefactos, y las instituciones y relaciones que son importantes en el desempeño innovador de un actor o una población de actores.” (Granstrand y Holgersson, 2020).

En esta definición, “artefactos” incluye productos y servicios, recursos tangibles e intangibles, recursos tecnológicos y no tecnológicos, y otros tipos de entradas y salidas del sistema, incluyendo innovaciones. La

definición reconoce que un Ecosistema de innovación puede involucrar un sistema de actores con relaciones de colaboración (complementarias) y competencia (sustitución), ya sea con o sin una empresa focal, y un sistema de artefactos con relaciones complementarias y sustitutivas (similar a lo que los Ecosistemas naturales). El término “desempeño innovador” se utiliza en lugar de “innovaciones” o “innovación” para permitir la inclusión de imitaciones relacionadas en el sistema y facilitar operacionalizaciones en términos económicos.

La siguiente figura en el artículo representa los componentes principales de esta definición propuesta, destacando la importancia de las relaciones en el Ecosistema y su evolución, así como las instituciones que rigen las reglas del juego en el contexto de la innovación. Las relaciones pueden ser de diferentes tipos, incluyendo relaciones complementarias, sustitutivas, de propiedad y derechos de uso, relaciones transformadoras y externalidades. Las instituciones se refieren a las reglas del juego que rigen el funcionamiento del Ecosistema de innovación.

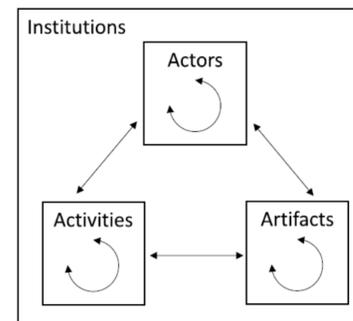


Figura 165

Fuente: Obtenido de Granstrand & Holgersson (2020). Ilustración de la definición de Ecosistema de innovación.

De acuerdo con los autores, la nueva definición de Ecosistema de innovación busca proporcionar una visión más completa y equilibrada de lo que constituye un Ecosistema de innovación, ya que esta se centra en actores, actividades y artefactos, así como en las relaciones, incluyendo relaciones complementarias y sustitutivas. La definición se formula de manera que permita una comprensión precisa y operacionalización de los conceptos, evitando la circularidad.

La importancia de la comprensión del concepto de Ecosistema de innovación tiene una fuerte relación con los Ecosistemas naturales o ecológicos. La literatura avala que el concepto de Ecosistema de innovación comparte similitudes con el Ecosistema natural (Moore, 1993; Lansiti and Levien, 2004b; Shaw & Allen, 2018), siendo la teoría de la ecología aquella que puede proporcionar herramientas y perspectivas útiles para el análisis de los Ecosistemas.

Los Ecosistemas están formados por una diversidad de actores, incluidas empresas, instituciones académicas, gobiernos y organizaciones sin fines de lucro. Los autores Shaw & Allen (2018) argumentan que estos Ecosistemas son dinámicos y complejos, y su estudio requiere un enfoque interdisciplinario. Los componentes y conceptos de la teoría ecológica tales como la diversidad, la interdependencia y la sucesión ecológica, pueden aplicarse a los Ecosistemas de innovación.

La teoría de la ecología puede facilitar un marco valioso para analizar los Ecosistemas, y así tener una mirada mejor de su dinámica y evolución en el tiempo.

Mirada de la literatura socio-técnica: Sistema versus Ecosistema

Es reconocido que el concepto de Ecosistema de Innovación ha evolucionado en la literatura y se ha diferenciado del concepto de Sistema de Innovación. En la sección anterior ya se ha mencionado la falta de una definición única para el término “Ecosistema de Innovación” y cómo diferentes autores han enfocado diferentes componentes en sus definiciones, como actores, colaboración, competencia, actividades, artefactos, instituciones y coevolución.

En el caso del concepto de Sistema de Innovación, este ha sido ampliamente utilizado con el foco político e institucional, partiendo de la premisa que la innovación es requerida para aumentar la productividad y competitividad de los países. La aproximación sistémica a los estudios de innovación se desarrolló en la literatura económica y de políticas en la década de 1990 y está ampliamente consensuado por la academia. Se introdujeron diversas conceptualizaciones de sistemas de innovación, como sistemas nacionales, sectoriales, regionales y corporativos de innovación.

Las principales referencias han definido el concepto de la siguiente manera:

- “La red de instituciones de los sectores público y privado cuyas actividades e interacciones inician, importan, modifican y difunden nuevas tecnologías”. (Freeman, 1987);
- “Los elementos y relaciones que interactúan en la producción, difusión y uso de conocimientos nuevos y económicamente útiles... y están

ubicados dentro o arraigados dentro de las fronteras de un estado nación". (Lundvall, 1992);

- "Un conjunto de instituciones cuyas interacciones determinan el desempeño innovador de las empresas nacionales." (Nelson, 1993);
- "Las instituciones nacionales, sus estructuras de incentivos y sus competencias, que determinan el ritmo y la dirección del aprendizaje tecnológico (o el volumen y la composición de las actividades generadoras de cambio) en un país." (Patel & Pavitt, 1994).

Ha sido ampliamente utilizada la perspectiva de sistema de innovación en el contexto de políticas públicas asociadas a ciencia, tecnología e innovación, tanto en países desarrollados como en vías de desarrollo, así como también en los reportes de la OCDE (Edquist, 1997). Deja atrás la mirada de un modelo lineal de innovación hacia uno más interactivo. Se enfoca en los procesos de aprendizajes interactivos, la construcción de capacidades y la relación entre las diferentes organizaciones interesadas en la generación y la utilización del conocimiento científico y tecnológico. (Cohen & Levinthal, 1989; Johnson & Lundvall 2000, entre otros).

Sin embargo, muchas veces representado cuantitativamente por un sistema estático, de cómo pasar de input a output a través de actividades ejecutadas por los agentes y actores interactuando con el ambiente (Ackoff 1971; Carlsson et al 2022). Siendo muchas veces analizado críticamente sobre los elementos que deja dentro y que deja afuera. Una mirada reflexiva reciente sobre la medición de los sistemas nacionales de innovación, promueve nuevas formas de entender, medir y analizar no solo la cantidad de capacidades y resultados que contiene un sistema sino

también el dinamismo o la evolución de los mismos. Esto lo plasman en cuatro formas de caracterizar el Ecosistema: estructura, funcionamiento, desempeño, evolución (Olivari & Stubrin, 2016). lo cual profundizaremos en más detalle en la siguiente sección del documento.

Por otro lado, de acuerdo a la literatura los marcos de política (marco analítico), los sistemas de innovación no han respondido a los desafíos sociales y medioambientales que estamos enfrentando en la actualidad. En este marco de la transición a la sustentabilidad, la literatura académica evoluciona desde modelos de sistema de innovación a régimen sociotécnicos¹, en que las tecnologías y las sociedades co-evolucionan para enfrentar el desafío de la sustentabilidad (Kern, 2012). Recientemente abordado por la OCDE bajo la necesidad de una transformación total de los sistemas hacia una mayor direccionalidad de las políticas Ciencia, Tecnología e Innovación (OCDE, 2023).

