

Presentación

CameronPartners es una sociedad de profesionales dedicados a realizar estudios y prestar asesorías a entidades privadas y públicas, con la visión de aportar al crecimiento de los negocios, la economía y la sociedad por medio de la innovación. En cada proyecto combinamos cuatro elementos que diferencian nuestro trabajo:

- Expertise en administración de negocios (innovación, estrategia, marketing, excelencia operacional, etc.) y economía aplicada (políticas de innovación, inversión extranjera, etc.).
- Experiencia directa en investigación científica y desarrollo tecnológico de frontera en universidades, centros de investigación y empresas para diversos sectores productivos.
- > Dominio de métodos cuantitativos y cualitativos de investigación empírica, de métodos de desarrollo participativo y de desarrollo de competencias laborales y organizaciones.
- Entendimiento de que la innovación y el desarrollo económico y social son fenómenos sistémicos que deben ser abordados como tales.

Desde nuestro inicio en 2006, hemos realizado proyectos en veinte países en América, Asia y Europa. Nuestras oficinas están localizadas en Mannheim, Alemania y Concepción, Chile.

Capacidades de investigación, desarrollo e innovación en desastres naturales en Chile

Informe final

Estudio elaborado para el Consejo Nacional de Innovación para el Desarrollo, Gobierno de Chile

Autores: M. Cameron, P. Henríquez y P. Sanhueza

Colaboradores: F. Sepúlveda, N. Olguín, H. Villagrán, F. Faúndez y P. Celis

En pocas palabras

En este informe presentamos los resultados del trabajo «Capacidades de investigación, desarrollo e innovación en desastres naturales en Chile».

Primero sintetizamos aspectos generales tales como la taxonomía utilizada para caracterizar las capacidades de interés, las principales dimensiones de estudio de los desastres naturales, los principales actores institucionales relacionados con el estudio de desastres naturales en Chile así como el alcance metodológico general del trabajo.

Luego identificamos y caracterizamos las capacidades humanas y científicas existentes en el país. Entre estas capacidades destacamos los especialistas residentes en Chile en materia de desastres naturales y los profesionales en especialización, la producción científica de estos especialistas relacionada con desastres naturales y el impacto científico respectivo, así como los programas de formación y especialización en desastres naturales. Con la información anterior establecemos y analizamos las redes activas de colaboración científica en términos de investigadores, países involucrados y fenómenos estudiados.

Finalmente identificamos y caracterizamos las capacidades para financiar las actividades de investigación y desarrollo en materia de desastres naturales. Otros productos del trabajo se presentan en el documento anexo al presente informe.

Advertencia

Las opiniones expresadas en este informe representan la opinión de CameronPartners Innovation Consultants y son de su exclusiva responsabilidad. Sólo la versión final aprobada por el Consejo Nacional de Innovación para la Competitividad puede ser resumida, reproducida y/o traducida en forma parcial o total en forma libre indicando expresamente la fuente. La publicación debe ser citada como sigue:

CameronPartners (2016), Capacidades de investigación, desarrollo e innovación en desastres naturales de Chile. Informe final de estudio realizado para el Consejo Nacional de Innovación para la Competitividad, Gobierno de Chile, Santiago, Chile.

Consultas sobre este informe, el análisis realizado o materias relacionadas pueden ser dirigidas a Dr. Mario Cameron (+49 621 438 5477; mtc@cameron-partners.com) o a Paulina Henríquez (+56 41 279 5939, phr@cameron-partners.com).

Contenidos

Lo	Lo más importante en breve					
1	Introducción					
	1.1	Contexto y justificación del trabajo	17			
	1.2	Objetivos del trabajo	18			
	1.3	Taxonomía para el estudio de desastres naturales	19			
	1.4	Principales dimensiones de estudio de los desastres naturales	21			
	1.5	Principales actores institucionales	23			
	1.6	Alcance metodológico general del trabajo	26			
2	Сар	acidades humanas	28			
	2.1	Especialistas en desastres naturales	28			
	2.2	Profesionales en especialización	35			
3	Сар	acidades científicas	41			
	3.1	Producción científica de los investigadores especialistas	41			
	3.2	Programas de formación y especialización	55			
4	Red	es activas de investigación	66			
	4.1	Red de colaboración científica a nivel de investigadores	66			
	4.2	Red de colaboración científica a nivel de países	68			
	4.3	Red de colaboración científica a nivel de fenómenos de estudio	72			
	4.4	Red de especialización temática	83			
5	Сар	acidades de financiamiento	87			
	5.1	Fuentes de financiamiento	87			
	5.2	Estimación del gasto en investigación y desarrollo en materia de desastres naturales	105			
6	Comentarios finales					

Lo más importante en breve

El objetivo general del presente estudio es cuantificar y analizar las capacidades humanas, científicas, tecnológicas y económicas existentes en Chile que permiten realizar la investigación científica y el desarrollo tecnológico requeridos para la construcción de una nación resiliente ante futuros desastres naturales.

Diseño del estudio

La metodología utilizada para llevar a cabo este trabajo busca relevar el carácter sistémico del objeto de análisis y de su entendimiento. Bajo este marco, se utiliza extensivamente el concepto de Sistema Nacional de Innovación, entendido como el conjunto de actores que interactúan y/o se interrelacionan entre sí, formando redes de innovación, para aportar al surgimiento de innovaciones en general y/o para aplicar innovaciones externas para el beneficio de la sociedad en general. Dentro de este Sistema el estudio se concentra en los actores involucrados y/o relacionados con el estudio de los desastres naturales.

Para enfatizar la necesidad de un entendimiento holístico de los desastres naturales para construir una nación resiliente ante futuros eventos de este tipo, en este trabajo se asume que su estudio debe incluir los fenómenos naturales propiamente tal con sus posibles causas y efectos (tanto en el medio ambiente, como en la infraestructura y población) y también la respuesta del entorno físico y social, la recuperación, la prevención y mitigación de desastres naturales, la gestión y transferencia de riesgo, las ciencias y tecnologías afines, la legislación y educación respecto de desastres naturales, así como la resiliencia ante estos eventos.

Para caracterizar las capacidades nacionales en forma sistemática se utiliza el sistema de clasificación de ciencia y tecnología ÖFOS (Österreichische Systematik der Wissenschaftszweige) que permite establecer una nomenclatura estándar para campos, áreas y disciplinas científico-tecnológicas tradicionales como también emergentes. Junto a este sistema, se ha elaborado un modelo complementario para clasificar las principales dimensiones del estudio de los desastres naturales y sus interrelaciones, considerando, por

ejemplo, el estudio de la resiliencia ante desastres naturales, el estudio de las amenazas propiamente tales, las ciencias y tecnologías afines para el estudio de los desastres naturales, entre otras.