Dentro de la literatura moderna lo describe como nuevos marcos teóricos de cambios transformativos o cambios sociotécnicos (Schot & Steinmuller, 2018), que buscan alinear la innovación con los desafíos sociales, públicos y medioambientales para un desarrollo sostenible, reconocimiento e involucrando a múltiples y diversos actores.

1 Según la perspectiva de Geels (2004), destaca la transición esencial del análisis centrado en artefactos y organizaciones hacia el enfoque de sistemas y redes. En este marco, se enfatiza la importancia de la creación, difusión y utilización de tecnologías, así como la interconexión de una red de agentes. Este enfoque incorpora de manera crucial el componente social como un elemento intrínseco del sistema.

La importancia de esta comprensión amplia de la CTCI, plantea el desafío de incorporar un mayor volumen de información. Sumando a la lógica de información de actores, recursos y productos que los modelos de sistema de innovación vienen midiendo a una de modelos socio-eco-técnicos que permita caracterizar los elementos del sistema que dan cuenta de las interacciones dentro del sistema, su desempeño y los aspectos sociales que están determinando su funcionamiento. La reciente literatura de los sistemas socio-eco-técnicos revela la importancia de los sistemas ecológicos, ofreciendo una visión para comprender mejor cómo la tecnología y la ecología interactúan en los sistemas sociales y ecológicos, y cómo esta interacción social da forma al desarrollo y uso de las tecnologías (Ahlborg et al, 2019).

Desde esta perspectiva, surge la necesidad de adoptar un marco de referencia de Ecosistema que integra las dimensiones asociadas a los vínculos y la evolución, que den cuenta de la naturaleza compleja de la creación y aplicación del conocimiento. Representación de un sistema vivo y en constante evolución, dependiente de una trayectoria, con un red amplia y dinámica de actores y relaciones.

Ejemplos de organismos internacionales con el concepto CTCI

A nivel internacional, se evidencia cómo los Organismos Internacionales vienen adoptando el concepto de Ecosistema CTCI en los últimos años. Se pueden enumerar los siguientes ejemplos:

Unión Europea

En el marco del programa de trabajo 2023-2024 de la Unión Europea (European Innovation Ecosystem), a través del Horizon Europe Regulation, el concepto de Ecosistema de Innovación lo exponen cómo:

“El término Ecosistema de innovación se refiere a un Ecosistema que reúne a nivel de la unión a actores o entidades cuyo objetivo funcional es facilitar el desarrollo de tecnología y la innovación. Incluye relaciones entre recursos materiales (como fondos, equipos e instalaciones), entidades institucionales (como instituciones de educación superior y servicios de apoyo, organizaciones de investigación y tecnología, empresas, capitalistas de riesgo e intermediarios financieros) y entidades de formulación de políticas y financiamiento nacionales, regionales y locales.” (European Union, 2021).

Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE)

En el caso de la OCDE utiliza el concepto de Ecosistema de innovación en el contexto de la bioeconomía, innovación social y anticipación. El documento de política titulado “innovation ecosystems in the bioeconomy” del año 2019 lo define de la siguiente forma:

“Agrupaciones de empresas en diferentes industrias con habilidades diferentes pero complementarias que vinculan sus capacidades para crear valor para los usuarios finales (siguiendo a Kanter, 1994)”. (Philp & Winickoff, 2019)

Desde esta mirada, según el documento de la OCDE, la atención a los Ecosistemas de innovación surge tanto del compromiso con la idea de la

gestión de transiciones como del desafío del desarrollo sostenible. Plantea que es un concepto muy similar al de las cadenas de valor, pero también incluye la idea de que las cadenas de valor pueden converger y desarrollarse en redes interindustriales donde un rango más amplio de actores, también relacionados horizontalmente, crean valor entre ellos, por ejemplo, a través de soluciones de simbiosis industrial/economía circular.

Por otro lado, el concepto adoptado en el documento de Ecosistema de innovación social (OCDE, 2021), se basa en las definiciones de los Ecosistemas de innovación. El documento sigue lo planteado por Moore (1993), el Ecosistema es una comunidad de actores que están de alguna manera interconectados y les permite interactuar entre sí para generar una cierta propuesta de valor. Esto argumenta a favor del aumento de la interdependencia y el potencial de relaciones simbióticas en los Ecosistemas a medida que se desarrollan. El conocimiento académico sobre los Ecosistemas de innovación social está en crecimiento. Ha habido varios intentos de analizar y desarrollar marcos sobre el Ecosistema de innovación social.

Por último, en el año 2023 OCDE publica el documento “The public governance of anticipatory innovation ecosystem in Latvia: exploring

applications in key sector 2023” (OECD, 2023a). Este reporte adopta la definición de Ecosistema de innovación basado en Klimas & Czakon (2021)²; Granstrand & Holgersson (2020); Russell & Smorodinskaya, 2018)

“Una red en constante evolución y completa de diversas organizaciones que colaboran para lograr objetivos de innovación compartidos.” (OCDE, 2023)

Banco Interamericano de Desarrollo (BID)

En el documento técnico de la División de agua y saneamiento del BID, se realiza el año 2022 el análisis del Ecosistema de innovación en el sector agua, saneamiento y residuos sólidos de América Latina y el Caribe, y adoptan la siguiente definición de Ecosistema de innovación:

“Se entiende por tal el conjunto evolutivo de entidades, artefactos (productos y servicios, recursos tangibles e intangibles, recursos tecnológicos y no tecnológicos), actividades y modelos de relación que pueden influir en el desempeño innovador de un actor o una población de actores, habilitando (promoviendo, impulsando o facilitando) o inhibiendo (obstaculizando, retrasando o dificultando) dicho desempeño (Granstrand & Holgersson, 2020). En otras palabras, es una comunidad de actores, dinámica y coevolutiva, que gestiona la creación y captura nuevo valor a través de la colaboración (Deloitte, 2015)” (Minatta & Basani, 2022).

² Ecosistema de innovación es el entorno de cooperación que rodea las actividades de innovación de sus actores en evolución conjunta, organizados a través de procesos de coinnovación, y que dan como resultado la cocreación de nuevo valor mediante la innovación (Klimas y Czakon, 2021).

Anexo 2: Dimensiones sistémicas

Dimensión Sistémica: Representación de las dimensiones del sistema CTCI, que muestran las diferentes etapas dentro del ciclo I+D+i y mecanismos para promover e impulsar las actividades de ciencia, tecnología, conocimiento e innovación.

- **Capital Humano:** Busca contribuir al aumento de capital humano y sus capacidades para el desarrollo científico, tecnológico, de conocimiento e innovación en el país.
- **Proyectos de Investigación:** Busca fortalecer el modelo de investigación y desarrollo (I+D) de excelencia motivada por la curiosidad con foco en áreas estratégicas.
- **Investigación Asociativa:** Busca potenciar el bienestar académico, social y ambiental, apoyando la investigación en red y la transferencia de conocimiento en distintas áreas.
- **Investigación Aplicada y Transferencia:** Busca impulsar investigación e innovación de base científico-tecnológica, promoviendo la colaboración entre el sector privado, la sociedad civil y/o el Estado, fortaleciendo la competitividad y proporcionando la transferencia de conocimientos.
- **Innovación y Desarrollo de Negocio:** Busca incentivar la innovación empresarial en el país, apoyando el acceso a tecnologías, así como el desarrollo de productos y servicios de mayor valor y diversificación, con foco en las necesidades de mercado.
- **Capacidades Institucionales:** Busca fortalecer las capacidades base del sistema, a través del diseño e implementación de mecanismos y estrategias para dinamizar la articulación entre la ciencia, industria, academia, el sector público y la sociedad.
- **Apropiación Social del Conocimiento:** Busca promover la socialización del conocimiento dentro y fuera del sistema educativo, a través de la articulación de actores e instituciones, el desarrollo de experiencias memorables, la generación de conocimiento local y el trabajo con comunidades, contribuyendo así a la apropiación social de la CTCI.

Anexo 3: Bases de datos de proyectos

Base de datos de ANID

Para caracterizar los proyectos ANID, se empleó la base de datos disponible en el repositorio GitHub institucional de la agencia (ANID, 2020). Dicha base de datos contiene la información de proyectos adjudicados por ANID (antes del 2020, por la Comisión Nacional de Investigación Científica y Tecnológica, CONICYT) desde 1982 hasta 2023, con fecha de corte 30 de septiembre de 2023 al momento de llevar a cabo este estudio. La siguiente tabla muestra los programas encargados de los concursos e instrumentos adjudicados desde 2013 (año de inicio del presente estudio) hasta la fecha, junto a la subdirección de ANID de la cual dependen.

Figura 166

Programas encargados de los concursos e instrumentos adjudicados desde 2013 a la fecha en la base de datos de ANID, junto a la subdirección a la cual pertenece cada programa.

Subdirección	Programa
Capital Humano	Programa Formación de Capital Humano Avanzado (PFCHA)
	Subvención a la Instalación en la Academia (SIA)
Centros e Investigación Asociativa	Fondo de Financiamiento de Centros de Investigación en Áreas Prioritarias (FONDAP)
	Programa de Equipamiento Científico y Tecnológico (FONDEQUIP)
	Milenio
	Programa de Investigación Asociativa (PIA)
Investigación Aplicada	Regional
	CORFO
	Fondo de Fomento al Desarrollo Científico y Tecnológico, (FONDEF)
	Investigación y Desarrollo en Salud (FONIS)
	Programa de Atracción e Inserción de Capital Humano Avanzado (PAI)
No Aplica	Subdirección de Investigación Aplicada (SIA)
	Explora
Proyectos De Investigación	Fondo Nacional de Desarrollo Científico y Tecnológico (FONDECYT)
Redes, Estrategia Y Conocimiento	Astronomía
	CORFO
	Información Científica
	Programa de Atracción e Inserción de Capital Humano Avanzado (PAI)
	Programa de Cooperación Internacional (PCI)
	Redes, Estrategia y Conocimiento (REC)
	Regional

Se destaca además que aparece el programa CORFO dentro de la base de datos de ANID, asociado a dos subdirecciones. Así, el programa CORFO de la subdirección de Investigación Aplicada contiene los instrumentos Start Up Ciencia (concurso *Start Up Ciencia 2021*) y Retos de Innovación (concurso Retos de Innovación de Interés Público). Por otra parte, el programa Corfo de la subdirección de Redes, Estrategia y Conocimiento contiene los instrumentos OTL (concursos *Apoyo a la Consolidación de Oficinas de Transferencia y Licenciamiento 2021* y *Apoyo a la Consolidación de OTL 2022*), Ingeniería 2030 (concursos *Ingeniería 2030*, *Ingeniería 2030 Segunda Etapa* y *Ingeniería 2030 Etapa 3 2022*) y Ciencia 2030 (concurso *Ciencia 2030 Etapa 2 2022*).

Base de datos de CORFO

Por otra parte, para caracterizar los proyectos CORFO, se hizo uso de la base de datos disponible en el sitio web de DataInnovación (CORFO, 2021). Tal como se describe en dicho sitio web, el “portafolio de proyectos incluye los subsidios de apoyo a la innovación CORFO y la Ley de Incentivo Tributario a la I+D”, considerando datos del 2010 en adelante.

Así, en esta base de datos se presentan proyectos apoyados por CORFO en dos modalidades o tipos de intervención; a saber, *ley de incentivo tributario* y *subsidio*. A su vez, subsidio tiene múltiples instrumentos asociados, los cuales se presentan en la siguiente tabla¹:

1 El tipo de intervención ley sólo tiene un instrumento asociado: Ley I+D.

Instrumentos homologados asociados al tipo de intervención subsidio		
Apoyo A La Protección De La Propiedad Industrial	Empaquetamiento Tecnológico Para Nuevos Negocios	Portafolio (I+D+i Empresarial)
Apoyo Negocios Tecnológicos	Emprendimiento Turismo Intereses Especiales	Portafolios De Tecnologías Comercializables
Apoyo al entorno del emprendimiento	Escala Innovación	Preinversión Para I+D Asociativa Internacional
Asociaciones Tecnológicas Para La Competitividad	Fortalece Pyme	Programa De Innovación Y Emprendimiento Social
Autm - Fort. Capac. Transf. Y Comerc. Res. I+D	Fortalecimiento De Oficinas De Transferencia Y Licenciamiento	Programa Integrado Por Especie Seriola Y Corvina
Bienes Públicos Para La Innovación	Gestión de la innovación o Instala Innovación	Programa de I+D Aplicada
Bienes públicos	Global Connection	Programa de apoyo al patentamiento de invenciones chilenas en el extranjero
Capital Humano	Go to market	Programa de mejoramiento genético
Capital Semilla	Huella	Programas de difusión y prospección tecnológica
Capital humano	I+D Aplicada en Empresas	Prototipos De Innovación Social
Catapult(A)	Innova Alta Tecnología	Prototipos de innovación
Cei 1.0 Instalacion Centros De Excelencia Internacional	Innova Región	Proyectos De Fortalecimiento Y Formación De Capacidades Regionales Para La Innovación
Concurso Innovación En Energías Renovables	Innova Social	Pymelab
Conecta y colabora	Innovación Empresarial Individual	Redes De Inversionistas Ángeles
Consolida y Expande	Innovación Empresarial de Rápida Implementación	Startup
Consortios Tecnológicos	Innovación Precompetitiva	Súmate a Innovar
Contratos tecnológicos	Instala Innovación	Súmate a la economía circular
Crea y Valida Empresarial	Nodos	Validación y empaquetamiento de innovaciones
Crea y Valida I+D+i Colaborativo	Operación De Incubadoras De Negocios (E)	Voucher de innovación
Crea y Valida I+D+i Empresarial	Perfiles De Programas Otras Especies Potenciales	

Figura 167

Instrumentos homologados asociados al tipo de intervención subsidio en la base de datos de CORFO. **Nota:** *Instrumento homologado es una categoría que agrupa a varios instrumentos similares entre sí. Así, por ejemplo, el instrumento homologado Súmate a Innovar agrupa los instrumentos Súmate a Innovar Mujeres, Súmate a Innovar Reactíivate, Súmate a Innovar Economía Circular y Súmate a Innovar (sin apellido).*

Anexo 4: Metodología de clasificación de proyectos

Prompts utilizados

Para clasificar los proyectos se hizo uso del modelo GPT-4¹, empleando distintos prompts para solicitar las anotaciones. A continuación, se detallan los prompts empleados para cada base de datos y cada clasificación.