Fuentes de información

Para conocer las capacidades de investigación, desarrollo e innovación del país se utilizaron técnicas mixtas de recolección de información a través de fuentes primarias y secundarias. Además, a través de la técnica del análisis bibliométrico, se identificaron las publicaciones de origen nacional vinculadas al estudio de desastres naturales en el período 2010 – 2015. Del análisis éstas se identificaron a investigadores tanto de origen nacional como extranjero, involucrados en estos trabajos científicos.

La información de fuentes primarias se ha recolectado a partir de un grupo de análisis de especialistas en temas relacionados con terremotos, tsunamis, erupciones volcánicas, remoción en masa, sequías, inundaciones e incendios y/o resiliencia ante estos eventos. Este grupo está compuesto por investigadores especialistas, es decir con cinco o más publicaciones indexadas en materia de desastres naturales en el período 2010 – 2015, así como por profesionales trabajando en empresas privadas y servicios públicos, recomendados por sus pares.

Junto a los especialistas en desastres naturales trabajando en el país, del análisis de los becarios que participaron en los concursos del programa Becas Chile de Conicyt en el periodo 2010 – 2016, así como de consultar a directivos de 37 programas de postgrado y postítulo y 47 grupos de trabajo en universidades, centros de investigación, institutos tecnológicos públicos y otros organismos públicos que trabajan en temas relacionados con los desastres naturales materia del presente estudio.

En tanto, para identificar los programas de formación y especialización directamente relacionados con desastres naturales, así como aquellos habilitantes para el estudio de estos eventos, se revisaron más de 11.000 programas vigentes registrados en el Directorio de Instituciones de Educación Superior de la División de Educación Superior del Ministerio de Educación, de los cuales, resultaron seleccionados para el análisis cerca de 1.200 programas.

Capacidades humanas del país

- 1. LA CONCENTRACIÓN DE ESPECIALISTAS EN LA REGIÓN METROPOLITANA ES RELATIVA. LOS ESPECIALISTAS SE DISTRIBUYEN A LO LARGO DE CHILE EN FORMA PROPORCIONAL A LA POBLACIÓN DE SUS REGIONES
- Se estima que en el país existen 735 especialistas en materia de desastres naturales; un 83% pertenece a universidades, un 10% a empresas, un 5% a entidades de gobierno y 2% restante a otro tipo de organizaciones. De estos especialistas se estima que 663 tiene al menos una publicación indexada en materia de desastres naturales en el período 2010 2015; los 74 especialistas restantes no tiene publicaciones de este tipo y se desempeñan en empresas privadas y servicios públicos.
- Los investigadores ligados a la academia que trabajan en temas relacionados con desastres naturales en Chile son altamente calificados: más de un 74% posee un grado de doctorado, distribuidos según campo del conocimiento en ciencias naturales (45%), ciencias técnicas (24%), ciencias sociales (20%) y otras ciencias (11%)

- Se observa una marcada disminución en los profesionales en especialización en ciencias naturales y ciencias sociales, a favor de un aumento en las ciencias técnicas (22 puntos porcentuales). Esto podría resultar en un cambio paulatino que ampliaría el actual foco de interés hacia aspectos más operativos en el estudio de los desastres naturales, tales como el uso y/o desarrollo de nuevas tecnologías para generar y analizar datos para el estudio y la gestión del riesgo de desastres.
- A nivel regional, la distribución de estos especialistas es desigual en términos absolutos. Pocas regiones concentran gran parte de las capacidades humanas para generar conocimiento y desarrollar tecnología en materia de desastres naturales. Sin embargo, el tamaño de la población regional explica esta distribución en más del 90% (R²=0,93), es decir, el número de especialistas identificados por región depende fuertemente de la concentración de la población en ellas.

2. EL IMPACTO CIENTÍFICO DE LA GRAN MAYORÍA DE LOS 25 INVESTIGADORES NACIONALES CON MAYOR PRODUCCIÓN ES MEDIO

- Sólo tres de los 25 investigadores nacionales con mayor producción científica en materia de desastres naturales tiene un impacto científico acumulado en el rango medio-alto, al comparar con investigadores extranjeros de alta producción científica. Si se comparan las citaciones recibidas por autores de prestigio internacional, se observa la mayoría de los autores nacionales tienen un nivel medio (incluso medio-bajo)¹. Sin embargo, en cuanto al Impacto por Publicación, los tres investigadores nacionales más destacados tienen un nivel alto, cercano al de investigadores extranjeros de alta producción científica².
- En general, se puede observar una relación directa entre citas recibidas y el Impacto por Publicación: en la medida en que los trabajos científicos se publican en revistas de mayor impacto, hay más citaciones por autor. Sin embargo, el Impacto por Publicación no explica un 45% de la variabilidad del número de citaciones. Dos tipos de casos que se alejan del valor esperado: a) investigadores con alta producción científica, alto impacto agregado pero bajo nivel de citaciones agregadas (caso desfavorable); b) investigadores con nivel medio de producción científica, alto impacto agregado y alto nivel de citaciones agregadas (caso favorable). La explicación de este desempeño escapa el alcance del presente trabajo, pero es posible intuir que el tipo de disciplinas, el estado del ciclo de vida del tema tratado, etc. pueden jugar roles importantes.

Temas más estudiados en el país

3. LA PRODUCCIÓN CIENTÍFICA NACIONAL EN MATERIA DE DESASTRES NATURALES SE HA FOCALIZADO PRINCI-PALMENTE EN EL ESTUDIO DE TERREMOTOS

Sobre el total de publicaciones revisadas, el fenómeno más estudiado por los investigadores residentes en Chile es el terremoto, y a su vez, también es el fenómeno que acumula el mayor número de investigadores afiliados a entidades chilenas y extranjeras.

Por ejemplo, autores tales como Hiroo Kanamori y Dapeng Zhao (ambos, de los principales investigadores en materia de terremotos), tienen alrededor 2.000 citas en el periodo de análisis..

Este indicador para los tres autores nacionales más destacados se encuentra entre un 80 y 120, mientras que para el caso de los investigadores extranjeros de alta producción científica este varía entre 80 y 170.

El volumen de publicaciones vinculadas al estudio de otros fenómenos es significativamente menor. En efecto, el segundo fenómeno más estudiado es el tsunami, que corresponde a un cuarto del volumen total de publicaciones registrado para terremotos, y así la cifra decrece sostenidamente para el resto de los fenómenos.

4. EN TODOS LOS FENÓMENOS ANALIZADOS EN CHILE PREVALECE LA PARTICIPACIÓN DE LAS CIENCIAS NATURA-LES. LOS ESTUDIOS SE FOCALIZAN PRINCIPALMENTE EN EL CONOCIMIENTO DE LAS AMENAZAS

- Los trabajos científicos generados por los especialistas trabajando en Chile se clasifican principalmente en ciencias naturales, luego en ciencias técnicas, y en menor medida en ciencias sociales. En todas las redes de fenómenos analizados prevalece la participación de las ciencias naturales. Esto indica que el estudio de los desastres naturales en Chile durante el período de análisis, se ha focalizado principalmente en el conocimiento de las amenazas que los originan.
- En el caso de las ciencias técnicas, su mayor participación se registra en las redes para el estudio de terremoto e inundación, mientras que las ciencias agrícolas tienen una representación importante en la red de incendio y sequía. Las ciencias de la salud registran participación únicamente en las redes de colaboración para el estudio de terremoto, tsunami y resiliencia.
- Para todos los demás fenómenos el número de investigadores identificados es considerablemente menor al de terremotos. Por ende, las redes de colaboración científica presentan también diferencias significativas en cuanto a su tamaño y composición, según el fenómeno natural asociado.

5. EN CHILE LA RESILIENCIA ES ESTUDIADA PRINCIPALMENTE DESDE EL CAMPO DE LAS CIENCIAS SOCIALES Y MAYORMENTE EN RELACIÓN CON TERREMOTOS Y TSUNAMIS

- El volumen de publicaciones identificadas en relación al estudio de la resiliencia corresponde a un tercio de las identificadas en relación al estudio de terremotos, el fenómeno más estudiado. El total de investigadores identificados en la materia presenta la misma participación, lo que permite distinguir que la investigación en Chile en esta temática no logra aún un posicionamiento significativo en el estudio de los desastres naturales, incluso después del boom que hubo en estudios sobre resiliencia después del 2010.
- Del análisis de la vinculación entre los fenómenos de estudio realizado a partir de las publicaciones de investigadores residentes en Chile, se comprueba que la resiliencia se encuentra fuertemente vinculada al estudio de los fenómenos terremoto y tsunami, replicando de esta forma la relevancia general de estos dos tipos de eventos, en desmedro de otros eventos como incendios, inundaciones, erupciones volcánicas, etc.
- Las investigaciones identificadas sobre resiliencia se concentran en el campo de las ciencias sociales. Considerando que la mayor parte de los profesionales en especialización en el campo de las ciencias sociales se encuentran cursando programas de doctorado, y dada la relevancia de las disciplinas que comprende dicho campo para el estudio de la resiliencia, se augura un panorama promisorio en el desarrollo de la investigación futura en dicha materia.
- 6. LA MAYORÍA DE LOS INVESTIGADORES EN EL PAÍS SE ESPECIALIZA EN EL ESTUDIO DE UN FENÓMENO PARTICU-LAR, SIENDO ESCASOS LOS ESTUDIOS DESDE LA PERSPECTIVA DE MULTIAMENAZAS
- Existe una especialización de los investigadores en el estudio de un fenómeno en particular, con pocas conexiones a otros relacionados, por lo mismo, los estudios desde la perspectiva de *multiamena-*

- za son escasos, siendo las combinaciones más relevantes, las que se registran a partir de publicaciones que abordan temáticas en las diadas terremoto tsunami, terremoto resiliencia, tsunami resiliencia y terremoto erupción volcánica.
- Sólo un 25% de los investigadores especialistas aborda diversos fenómenos naturales en su producción científica. Esto podría explicarse debido a que se trata de investigadores cuyas competencias y ámbitos del conocimiento de origen pueden ser utilizadas para estudiar fenómenos diferentes pero de orígenes relacionados (por ejemplo, terremoto tsunami), así como efectos cascada que éstos generan. En la mayoría de los casos de este grupo, los especialistas aparecen vinculados a publicaciones relacionadas a la temática de la resiliencia, donde la colaboración con autores en el campo de las ciencias sociales es significativa y representa una apertura incipiente de la comunidad científica al estudio de los desastres naturales desde una perspectiva multidisciplinaria.

Entidades generadoras de conocimiento

- 7. LA DISTRIBUCIÓN DE LA PRODUCCIÓN CIENTÍFICA EN MATERIA DE DESASTRES NATURALES EN LAS UNIVERSI-DADES SE PUEDE EXPLICAR POR LA EXISTENCIA DE EFECTOS DE ACUMULACIÓN Y AGREGACIÓN
- La Universidad de Chile, Pontificia Universidad Católica de Chile y Universidad de Concepción registran más de 50 investigadores especialistas, es decir con cinco o más publicaciones indexadas en materia de desastres naturales en el periodo 2010 2015. Estas tres universidades acumulan el 55% del total de investigadores en dicha condición en el país.
- La Universidad Austral y la Universidad de Talca se encuentran en una categoría intermedia, acumulando en conjunto el 12% del total de investigadores especialistas, con 25 y 19 profesionales respectivamente. El resto universidades de investigación nacionales tiene menos de 15 investigadores especialistas en materia de desastres naturales, acumulando el 33% de los investigadores especialistas.
- El volumen de producción científica indexada de las universidades y centros de investigación nacionales en temas relacionados con desastres naturales se explica casi totalmente (R²=0,99) por la cantidad de investigadores especialistas con grado de doctorado en estas instituciones. Sin embargo la relación no es lineal: en instituciones con más de diez investigadores especialistas la producción científica aumenta en forma exponencial. Este fenómeno muestra la existencia de efectos de acumulación y agregación en la producción científica en materia de desastres naturales.
- 8. LA UNIVERSIDAD DE CHILE TIENE EL MAYOR IMPACTO CIENTÍFICO AGREGADO. LAS UNIVERSIDADES CATÓLICA DEL NORTE, CATÓLICA DE VALPARAÍSO, DE CONCEPCIÓN Y AUSTRAL DE CHILE DESTACAN EN IMPACTO PROMEDIO
- La Universidad de Chile es la institución que acumula publicaciones con mayor Impacto por Publicación y el mayor número de citaciones; le siguen bastante más abajo la Universidad de Concepción y la Pontifica Universidad Católica de Chile en una situación similar, sólo que el trabajo científico acumulado de la primera tiene más citaciones; en tanto el trabajo científico acumulado de la segunda es publicado en revistas de mayor impacto. El resto de las entidades tiene un desempeño agregado bastante bajo en relación a las instituciones mencionadas.

- Sernageomin es la entidad con mayor Impacto por Publicación promedio y con un alto número de citaciones promedio; siendo sólo superado por la Universidad de Chile, que tiene más citaciones promedio, pero un menor Impacto por Publicación promedio. Dentro de las 10 entidades con mayor producción científica a nivel nacional, en el grupo de universidades que tienen un desempeño medio-alto en cuanto a estos dos indicadores se encuentran la Universidad Católica del Norte, la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, la Universidad de Concepción y la Universidad Austral de Chile.
- La Pontificia Universidad Católica de Chile se encuentra en una situación intermedia, ya que en promedio tiene un mayor Impacto por Citaciones que la Universidad de Concepción y la Universidad Austral de Chile, sin embargo tiene un número de citaciones promedio bastante menor.