1 Empleando la API de OpenAI, y con una temperature=0.

Prompt	Base de datos	Clasificación
Eres un experto en evaluación de proyectos de investigación. Recibirás una lista de proyectos, cada uno empezando con un guión (-). Los proyectos sólo tienen título, y estos pueden estar en inglés o español. Tu trabajo es determinar, para cada proyecto, si habla de salud u otro tema. Si el tema del proyecto es salud humana, debes responder 'salud'. Si el tema del proyecto no es salud humana, debes responder 'otro'. No pongas guiones al principio de cada respuesta. Sólo debes responder la clasificación correcta en cada línea.	ANID	Salud / Otro
Eres un experto en evaluación de proyectos de investigación. Recibirás una lista de proyectos, cada uno empezando con un guión (-). Los proyectos sólo tienen título, y estos pueden estar en inglés o español. Tu trabajo es determinar para cada proyecto si habla de cáncer, de diabetes, de enfermedades cardíacas u otro tema. Si el tema del proyecto es cáncer, debes responder 'cáncer'. Si el tema del proyecto es diabetes, debes responder 'diabetes'. Si el tema del proyecto es enfermedades cardíacas, debes responder 'cardíaca'. Si el tema del proyecto es algo distinto, debes responder 'otro.'. No pongas guiones al principio de cada respuesta. Sólo debes responder la clasificación correcta en cada línea.	ANID	Cáncer / Cardíaca / Diabetes / Otra
Eres un experto en evaluación de proyectos de investigación. Recibirás una lista de proyectos, cada uno empezando con un guión (-). Algunos proyectos tienen un título y un objetivo, mientras otros sólo tienen título. Tu trabajo es determinar, para cada proyecto, si habla de salud u otro tema. Si el tema del proyecto es salud humana, debes responder 'salud'. Si el tema del proyecto no es salud humana, debes responder 'otro'. No pongas guiones al principio de cada respuesta. Sólo debes responder la clasificación correcta en cada línea.	CORFO	Salud / Otro
Eres un experto en evaluación de proyectos de investigación. Recibirás una lista de proyectos, cada uno empezando con un guión (-). Algunos proyectos tienen un título y un objetivo, mientras otros sólo tienen título. Tu trabajo es determinar para cada proyecto, si habla de cáncer, de diabetes, de enfermedades cardíacas u otro tema. Si el tema del proyecto es cáncer, debes responder 'cáncer'. Si el tema del proyecto es diabetes, debes responder 'diabetes'. Si el tema del proyecto es enfermedades cardíacas, debes responder 'cardíaca'. Si el tema del proyecto es algo distinto, debes responder 'otro.'. No pongas guiones al principio de cada respuesta. Sólo debes responder la clasificación correcta en cada línea.	CORFO	Cáncer / Cardíaca / Diabetes / Otra

Figura 168

Validación de metodología

La metodología utilizada para clasificar los proyectos, empleando un Large Language Model como es GPT para etiquetar los datos, está siendo ampliamente reportada en la literatura, donde se destacan los buenos resultados que se obtienen con dicha metodología y el ahorro monetario que significa (Ding et al., 2022; Want et al., 2021; Zhu et al., 2023). Aun así, para este estudio se realizó una validación empírica de la metodología, empleando una muestra aleatoria y comparando las etiquetas entregadas por GPT respecto a las etiquetas generadas por un anotador humano.

Revisión Proyectos ANID

Fueron muestreados aleatoriamente 30 proyectos de la base de datos de ANID, los cuales se presentan en la siguiente tabla. Para cada uno de estos proyectos, se le pidió a un anotador humano que etiquetara si se trataba de salud o no, y si se trataba de cáncer, diabetes, enfermedades cardiovasculares o un tema distinto, de forma análoga al etiquetado solicitado a GPT. Los proyectos muestreados, junto a sus etiquetas, se presentan en la siguiente tabla:

Título	Humano Salud	GPT Salud	Humano Tipo de enfermedad	GPT Tipo de enfermedad
SISTEMA INTEGRADO DE OBSERVACION Y ANALISIS DEL COMPORTAMIENTO HUMANO	otro	otro	otro	otro
CONVERAY: DESARROLLO Y OPTIMIZACION DE UN DISPOSITIVO DE HAZ CONVERGENTE ADAPTABLE A UN LINAC PARA USO EN RADIOTERAPIA Y RADIOCIRUGIA	salud	salud	cáncer	cáncer
CREACION DE UNA UNIDAD DE GESTION Y DIFUSION DE REVISTAS CIENTIFICAS UFRO: INCREMENTO DE INDEXACION Y POSICIONAMIENTO INTERNACIONAL	otro	otro	otro	otro
DESARROLLO ESTRATEGICO DEL AREA DE MATERIA CONDENSADA EN EL DEPARTAMENTO DE FISICA DE LA UNIVERSIDAD DE SANTIAGO DE CHILE.	otro	otro	otro	otro
INTERRELATION BETWEEN THE HYDRAULIC STRATEGY AND POST-DROUGHT RECOVERY CAPACITY OF THE HYDRAULIC FUNCTION AND GAS EXCHANGE AS BIOPHYSICAL DETERMINANTS OF RESILIENCE OF SIX FRUIT TREES SPECIES CULTIVATED IN ARID AND SEMI-ARID ZONE OF NORTHERN CHILE.	otro	otro	otro	otro
ESTUDIO DEL GEN DSX DE LOBESIA BOTRANA COMO POSIBLE HERRAMIENTA PARA LA GENERACION DE UN SISTEMA DE EXPRESION HEMBRA-ESPECIFICO APLICABLE AL CONTROL DE LA PLAGA	otro	otro	otro	otro
DESARROLLO DE HABILIDADES TIC PARA EL APRENDIZAJE A TRAVÉS DE ACTIVIDADES DE APRENDIZAJE MEDIADAS POR ASISTENTES DIGITALES	otro	otro	otro	otro
OXIDIZED VITAMIN C, AN ACTIVATOR OF MOTOR NEURON NEURITES DEGENERATION AND CELL DEATH IN AMYOTROPHIC LATERAL SCLEROSIS	salud	salud	otro	otro
MATER CHILENSIS: MATERIALITY AND THE MATERNAL TURN IN CHILEAN CONTEMPORARY ART (1970S-PRESENT)	otro	otro	otro	otro