Capacidades de colaboración científica

- 9. LAS REDES DE COLABORACIÓN QUE ESTABLECEN LOS INVESTIGADORES NACIONALES MUESTRAN DIFEREN-CIAS SIGNIFICATIVAS EN TAMAÑO Y COMPOSICIÓN, SEGÚN EL FENÓMENO NATURAL DE ESTUDIO
- El análisis de la composición de las redes activas de investigación muestra que la red de colaboración científica con mayor número de actores se genera por la coautoría de publicaciones asociadas al estudio de terremotos. Sin embargo, sólo una pequeña porción del total de investigadores posee una cifra significativa de publicaciones a su haber, lo cual da cuenta de un reducido número de especialistas.
- En tanto, las redes elaboradas para representar la colaboración científica en el estudio de los demás fenómenos de interés, se componen de una cantidad considerablemente menor de autores, por lo cual es posible afirmar que el número de especialistas en Chile para el estudio de otros fenómenos es pequeño, en comparación con el existente para el estudio de terremotos.
- El examen de los valores de densidad (proporción de conexiones existentes entre los nodos respecto del total de conexiones posibles) y número de componentes conexas (grupos independientes de nodos conectados entre sí) de las redes permite clasificar las estudiadas en tres segmentos. En un primer segmento se distinguen las redes con baja densidad, correspondientes a las redes para el estudio de terremotos y resiliencia, que presentan una débil conexión entre actores y conforman un alto número de grupos independientes entre sí. La red de colaboración asociada a la investigación en tsunami presenta un menor número de actores, y un menor número de grupos independientes, por tanto, se trata de una red con mayor conectividad que las dos anteriores.
- En el rango de densidad más alta entre las redes analizadas, con características similares se distinguen las redes de colaboración para el estudio de los fenómenos incendio y remoción en masa, por ser las redes con menor número de actores. No obstante, la red de colaboración para el estudio de incendios, presenta un mayor número de grupos independientes de actores conectados entre sí, por tanto presenta una menor conectividad.
- 10. LOS INVESTIGADORES NACIONALES CONFORMAN REDES DE COLABORACIÓN CON INVESTIGADORES EN PAÍSES RELEVANTES PARA EL ESTUDIO DE DESASTRES NATURALES, SIN EMBARGO, EXISTEN DIFERENCIAS IMPORTANTES EN EL GRADO DE INTERNACIONALIZACIÓN DE DICHAS REDES DEPENDIENDO DEL FENÓMENO
- > Los investigadores residentes en Chile conforman redes de colaboración con investigadores afiliados a entidades en países tales como Estados Unidos, Francia y Alemania. Estos países destacan en la

- red de colaboración científica, tanto por su número de investigadores involucrados en el estudio de desastres naturales como por el número de conexiones internacionales que ellos establecen.
- En el análisis de la composición de las redes según fenómeno, se observa que las redes con mayor nivel de internacionalización, es decir, participación de investigadores extranjeros, son aquellas para el estudio de terremoto, tsunami, erupción volcánica y remoción en masa.
- Del análisis de la red de colaboración científica para el estudio de los fenómenos incendio, sequía e inundación, así como para el estudio de la estudio de resiliencia, se reconoce que la colaboración tanto a nivel nacional e internacional en estos fenómenos es menor. En efecto, en estas redes los investigadores afiliados a entidades chilenas participan en mayor proporción que los investigadores extranjeros, presentando débiles conexiones entre sí y conformando una red altamente atomizada.
- 11. LOS INVESTIGADORES AFILIADOS A ENTIDADES EN LA REGIÓN METROPOLITANA TIENEN UNA PARTICIPACIÓN MAYORITARIA EN TODAS LAS REDES DE COLABORACIÓN, SIN EMBARGO, EXISTE CIERTA ORIENTACIÓN DE LOS INVESTIGADORES AL ESTUDIO DE FENÓMENOS RECURRENTES EN SUS REGIONES DE LOCALIZACIÓN
- Del total de investigadores residentes en Chile que componen las redes de colaboración para el estudio de los distintos fenómenos de interés, los actores afiliados a entidades situadas en la Región Metropolitana tienen la mayor participación en todas las redes analizadas, mientras que las macrozonas extremas registran participaciones poco significativas, a excepción del caso de los investigadores afiliados a entidades en la macrozona norte en la red de colaboración para el estudio de sequía, y los autores de la macrozona sur-austral que destacan en la red de colaboración para el estudio de incendio y erupción volcánica.

Capacidades de formación y especialización

12. CHILE TIENE UNA OFERTA LIMITADA DE PROGRAMAS ACADÉMICOS ORIENTADOS AL ESTUDIO DE DESASTRES NATURALES, SIN EMBARGO LA OFERTA DE PROGRAMAS HABILITANTES ES SIGNIFICATIVA

- Sólo se han identificado doce programas de formación y especialización directamente relacionados con desastres naturales, de los cuales sólo dos son conducentes a grados académicos. De los diez restantes, nueve corresponden a programas de especialización del tipo postítulo y/o diplomado en materia de desastres naturales. El programa restante conduce al título de técnico superior.
- En el país existen cerca de 1.200 programas ofrecidos por universidades, institutos profesionales y centros de formación técnica en Chile, cuyo foco no son los desastres naturales, pero imparten conocimientos habilitantes para el estudio de desastres naturales, es decir el cursar estos programas no necesariamente implica una especialización en la materia, tampoco que sus egresados posteriormente se desempeñarán laboralmente en este ámbito. De estos 1.200 programas, un 50% corresponde a programas de formación de profesionales con y sin grado de licenciatura. El resto se divide entre programas de formación de nivel técnico superior (33%), programas de postgrado (15%) y diplomados/postítulos (2%).

13. LAS CAPACIDADES NACIONALES HAN PERMITIDO ESTABLECER UNA OFERTA COMPETITIVA A NIVEL INTERNA-CIONAL DE PROGRAMAS DE POSTGRADO HABILITANTES PARA EL ESTUDIO DE DESASTRES NATURALES

Dos de cada tres profesionales residentes en Chile en especialización en materia de desastres naturales cursan un programa de postgrado en una universidad nacional; la gran mayoría de ellos estu-

dios de doctorado. Este es un indicio de que Chile posee capacidades de investigación científica que le han permitido establecer una oferta de programas habilitantes para el estudio de los desastres naturales competitiva a nivel internacional.

Respecto a la afiliación de los profesionales en especialización antes de iniciar sus estudios de postgrado, se obtiene que la gran mayoría de éstos (72%) se desempeñaba en la academia, luego le siguen profesionales que se desempeñaban en empresas privadas (19%) y organismos de gobierno (9%). Particularmente relevante es que más de dos tercios de los profesionales que se desempañaban fuera de la academia, respectivamente, buscan obtener un doctorado, ya que experiencias laborales fuera de la academia son valiosas para la investigación aplicada, el desarrollo tecnológico y la innovación en un sentido amplio.