MICROPOLITICS OF CARE: LOGICS, PRACTICES, AND ENGAGEMENTS RELATED TO MENTAL HEALTH DIAGNOSES AND SPECIAL EDUCATIONAL NEEDS IN CHILEAN SCHOOLS	salud	salud	otro	otro
FORTALECIMIENTO DEL AREA DE SISTEMAS DE PRODUCCION ANIMAL	otro	otro	otro	otro
EL TRANSFORMISMO, LA INDIVIDUACION Y LAS TRANSFORMACIONES SOCIOCULTURALES DEL GENERO EN EL CHILE CONTEMPORANEO	otro	otro	otro	otro
SUBSHIFTS AND THEIR ENDOMORPHISMS	otro	otro	otro	otro
PLATAFORMA INFORMÁTICA BASADA EN INTELIGENCIA ARTIFICIAL PARA PREDECIR LA ADHERENCIA AL TRATAMIENTO ANTIRRETROVIRAL EN PERSONAS VIVIENDO CON VIH PARA APOYAR UNA INTERVENCIÓN TEMPRANA Y SEGUIMIENTO CONTINUO	salud	salud	otro	otro
DESARROLLO DE UN PROGRAMA DE FORTALECIMIENTO DE PRACTICAS PARENTALES CON FOCO EN LA PREVENCION E INTERVENCION TEMPRANA EN PROBLEMAS Y TRASTORNOS DE CONDUCTA DE NIÑOS Y NIÑAS PREESCOLARES	salud	salud	otro	otro
ELECTROSPINNING NANOFIBERS OF PROTEINS AND POLYSACCHARIDES DERIVED FROM DUNALIELLA SALINA FOR THE REMOVAL OF POLYCYCLIC AROMATIC HYDROCARBONS	otro	otro	otro	otro
IRISINACTIVATOR: SUPLEMENTO PROTEICO, ACTIVADOR DE LA PRODUCCION DE IRISINA, PROMUEVE EL PARDEAMIENTO DEL TEJIDO ADIPOSO, FAVORECIENDO EL AUMENTO DE LA MASA MUSCULAR Y LA TERMOGENESIS.	salud	salud	otro	diabetes
INSTALACION DE CAPACIDADES INSTITUCIONALES PARA EL FOMENTO Y GESTION DE CIENCIA ABIERTA	otro	otro	otro	otro
THIOMCOMPOSITES, A NOVEL DRUG CARRIER SYSTEM: PROOF-OF-CONCEPT FOR A POTENTIAL APPLICATION IN AQUACULTURE	otro	salud	otro	otro

EVOLCANO: ASSESING THE INFLUENCE OF EXTERNAL EARTHQUAKES IN VOLCANIC ACTIVITY USING SEISMICITY AND NUMERICAL SIMULATIONS	otro	otro	otro	otro
SINTESIS Y CARACTERIZACION DE COMPLEJOS DE COORDINACION ESTABLES AL AGUA DE PLATINO, PALADIO Y RUTENIO CON LIGANDOS QUELETO N-N. POSIBLE ACTIVIDAD BIOLOGIA EN TERAPIA ANTICANCER.	salud	salud	cáncer	cáncer
SOIL ORGANIC CARBON TURNOVER RATE PREDICTIONS IN THE FRAMEWORK OF GLOBAL WARMING: AN APPROACH TO DETERMINE THE ROLE OF CLIMATE AND GEOCHEMISTRY	otro	otro	otro	otro
INMOVILIZACION DE COMPUESTOS DE COORDINACION DEL TIPO RH-[PNP] PARA APLICACIONES EN CATALISIS HETEROGENEA	otro	otro	otro	otro
TO BE BORN HIGH AND FLAT (ANDEAN ALTIPLANO): HEALING VASCULAR FUNCTION AND PULMONARY ARTERIAL HYPERTENSION BY A COMBINED TREATMENT IN NEONATAL LAMBS	salud	salud	otro	cardiaca
SISTEMA INTELIGENTE PARA OPTIMIZACION DE PANELES SOLARES INTEGRADO CON UNA PLATAFORMA WEB- PV OPTIMI ZER	otro	otro	otro	otro

BROWN ALGAE PHYSIOLOGICAL AND METABOLIC RESPONSES TO INCREASED SALINITIES PROVIDE INSIGHTS OF TOLERANCE MECHANISMS AND BIOMONITORING TOOLS TO EVALUATE THE IMPACT OF BRINE DISCHARGES FROM DESALINATION PLANTS ON COASTAL ECOSYSTEMS	otro	otro	otro	otro
TRANSMISSION DYNAMICS OF LEPTOSPIRA WITHIN-FARM: UNDERSTANDING AND MODELLING THE EFFECTS OF SOME HOSTS ON LEPTOSPIRA DYNAMICS AND MULTIPLE HOST-MULTIPLE STRAIN INTERACTIONS.	otro	salud	otro	otro
MODELOS DE SERIES DE TIEMPO CON APLICACIONES EN ASTRONOMIA	otro	otro	otro	otro
MODELING AND OPTIMIZATION OF BIOPROCESSES FOR THE TREATMENT OF WATER RESOURCES	otro	salud	otro	otro
TRABAJO Y FAMILIA: HACIA UN MODELO PARA EL ESTABLECIMIENTO DE UNA AGENDA NACIONAL DE EQUILIBRIO Y CO-RESPONSABILIDAD EN MATERIA LABORAL Y FAMILIAR EN CHILE	otro	otro	otro	otro

Figura 169

Proyectos de ANID muestreados aleatoriamente para comparación entre etiquetas asignadas por anotador humano versus etiquetas asignadas por GPT-4. En rojo se destacan etiquetas con discrepancias. Nota: los títulos de proyectos se presentan tal cual están en la base de datos de ANID, sin correcciones ortográficas, y tal como fueron presentados a GPT y al anotador humano.

Para la clasificación Salud-Otro, se obtuvo un accuracy¹ de 90%. Considerando a “Salud” como la clase positiva (y “Otro” como clase negativa), se obtiene una recuperación² de 100% , y una precisión³ de 73%. En particular, son tres casos los que fueron clasificados de forma incorrecta, presentando discrepancia entre lo dicho por GPT-4 respecto a lo etiquetado por el anotador humano. De todas formas, dos de los tres casos con discrepancias son discutibles o, al menos, explicables. Así:

1. THIOCOMPOSITES, A NOVEL DRUG CARRIER SYSTEM: PROOF-OF-CONCEPT FOR A POTENTIAL APPLICATION IN AQUACULTURE: trata sobre farmacología, aunque aplicado a acuicultura.
2. TRANSMISSION DYNAMICS OF LEPTOSPIRA WITHIN-FARM: UNDERSTANDING AND MODELLING THE EFFECTS OF SOME HOSTS ON LEPTOSPIRA DYNAMICS AND MULTIPLE HOST-MULTIPLE STRAIN INTERACTIONS: menciona Leptospira, bacteria responsable de la leptospirosis, la cual es una enfermedad zoonótica y, como tal, puede afectar a humanos

Por otro lado, para la clasificación Cáncer-Cardiaca-Diabetes-Otro, se obtuvo un 93% de accuracy, una precisión promedio ponderada de 100% y una recuperación promedio ponderada de 93%. En este caso, sólo hay dos

1 Accuracy: Casos correctamente clasificados / Total de casos

2 Recuperación: Casos clasificados como positivos y que son verdaderamente positivos / Todos los casos positivos en la muestra

3 Precisión: Casos clasificados como positivos y que son verdaderamente positivos / Todos los casos clasificados como positivos

casos con discrepancias, los cuales también son discutibles:

1. IRISINACTIVATOR: SUPLEMENTO PROTEICO, ACTIVADOR DE LA PRODUCCION DE IRISINA, PROMUEVE EL PARDEAMIENTO DEL TEJIDO ADIPOSO, FAVORECIENDO EL AUMENTO DE LA MASA MUSCULAR Y LA TERMOGENESIS. La irisina es una hormona que produce el tejido muscular, y cuya relación con la diabetes está siendo estudiada.
2. TO BE BORN HIGH AND FLAT (ANDEAN ALTIPLANO): HEALING VASCULAR FUNCTION AND PULMONARY ARTERIAL HYPERTENSION BY A COMBINED TREATMENT IN NEONATAL LAMBS. Si bien el título del proyecto menciona corderos, también trata de función vascular e hipertensión. Es importante recordar que, en el prompt para generar esta clasificación, nunca se especificó que debía tratarse de enfermedades humanas (esto sólo se exigió en la clasificación salud-otro). Aun así, el proyecto efectivamente fue llevado a cabo por personal del Instituto de Ciencias Biomédicas de la Facultad de Medicina de la Universidad de Chile, lo que da cuenta de la relación de este proyecto con la salud humana.

Revisión CORFO

Para los proyectos CORFO se procedió de manera análoga a lo realizado con ANID. La única diferencia es que ahora los proyectos contienen tanto título como objetivo, los cuales fueron unidos en una sola glosa que fue entregada tanto al anotador humano como a GPT-4.

Título	Humano Salud	G P T Salud	Humano Tipo de Enfermedad	GPT Tipo de enfermedad
TÍTULO: sistema de detección múltiple de los principales virus patógenos en cerdos. OBJETIVO: desarrollar herramientas de diagnóstico molecular de las principales patologías virales que afectan la producción de cerdos en Chile, equilibrando rapidez, especificidad y costos.	otro	salud	otro	otro
TÍTULO: 3D Printing para 6G y 5G. OBJETIVO: fabricar y validar técnica y comercialmente impresora 3D con sistema de aglutinación de resina con carga metálica de desarrollo propio, para producir piezas electrónicas y circuitos con estándares 5g y 6g (antenas, guías de onda) utilizados en la industria aeroespacial y telecomunicaciones terrestre. así, ocular 3D tendrá la capacidad de volverse un productor mundial de servicios de manufactura de estas piezas, aumentando su competitividad frente a competidores y sus ingresos.	otro	otro	otro	otro
TÍTULO: sistema remi. OBJETIVO: desarrollar un prototipo a escala real de un sistema de gestión para la operación en línea de plantas productivas de mediana minería (remi) que permita obtener en tiempo real toda la información relevante del proceso, para tomar las acciones y decisiones en forma oportuna, informada y con datos objetivos y reales del proceso. herramienta que debe ser flexible, escalable, con tecnología IoT para lograr bajos costos de infraestructura IT y accesible desde cualquier dispositivo móvil o fijo.	otro	otro	otro	otro
TÍTULO: proyecto de telemedida, respuesta a la autoridad y mejora de calidad de producto. OBJETIVO: adquirir e implementar un sistema de telemedida para medir, controlar y registrar consumo de energía.	otro	otro	otro	otro
TÍTULO: meetbee: monitoreo en campo de polinizadores con inteligencia artificial y herramientas de gestión. OBJETIVO: optimizar maquinaria especializada para el monitoreo de abejas, esto mediante la incorporación de funcionalidades y diseño modular, que permitan el monitoreo en árboles, plantaciones, ciudades y casas, aumentando el rango de obtención de datos y la capacidad de entrenamiento la inteligencia artificial meetbee. estos desarrollos con la intención de incorporar valor a los clientes, establecer nuestra cadena productiva y lograr mayor alcance en prestación de los servicios de monitoreo y predicción	otro	otro	otro	otro
TÍTULO: contratación de ingeniero civil industrial para implementación de línea de proceso bovino en planta faenadora Cisne Austral Ltda.. OBJETIVO: desarrollar los estudios técnicos para la implementación de la línea de faena bovina en la planta faenadora Cisne Austral Ltda.	otro	otro	otro	otro

Título	Humano Salud	GPT Salud	Humano Tipo de Enfermedad	GPT Tipo de enfermedad
<p>TÍTULO: plataforma online para formación docente en aprendizaje social y emocional, personalizable y de impacto medible. OBJETIVO: crearemos una nueva modalidad de entrega online de nuestro servicio presencial de formación docente y coaching educativo en aprendizaje socio-emocional. con el fin de aumentar nuestro alcance y ventas, testear si los buenos resultados que obtenemos de manera presencial se obtienen en modalidad online y beneficiar a un mayor número de comunidades educativas en su camino hacia una educación de calidad para todos sus actores, en particular, para sus docentes y estudiantes. se proyecta que el e-learning será la modalidad educativa dominante en 2019 (el mercado global del elearning. online business school 2014). actualmente, el mercado global de e-learning es de us\$107 billones, con un crecimiento promedio de 9,2% (worldwide e-learning market 2010-2015, ambientinsight, 2015). en latinoamérica el mercado del e-learning es de us\$2.3 billones con una tasa de crecimiento anual del 15%. chile es uno de los cuatro países en latinoamérica con mayor crecimiento en la demanda de cursos e-learning, con un 14,4% de aumento al año, estando detrás de brasil (22%), colombia (19%) y bolivia (18%) (e-learning trends & forecast 2014-2016. docebo). diversos actores relevantes en el mundo del e-learning y formación docente indican que para mejorar la oferta online y asegurar la participación, es necesario contar con contenido de calidad, relevante y pertinente, y cuantificar el impacto del aprendizaje de los alumnos, entre otros aspectos que detallaremos más adelante. en el caso particular de la formación docente online en chile, predominan ofertas tradicionales poco innovadoras, en gran medida desvinculadas de las necesidades prioritarias de los docentes y de las escuelas. estas son entregadas simulando metodologías tradicionales de enseñanza que no contribuyen a una reflexión y apropiación crítica del conocimiento por los docentes (antecedentes y criterios para la elaboración de políticas docentes en américa latina y el caribe 2012 orealc/unesco). la oferta tradicional se centra e</p>	otro	otro	otro	otro
<p>TÍTULO: nuevo canal de venta directa de paquetes turísticos opcionales en hoteles. OBJETIVO: diseñar una aplicación de venta vía hoteles para acercar los servicios de protours a los pasajeros que requieren productos a medida</p>	otro	otro	otro	otro