14. LA EXISTENCIA DE EFECTOS DE ACUMULACIÓN Y AGREGACIÓN EXPLICAN LA CONCENTRACIÓN DE PROFESIONALES EN ESPECIALIZACIÓN EN LA UNIVERSIDAD DE CHILE Y PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CHILE

La mayor cantidad de profesionales en especialización en Chile se concentra en la Universidad de Chile y en la Pontificia Universidad Católica de Chile, aun cuando existen programas académicos habilitantes para el estudio de los desastres naturales en otras universidades de investigación del país con un desempeño destacado en este ámbito. Esta concentración se puede explicar por la existencia de efectos de acumulación y aglomeración.

Gasto en investigación y desarrollo en materia de desastres naturales

15. EL GASTO ANUAL EN I+D EN MATERIA DE DESASTRES NATURALES REPRESENTA MENOS DEL 0,01 % DEL PIB A PRECIOS CORRIENTES.

- El gasto total en investigación y desarrollo en materia de desastres naturales en Chile, incluyendo la resiliencia ante éstos, se ha mantenido relativamente constante sobre los 8 mil millones de pesos anuales en el periodo 2012 2016, es decir menor a un 0,01% del Producto Interno Bruto (PIB) a precios corrientes. En el caso de un escenario de crecimiento moderado del PIB, este gasto podría aumentar y superar los 10 mil millones de pesos anuales en el 2020.
- De los 8 mil millones de pesos, el gasto público se ha situado en torno a los 3.500 millones de pesos anuales, en tanto que el gasto privado ha alcanzado unos 5.000 millones de pesos anuales. Poco más del 78% del gasto público se destina al cofinanciamiento de proyectos de investigación y desarrollo en materia de desastres naturales ejecutados en el país. Por su parte, para el caso del gasto privado, las mayores fuentes son empresas con un 56% de aporte e instituciones de educación superior con un 24%.
- Un 44% del gasto en investigación y desarrollo en materia de desastres naturales en Chile se destina a actividades que involucran más de un tipo de desastre natural. Pese a que en esta categoría se incluyen muchas combinaciones, en ella destaca la categoría terremoto-tsunami-inundación-remoción en masa-resiliencia con un tres cuartos de los montos.

16. LA CONCENTRACIÓN DEL GASTO ANUAL EN I+D POR TIPO DE FENÓMENO NATURAL ES COHERENTE CON LA CONCENTRACIÓN TEMÁTICA DE LA PRODUCCIÓN CIENTÍFICA

Dentro de las categorías relacionadas con sólo un tipo de desastre natural, la más importante es la de terremotos. Este fenómeno acumula aproximadamente un 25% del gasto total y la tendencia es cre-

ciente. En términos de mayores volúmenes, sigue el gasto en investigación y desarrollo en materia de resiliencia frente a desastres naturales, con una cuota del 8% del gasto total. Sin embargo, este gasto ha ido a la baja después de 2012. Para los otros tipos de desastres naturales el gasto es comparativamente muy bajo, y en todos los casos, menor al 5% del gasto total.

La distribución de gasto en investigación y desarrollo en materia de desastres naturales por tipo de fenómeno es coherente con la concentración temática de la producción científica en el país en terremotos, sin embargo en el marco del estudio no se ha determinado si la relación es de causa o efecto. La producción en materia de tsunamis y de resiliencia ante desastres naturales se explica a través del gasto en la categoría transversal, en donde ambos se incluyen junto al estudio de terremotos.

Capacidades de financiamiento de investigación y desarrollo

17. EN CHILE NO EXISTEN FONDOS ESPECÍFICOS PARA FINANCIAR ACTIVIDADES DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO EN MATERIA DE DESASTRES NATURALES

- Las líneas de financiamiento provienen en partes iguales de universidades y de organismos públicos, específicamente de Conicyt y Corfo, sin embargo, los organismos públicos representan el grueso de las oportunidades nacionales para financiar actividades de investigación, desarrollo e innovación en materia de desastres naturales en Chile. Por ejemplo, en el caso de proyectos de investigación, el monto promedio de universidades es menor a 7 millones de pesos anuales; en tanto que las líneas de organismos públicos, que financian proyectos de investigación, tienen un monto promedio cercano a los 80 millones de pesos anuales.
- Las líneas a las que puede acceder una iniciativa relevante en el ámbito de los desastres naturales dependen principalmente de la combinación del objetivo de la iniciativa (sólo investigación científica, sólo desarrollo tecnológico, investigación y desarrollo, capital humano y equipamiento) y de la categoría del potencial beneficiario que busca financiamiento para esta iniciativa (universidad o centro de investigación, empresa, académico, estudiante, otros profesionales). Otros factores que pueden definir el acceso a líneas de financiamiento son, por ejemplo, la capacidad de cofinanciamiento y la experiencia del potencial beneficiario.
- En términos generales, se observa que algunas iniciativas pueden tener acceso a montos de financiamiento público relativamente altos, ya sea para proyectos de investigación científica de académicos (por ejemplo, Fondo Nacional de Desarrollo Científico y Tecnológico Regular, 57 millones de pesos anuales), para proyectos de investigación y desarrollo de empresas (por ejemplo, Programa de Innovación Tecnológica Empresarial con 100 millones de pesos anuales), para el desarrollo de capital humano por parte de universidades (por ejemplo, Diplomado Regional en Temas de Ciencia, Tecnología e Innovación, 45 millones de pesos anuales), o para inversión en equipamiento científico y tecnológico por parte de centros de investigación (por ejemplo, Programa de Apoyo a Proyectos de Inversión Tecnológica, 1.000 millones de pesos anuales), entre otros.

18. INVESTIGADORES, UNIVERSIDADES, CENTROS DE INVESTIGACIÓN Y EMPRESAS NACIONALES PUEDEN ACCEDER A LÍNEAS DE FINANCIAMIENTO DEL PROGRAMA MARCO DE LA UNIÓN EUROPEA

Horizon 2020, el octavo programa marco de la Unión Europea para financiar actividades de investigación científica, desarrollo tecnológico e innovación, relativiza eventuales brechas de financiamiento

nacionales, ya que las entidades chilenas son elegibles para participar en la conformación de consorcios de investigación. El programa integra todas las fases desde la generación del conocimiento hasta actividades próximas a la comercialización y abarca todas las áreas del conocimiento.