Título	Humano Salud	GPT Salud	Humano Tipo de Enfermedad	GPT Tipo de enfermedad
TÍTULO: formulación de nuevos jugos para la generación de alimentos saludables y funcionales. OBJETIVO: desarrollar una estrategia de formulación de jugos para la obtención de jugos saludables y funcionales	salud	salud	otro	otro
TÍTULO: El programa Corvina, compuesto por el Programa de Diversificación de la Acuicultura Chilena, PDACH (desde el año 2010 hasta el año 2020), y el Programa Tecnológico Complementario, PTEC (desde el año 2016 hasta el año 2022)	otro	otro	otro	otro
TÍTULO: validación de alimentos saludables que aporten en la nutrición y salud del adulto mayor. OBJETIVO: desarrollar y validar alimentos saludables mediante el re-diseño de elaboración y el ajuste de formulaciones que contengan nutrientes clave de manera que sean un aporte a la nutrición y a la salud del adulto mayor.	salud	salud	otro	otro
TÍTULO: mejoramiento de proceso de fabricación bicicleta de balance bika.. OBJETIVO: el objetivo de este proyecto es mejorar el proceso de fabricación de 2 modelos del primer producto de una línea de rodados de madera multilaminada curvada, que es una bicicleta de balance para niños entre 2 a 5 años de edad. se pretende llegar a un proceso más eficiente que permita disminuir costos de fabricación, disminuir costo de oportunidad, aumentar calidad y diseño a los modelos, lograr un precio más competitivo dentro de las ofertas que hay en el mercado nacional.	otro	otro	otro	otro
TÍTULO: "precognitive". OBJETIVO: diseñar y construir un servicio integrado de monitoreo predictivo para un data center, que utilizando datos obtenidos desde sensores especializados y un software con capacidad de aprendizaje y análisis de dependencias, permite anticipar problemas y lograr un control óptimo de todos los subsistemas y componentes presentes en el data center.	otro	otro	otro	otro

Título	Humano Salud	GPT Salud	Humano Tipo de Enfermedad	GPT Tipo de enfermedad
TÍTULO: prototipaje a escala de prueba dispositivo de monitoreo gráfico georeferenciado del lecho del fondo marino utilizado en la industria de acuicultura. OBJETIVO: desarrollar un prototipo a escala de prueba, de tecnología de geo referenciación de imagen digital 3d, que opere integrado en un rov adaptado a los requerimientos operativos de la industria acuícola, que permite mejorar el servicio de inspección de infraestructura sub acuática, recuperación de objetos y caracterización del lecho marino, independiente de la disponibilidad de luz y profundidad. el proceso considera desarrollar e integrar un sistema de posicionamiento sub acuático sobre una imagen acústica submarina registrada por sonar de barrido lateral que, mediante el desarrollo de interfaz de comunicación, desarrollo informático y electrónico, permita realizar ploteos geo referenciados tridimensionales del fondo marino, con el fin de lograr identificar cuerpos sumergidos a distancias superiores en un orden de magnitud a las obtenibles por cámaras digitales actualmente utilizadas en la industria de acuicultura. el dispositivo y opera sobre una plataforma de pruebas rov especialmente habilitado en función de los requerimientos de espacio, potencia, control y capacidades propulsoras y de estanco requeridas por el dispositivo.	otro	otro	otro	otro
TÍTULO: FOOT MONITOR: Monitoreo en tiempo real para la prevención de las úlceras del pie diabético.. OBJETIVO: Desarrollar un sistema de monitoreo en tiempo real para evaluar la temperatura y presión del pie, que ayude a prevenir las úlceras del pie diabético en pacientes con diabetes mellitus.	salud	salud	diabetes	diabetes
TÍTULO: optimización de proceso para la obtención de productos cardioprotectores a base de pomasa de tomate y validación comercial de éstos.. OBJETIVO: optimizar el procesos de extracción, concentración y encapsulado de productos cardioprotectores de pomasa de tomate y validar su comercialización.	salud	salud	cardiaca	cardiaca

Título	Humano Salud	GPT Salud	Humano Tipo de Enfermedad	GPT Tipo de enfermedad
TÍTULO: "smart cat eye". OBJETIVO: entregar información del estado actual o pasado del flujo de vehículos, objetos o personas que transiten un lugar específico, de forma útil, rápida y oportuna a diversos sectores, tanto empresarios privados como entidades del gobierno para implementar medidas que mejoren las tomas de decisiones y planificación estratégica basadas en datos reales captados con herramientas digitales. como segundo objetivo que buscamos con el prototipo, es el de la minimización de los riesgos tecnológicos identificados, en este sentido, buscamos a través del prototipaje realizar pruebas de validación del dispositivos para posteriormente, forman un modelo de negocios robusto con un producto probado, validado y empaquetado.	otro	otro	otro	otro
TÍTULO: atrapaluz: dispositivo para captura y transmisión de luz natural hacia espacios interiores, basado en mejoras de un diseño patentado.. OBJETIVO: validar y empaquetar una solución comercial innovadora que permita la captura y transmisión de luz natural hacia espacios interiores, por medio del desarrollo de mejoras aplicadas a un prototipo existente, con el propósito de disminuir el consumo energético y aumentar el confort visual y la percepción ambiental positiva de las personas, utilizando eficientemente los recursos naturales.	otro	otro	otro	otro
TÍTULO: programa de líderes amuyuni para jóvenes andinos emprendedores de 5 liceos de la provincia del tamarugal. OBJETIVO: general: crear nuevos espacios y oportunidades de desarrollo para jóvenes andinos rurales de la provincia del tamarugal, a través de un liderazgo etnocultural proactivo centrado en la revalorización de las potencialidades locales, a fin de frenar el fenómeno migratorio hacia las ciudades. específicos: 1.implementar una escuela de jóvenes líderes amuyuni, entrenados en competencias cie, técnicas ambientales y agroproductivas, desarrollo organizacional y gestión de proyectos 2.realizar 20 talleres formativos en creatividad, innovación y emprendimiento 3.realizar 40 talleres sobre técnicas ambientales y agroproductivas 4.realizar 20 talleres de desarrollo organizacional, liderazgo y formulación de proyectos	otro	otro	otro	otro

TÍTULO: Sistema sustentable de vasos retornables para cafeterías.. OBJETIVO: co-desarrollar un modelo innovador de un sistema producto-servicio sostenible de vasos reutilizables para bebidas frías y calientes para llevar, adaptable y escalable a diferentes tipos de establecimientos; donde la experiencia de los usuarios esté en el corazón del servicio, con el fin de facilitar e incentivar el cambio en proveedores y clientes desde un modelo de uso lineal desechable a uno circular retornable.	otro	otro	otro	otro
TÍTULO: prospección de tecnologías en diseño y desarrollo en la pyme manufacturera bienal iberoamericana de diseño. OBJETIVO: actualizar conocimiento y tendencias de diseño aplicado a la industria manufacturera para acercar la producción al consumidor	otro	otro	otro	otro
TÍTULO: diseño y evaluación de un filtro cortina anti torbellinos para bombas centrífugas verticales.. OBJETIVO: el objetivo general del proyecto es el diseño, evaluación y desarrollo de un sistema de filtro para las bombas centrífugas verticales (vtp) que permita disminuir o o eliminar la presencia y/o la generación de vórtices del grado 4, 5 y 6 en la operación de bombeo, que provoca que la vida útil de los equipos se menor y por otro lado, aumenta los costos de operación y mantenimiento.	otro	otro	otro	otro
TÍTULO: Modelo de Prevención y Protección del Patrimonio para el creciente formato de Supermercados Express y de Conveniencia	otro	otro	otro	otro
TÍTULO: Valorización del peje-rata chileno a través del desarrollo de un alimento para mascotas. OBJETIVO: desarrollar un ingrediente alimentario a partir de peje-rata chileno el cual pueda ser usado en la elaboración de alimento para mascotas, tipo salsa para gatos en conserva, que sea seguro e inocuo lo que permitirá como validar el uso de este pez –presente en la fauna acompañante de la pesca de crustáceos– en el desarrollo de productos de mayor valor agregado.	otro	otro	otro	otro