1 Introducción

En este capítulo sintetizamos aspectos generales del trabajo «Capacidades de investigación, desarrollo e innovación en desastres naturales en Chile»³. En la Sección 1.1 presentamos el contexto y la justificación de éste, luego en la Sección 1.2 resumimos el objetivo general y las preguntas a las que pretendemos dar respuesta. En la Sección 1.3 presentamos la taxonomía utilizada para caracterizar las capacidades nacionales de investigación y desarrollo en materia de desastres naturales, en tanto que en la Sección 1.4 sintetizamos las principales dimensiones de estudio de los desastres naturales. En la Sección 1.5 mostramos los principales actores institucionales relacionados con la investigación y el desarrollo en materia de desastres naturales. Finalmente en la Sección 1.6 sintetizamos la metodología general de la investigación.

1.1 Contexto y justificación del trabajo

La complejidad de los grandes desafíos nacionales hace necesario el encuentro de múltiples actores con visiones diversas que guíen el diseño de políticas para el desarrollo y progreso del país. En este contexto, el Consejo Nacional de Innovación para el Desarrollo (CNID) del Gobierno de Chile facilita el diseño de políticas nacionales de ciencia, tecnología, innovación y productividad con información certera y actualizada, así como acuerdos transversales en torno a prioridades nacionales, por ejemplo, asegurar la futura disponibilidad de recursos hídricos, crear una nación resiliente frente a los desastres naturales, etc.

Como ejemplo, la Comisión de Resiliencia ante Desastres Naturales (CREDEN), convocada por el Consejo Nacional de Innovación para el Desarrollo, tiene como misión diseñar una estrategia de investiga-

El uso de la primera persona plural en la redacción de los informes de CameronPartners es intencionada; con el propósito de enfatizar nuestra responsabilidad con la información presentada, los análisis realizados y las conclusiones alcanzadas.

ción, desarrollo e innovación que reconozca la constante exposición de Chile a las amenazas de la naturaleza como una ventaja comparativa que le permita al país tomar un rol de liderazgo a nivel mundial, transformando este gran desafío nacional en una oportunidad de desarrollo a través de la innovación.

Para ello el Consejo Nacional de Innovación para el Desarrollo, ha requerido contar con información sobre las capacidades que posee el país relacionadas con el estudio de desastres naturales, específicamente terremotos, tsunamis, erupciones volcánicas, remociones en masas, incendios, inundaciones y sequías. Los objetivos y productos del trabajo se presentan en la sección siguiente.

1.2 Objetivos del trabajo

Según las bases técnicas del trabajo «Capacidades de investigación, desarrollo e innovación en desastres naturales en Chile», el objetivo general de éste es cuantificar y analizar las capacidades humanas,
científicas, tecnológicas y económicas existentes en Chile que permiten realizar la investigación científica
y el desarrollo tecnológico requeridos para la construcción de una nación resiliente ante futuros desastres
naturales⁴. De este modo, en el marco del presente estudio, buscamos responder preguntas tales como:

- ¿Cuáles son las principales área de conocimiento asociadas al estudio de los desastres naturales en el país? ¿Cómo se relacionan éstas con el resto de las ciencias?
- ¿Qué tipo de capacidades se encuentran instaladas en Chile para crear una nación resiliente ante los desastres naturales? ¿Cuál es la infraestructura con la que cuenta el país para estos estudios?
- ¿Cuál es el capital humano instalado y en formación (en Chile y en el extranjero) asociado al estudio de los desastres naturales en Chile?
- ¿De qué tipo de la producción científica vinculada al país referida al estudio de los desastres naturales? ¿Quiénes son sus autores y a qué instituciones se asocian? Para el caso en que sea medible, ¿cuál es el impacto científico de ésta producción?
- ¿Existe formación de nuevas capacidades humanas con posible asociación al estudio y trabajo con los desastres naturales en el país? ¿Cuáles son sus principales área temáticas? ¿En qué regiones e instituciones se realiza?

En este contexto nos parece importante aclarar el uso del término capacidad ya que su significado exacto depende del contexto en que éste se utiliza. Esta dificultad se acentúa ya que existen palabras que en otros idiomas (inglés, alemán, francés, etc.) con significados diferentes que se traducen al castellano como capacidad; así por ejemplo capacitance, capacity y capability en inglés. Por otra parte, como término técnico en la administración, el término capacidad se utiliza para designar conceptos muy diferentes, uno más bien relacionado con los recursos y actitudes de un individuo u organización, para desempeñar una determinada tarea o cometido, otro para definir los patrones de acción repetibles en el uso de activos. Por estas razones, en el marco de este trabajo restringimos el uso del término capacidad sólo a recursos de los actores institucionales para desempeñar tareas de investigación científica, desarrollo tecnológico y/o innovación en un sentido general.

¿Cuál es la inversión asociada a los desastres naturales en el país? ¿Cuáles son sus principales fuentes de financiamiento? ¿Cuál es el foco de este financiamiento dentro de la investigación, desarrollo e innovación en desastres naturales?

En base a estas preguntas que buscamos responder a lo largo del trabajo, entendemos que el estudio de los desastres naturales no sólo incluye el estudio de los fenómenos propiamente tales, con sus posibles causas y efectos (tanto en el medio ambiente como en la infraestructura y la población), sino que también incluye en estudio del riesgo, la respuesta del entorno físico y social, la recuperación, la prevención y mitigación de desastres naturales, la gestión y transferencia de riesgo, las ciencias y tecnologías afines, la legislación y la educación respecto de desastres naturales, así como la resiliencia ante estos eventos.

1.3 Taxonomía para el estudio de desastres naturales

En base al sistema de clasificación de ciencia y tecnología ÖFOS (Österreichische Systematik der Wissenschaftszweige), hemos elaborado la taxonomía para clasificar en forma sistemática los campos y las áreas científico-tecnológicas relevantes para el estudio de los desastres naturales y que facilite la caracterización de las capacidades humanas, científicas, tecnológicas y económicas existentes en Chile que permiten realizar la investigación científica y el desarrollo tecnológico requeridos para la construcción de una nación resiliente ante futuros desastres naturales. Un área científica o tecnológica se ha considerado relevante cuando hemos encontrado evidencia en entrevistas a especialistas y/o en publicaciones científicas de que ésta se encuentra relacionada con el estudio de terremotos, tsunamis, erupciones volcánicas, desplazamiento en masa, sequías, incendios, y/o inundaciones.

Tal como mostramos en la Tabla 1.1, la taxonomía propuesta especifica campos del conocimiento (Nivel 1 de ÖFOS) y áreas del conocimiento (Nivel 4 de ÖFOS), ya que, en términos prácticos, una taxonomía con desagregación a nivel de disciplinas del conocimiento (Nivel 6 de ÖFOS) no resulta funcional para la categorización de los productos requeridos en el estudio *Capacidades de investigación, desarrollo e innovación en desastres naturales en Chile*. En caso necesario, en el Capítulo 8 del documento anexo al presente informe, se puede verificar el alcance exacto de las áreas de conocimiento (Nivel 4 de ÖFOS) al revisar las disciplinas (Nivel 6) que las conforman.

Tabla 1.1. Taxonomía de campos y áreas científico-tecnológicas relevantes para el estudio de los desastres naturales en base al sistema de clasificación ÖFOS⁵

Nivel 1	Nivel 4	Campos y áreas científicas-tecnológicas
1		Natural sciences
	1010	Mathematics
	1020	Computer Sciences
	1030	Physics
	1040	Chemistry

⁵ Para evitar imprecisiones en la traducción, en esta taxonomía mantenemos la nomenclatura en inglés.

Nivel 1	Nivel 4	Campos y áreas científicas-tecnológicas
	1051	Geology, Mineralogy
	1052	Meteorology, Climatology
	1053	Hydrology
	1054	Physical Geography
	1060	Biology
	1099	Multidisciplinary, Interdisciplinary and other Natural Sciences ⁶
2		Technical sciences
	2011	Civil Engineering
	2012	Architecture
	2013	Transportation
	2020	Electrical Engineering, Electronics, Information Engineering
	2030	Mechanical Engineering
	2040	Chemical Process Engineering
	2050	Materials Engineering
	2071	Environmental Engineering
	2072	Engineering Geology, Geotechnics
	2073	Mining, Petroleum Engineering
	2074	Geodesy, Surveying
	2080	Environmental Biotechnology
	2099	Multidisciplinary, Interdisciplinary and other Technical Sciences ⁷
3		Medical and Health sciences
	3012	Pharmacy, Pharmacology, Toxicology
	3020	Clinical Medicine
	3030	Health Sciences
	3099	Multidisciplinary, Interdisciplinary and other Medical and Health sciences
4		Agricultural sciences
	4011	Cultivation of Land, Horticulture
	4012	Forestry and Wood Industry

⁶ Por ejemplo *Environmental research, Nature conservation.*

⁷ Por ejemplo Sustainable Technologies, Fire Protection y Risk Research.

⁸ Por ejemplo *Immunology*.

Nivel 4	Campos y áreas científicas-tecnológicas
4000	
4099	Multidisciplinary, Interdisciplinary and other Agricultural sciences
	Social sciences
5010	Psychology
5020	Economics
5030	Educational Sciences
5040	Sociology
5050	Law
5060	Political Science
5070	Human Geography, Regional Geography, Regional Planning
5080	Media and Communication Sciences
5099	Multidisciplinary, Interdisciplinary and other Social sciences
	Humanities
6010	History, Archaeology
	5020 5030 5040 5050 5060 5070 5080 5099

Elaborado en base a Statistik Austria (2012) 9

1.4 Principales dimensiones de estudio de los desastres naturales

Los sistemas de clasificación de ciencia y tecnología existentes, por ejemplo, ÖFOS, si bien facilitan la identificación de disciplinas relacionadas con el estudio de los desastres naturales, no muestran las relaciones entre estas disciplinas. En un intento por superar esta deficiencia, a partir de un análisis exploratorio de las áreas de trabajo de un grupo de análisis conformado por especialistas en materia de desastres naturales, hemos definido un modelo con las principales dimensiones del estudio de los desastres naturales, así como sus relaciones. Este resultado se muestra en la Figura 1.1¹⁰.

Un componente central del modelo elaborado corresponde a la espiral de manejo de desastres naturales¹¹, que incluye el estudio del «Riesgo de Desastres Naturales» propiamente tal, así como las dimen-

En el Capítulo 6 del documento anexo al presente informe se puede comprobar que este modelo cubre todas las tareas y proyectos clave definidos en las mesas de trabajo la Comisión de Resiliencia ante Desastres Naturales (CREDEN).

Statistik Austria (2012) Classification Database. Fields of Science. Disponible en: http://www.statistik.at/KDBWeb/kdb.do?FAM=WISS&&NAV=EN&&KDBtoken=null

El concepto de ciclo se refiere a un conjunto de fases que se repiten ordenadamente hasta volver a su estado inicial, de manera que el modelo del ciclo de manejo de desastres naturales no considera necesariamente la resiliencia ni los aprendizajes alcanzados tras un evento catastrófico. Por esta razón utilizamos el concepto de la espiral de manejo de desastres naturales, éste considera los aprendizajes de la sociedad y el progreso en las capacidades humanas para hacer frente a un desastre natural.

siones «Prevención y Mitigación frente a Desastres Naturales», «Respuesta frente a Desastres Naturales» y «Recuperación frente a Desastres Naturales» (JICA, 2008)¹².

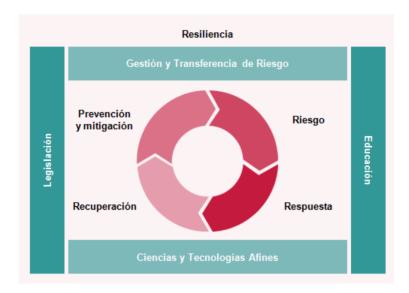


Figura 1.1. Modelo de las principales dimensiones de estudio de los desastres naturales.

Elaboración propia

Dentro de esta espiral, el riesgo de un desastre natural está dado por la combinación de la amenaza de ocurrencia de eventos naturales peligrosos (el desastre propiamente tal), la vulnerabilidad y la exposición de los sujetos o elementos expuestos al desastre. De esta forma, las amenazas se transforman en desastres cuando operan como fuerzas externas que exceden la capacidad de las sociedades para enfrentar-las.

La dimensión «Prevención y Mitigación frente a Desastres Naturales» se refiere a las áreas del conocimiento que permiten aminorar el efecto adverso de las amenazas sobre las personas, bienes y medio ambiente, tales como la construcción de medidas de mitigación o planificación del territorio, por mencionar algunas áreas. Por su parte, la dimensión «Respuesta frente a Desastres Naturales» se preocupa por conocer la primera respuesta tras un evento determinado, las intervenciones durante o inmediatamente luego de ocurrido el desastre natural (enfocadas en el auxilio físico y rescate, análisis de necesidades y evaluación de daños), así como la segunda respuesta, que considera las iniciativas de salud en emergencias, gestión de albergues, entre otros. Finalmente, la dimensión «Recuperación frente a Desastres Naturales» incluye las disciplinas que definen acciones para la rehabilitación y reconstrucción frente a un desastre natural.

En el modelo presentado en la Figura 1.1, toda la espiral de manejo de desastres naturales se encuentra enmarcada por la dimensión «Ciencias y Tecnologías Afines para el estudio de Desastres Naturales», así como por la dimensión «Gestión y Transferencia de Riesgo de Desastres Naturales». El concepto de

JICA (2008) Construyendo sociedades resiliente ante los desastres. Cooperación de JICA en la gestión de desastres.