Título	Humano Salud	GPT Salud	Humano Tipo de Enfermedad	GPT Tipo de enfermedad
TÍTULO: Modelo predictivo de riesgo de inestabilidades geomecánicas de taludes de minas a rajo abierto. OBJETIVO: desarrollar y validar un modelo predictivo de inestabilidades geomecánicas de taludes, mediante la integración y categorización de data disponible inherente al sitio y sus variables condicionantes, para correlacionar de qué manera se ve impactada la condición de equilibrio frente a factores externos o desencadenantes; usando algoritmos de ia/ml, y generar alertas de largo, mediano y corto plazo asegurando la vida de los trabajadores, la continuidad operacional y el valor de la compañía.	otro	otro	otro	otro
TÍTULO: Escalamiento continental de tecnología chilena para procesos de flotación minera.. OBJETIVO: fabricar a escala masiva un producto tecnológico comercializable expresado en una celda de flotación de laboratorio aplicada a la industria minera, con intensificación en la industria del cobre, mediante la reducción significativa de sus costos de fabricación y simplificación de su sistema electrónico al interior del hardware, agregando mayores prestaciones y con ello mayor valor agregado, con la finalidad de posicionarse como proveedor líder en mercados desarrollados internacionales.	otro	otro	otro	otro
TÍTULO: Upcycling en la industria hortofrutícola: snacks extruidos saludables en base a verduras descartadas. OBJETIVO: desarrollar prototipos de snacks extruidos en base a excedentes de la industria hortofrutícola chilena; con propiedades más saludables que los disponibles en el mercado actual y sin sellos de advertencia; desarrollándose a nivel piloto mediante tecnología de extrusión, junto a su envase sostenible; validados en términos productivos, de inocuidad, nutricionales y sensoriales con el fin de reducir excedentes alimentarios generando alimentos más saludables para la población chilena.	otro	salud	otro	otro
TÍTULO: Validación y empaquetamiento de ThyroidPrint, un test para el diagnóstico del cáncer de tiroides.	salud	salud	cáncer	cáncer

Título	Humano Salud	GPT Salud	Humano Tipo de Enfermedad	GPT Tipo de enfermedad
TÍTULO: Plataforma blockchains para certificación de bonos carbono. OBJETIVO: El objetivo general del proyecto es desarrollar un sistema de certificación que consiste en un kit IoT que envíe la información a una plataforma blockchains que permita monitorear y certificar de manera confiable y transparente la captura de CO2 en plantas industriales. En este proceso de desarrollo se unirá los gremios de la región de Coquimbo (CDRP), una empresa de tecnología blockchain(Technolab) y la Universidad como entidad certificadora.	otro	otro	otro	otro
TÍTULO: sonda safe city tech challenge. OBJETIVO: generar un desarrollo de capacidades de gestión de la innovación, promoviendo una cultura que facilite y fomente el proceso de generación de ideas y conocimiento, y su transformación en proyectos que agreguen valor a la empresa.	otro	otro	otro	otro

Figura 170

Proyectos de CORFO muestreados aleatoriamente para comparación entre etiquetas asignadas por anotador humano versus etiquetas asignadas por GPT-4. En rojo se destacan etiquetas con discrepancias. Nota: los títulos y objetivos de proyectos se presentan tal cual están en la base de datos de CORFO, sin correcciones ortográficas, y tal como fueron presentados a GPT y al anotador humano.

Para la clasificación Salud-Otro, se obtuvo un 93% de accuracy, un 100% de recuperación y un 71% de precisión. Hubo sólo dos casos con discrepancias entre el anotador humano y GPT-4; a saber:

1. Sistema de detección múltiple de los principales virus patógenos en cerdos. Este proyecto trata temas relacionados a salud, pero no humana.
2. Upcycling en la industria hortofrutícola: snacks extruidos saludables en base a verduras descartadas. Este proyecto trata sobre crear snacks saludables, por lo cual se puede entender por qué GPT-4 piensa que sí es un proyecto relacionado a salud.

Por otro lado, para la clasificación de tipo de enfermedad (Cáncer-Cardíaca-Diabetes-Otro), se obtuvo un accuracy de 100%; es decir, hubo una discrepancia absoluta entre el anotador humano y GPT-4. Estos resultados, mejor que los obtenidos con la base de datos de ANID, pueden deberse a que en la base de datos de CORFO se cuenta tanto con el título como con el objetivo de los proyectos, teniendo así mayor información y contexto para generar la clasificación.

Limitaciones y consideraciones

Algo que se debe considerar respecto a la metodología empleada es que, en lugar de generar dos clasificaciones distintas (Salud-Otro y Cáncer-Cardíaca-Diabetes-Otro), sería posible producir sólo una clasificación del estilo Cáncer-Cardíaca-Diabetes-Otro (salud) - Otro (general). Eso sería posible de realizar empleando sólo un prompt, y podría simplificar el

proceso. Por el contrario, una modificación que complejizaría el análisis, pero que también podría resultar interesante, sería generar una clasificación multietiqueta, permitiendo que cada proyecto fuese clasificado en más de una categoría, sin forzar a que proyectos grandes y más generales tuviesen que decantarse por sólo una etiqueta.

Por otro lado, respecto a la validación de la metodología, se debe señalar que, si bien los resultados fueron buenos, la muestra empleada fue pequeña ($N = 30$) y con sólo un anotador humano. Para que la validación sea más robusta, se podría emplear un conjunto de anotadores humanos y considerar como ground truth la etiqueta de consenso entre el conjunto de anotadores; además, la concordancia entre los anotadores humanos podría ser empleada como línea base para comparar el desempeño de los modelos de machine learning. Además, se debe reiterar lo ya mencionado en el texto: hacer una clasificación sólo en base al título del proyecto, como ocurre en el caso de ANID, excluye mucha información que puede ser relevante para la tarea en cuestión. Por ejemplo, el Centro de Estudios Avanzados de Enfermedades Crónicas (ACCDiS) fue clasificado como "Otro tema de salud", aun cuando en su sitio web explicitan que estudian cáncer y enfermedades cardiovasculares, justamente dos de los grupos de enfermedades abordadas en este estudio; sin embargo, esa información no estaba disponible en el título del proyecto, y esa es la única información disponible al momento de hacer la clasificación.



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

Panorama del Ecosistema de
Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación
en Chile de los últimos 10 años

2013



2023