«Ciencias y Tecnologías Afines» es ampliamente usado, por ejemplo, en la astronomía para denominar aquellas ciencias y tecnologías que facilitan el estudio de la astronomía. Por lo tanto, en el contexto de este trabajo este concepto refiere a las ciencias y tecnologías que facilitan el estudio de los procesos involucrados en la espiral de manejo de desastres naturales, tales como la modelación matemática, la biología, la sensórica, por mencionar algunas.

Por su parte, la dimensión «Gestión y Transferencia de Riesgo de Desastres Naturales» considera las distintas fases del antes, durante y después de una emergencia, que identifican y cuantifican las probabilidades de pérdida y efectos secundarios de un desastre, así como las medidas consideradas en el proceso de trasladar formal o informalmente las consecuencias financieras de un riesgo en particular de una parte a otra (ONEMI, 2014)¹³.

Además, en el modelo anterior, se incluye la educación y la legislación sobre desastres naturales; como dimensiones transversales para todas las categorías antes mencionadas. En la categoría «Educación sobre Desastres Naturales» se consideran las áreas del conocimiento que tienen la capacidad de generar acciones destinadas a fortalecer las capacidades humanas respecto a la comprensión del territorio, a los efectos que una amenaza pudiese generar en él y a las acciones derivadas de este fenómeno, como por ejemplo, la geografía, sociología, entre otros. Mientras que la dimensión «Legislación sobre Desastres Naturales» incluye todos los estudios técnicos relacionados al estudio de las medidas no estructurales, tales como, códigos de construcción, instrumentos de planificación territorial, entre otros¹⁴.

Finalmente, al enmarcando el modelo se encuentra la dimensión «Resiliencia ante desastres naturales» para enfatizar su importancia, como meta final para todo el estudio de los desastres naturales. En esta categoría se incluye el estudio de la capacidad social y económica para enfrentarlos, incluyendo medidas estructurales, como el desarrollo de obras de protección, y medidas no estructurales, como la regulación de usos del suelo, la incorporación de aspectos preventivos en los presupuestos de inversión y la realización de preparativos para la atención de emergencias (Cardona, 2011), así como los procesos sociales.

1.5 Principales actores institucionales

En la Figura 1.2 presentamos una representación esquemática simplificada de los actores relevantes, es decir, aquellas personas jurídicas en las que se realizan actividades de investigación científica, desarrollo tecnológico y/o innovación en materia de desastres naturales. En este esquema se distingue el sistema político y administrativo, los intermediarios, el sistema industrial y el sistema de educación e investigación

El marco institucional en que se desarrolla la investigación está determinado por el **Sistema Político** del país, donde la figura del Presidente de la República es cabeza del Poder Ejecutivo y actúa como Jefe del Gobierno y Jefe de Estado, complementado con el Poder Legislativo, encarnado por el Congreso Nacional bicameral, compuesto por el Senado y la Cámara de Diputados. La **Administración** del Poder Ejecu-

ONEMI (2014). Política Nacional para la Gestión de Riesgos de Desastres. Ministerio del Interior y Seguridad Pública.

Organización de las Naciones Unidas (2009). Terminología sobre Reducción del Riesgo de Desastres. Estrategia Internacional para la Reducción de Desastres.

tivo se realiza a través de los Ministerios, que en conjunto con los Gobiernos Regionales, administran recursos centrales hacia las regiones.

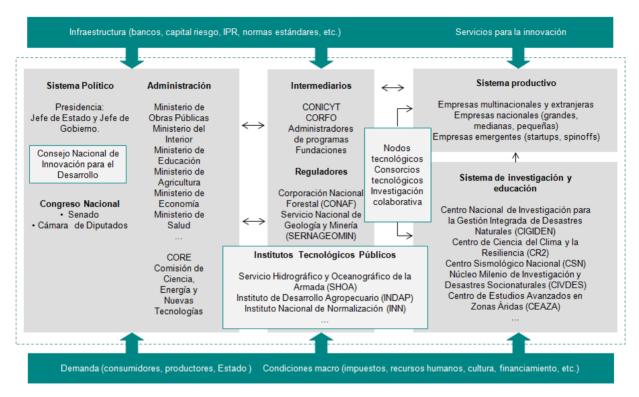


Figura 1.2. Principales actores del Sistema Nacional de Innovación en materia de Desastres Naturales. Elaboración propia

Los Gobiernos Regionales, liderados por el Intendente, facultan al Consejo Regional (CORE) para analizar y aprobar los temas clave de inversión para las regiones, específicamente, aquella relacionada con la distribución de los recursos del Fondo Nacional de Desarrollo Regional (FNDR). En el Consejo Regional están radicadas las facultades fiscalizadoras de los Gobiernos Regionales, así como las decisiones y resoluciones en cuanto a la elaboración de políticas y acuerdos que puedan emanar de cada una de sus comisiones en particular o del pleno en general. Para efectos de una mayor operatividad y cobertura de todos y cada uno de los problemas de la región, el CORE se organiza en comisiones, que abordan en forma específica diferentes áreas del quehacer regional.

Los Intermediarios que se muestran en la Figura 1.2 corresponden a organismos públicos, principalmente en los ámbitos de fomento que definen políticas y diseñan programas, los administradores públicos y privados de estos programas, fundaciones privadas y públicas, así como organismos públicos que proveen recursos monetarios a privados fomentando la Ciencia, la Tecnología y/o la Innovación. En este último grupo se incluyen actores tales como Conicyt, Corfo, el Comité InnovaChile.

Existen, además, organismos con funciones regulatorias e informativas, así como los Institutos Tecnológicos Públicos, que vinculan la administración con el sistema de investigación. Dentro de los actores de este tipo que tienen papeles relevantes para el Sistema Nacional de Innovación en materia de Desastres Naturales hemos identificado los organismos como el Centro de Información de Recursos Naturales, el Centro Sismológico Nacional, la Corporación Nacional Forestal, el Instituto Geográfico Militar, el Instituto Nacional de Normalización, el Instituto Nacional de Geología y Minería, Servicio de Evaluación Ambiental, el Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada, entre otros.

Dentro del **Sistema de investigación y educación** mostrado en la Figura 1.2 destacan las instituciones de educación superior y los centros de investigación. Estas instituciones juegan un rol clave en la generación y transferencia del conocimiento. Durante la realización del trabajo hemos podido identificar 29 universidades y 15 centros de investigación nacionales que tienen investigadores con evidencia de realizar investigación científica y/o desarrollo tecnológico en el ámbito de desastres naturales. Dentro de estos últimos, se destacan el Centro de Ciencia del Clima y la Resiliencia, el Centro de Investigación en Vulnerabilidades y Desastres Socionaturales, el Centro de Recursos Hídricos para la Agricultura y la Minería, el Centro Nacional para la Gestión Integrada de Desastres.

Por su parte, el Sistema productivo mostrado en la Figura 1.2 está compuesto por empresas privadas que conforman el tejido empresarial. Las empresas nacionales donde hemos identificado especialistas con evidencia de capacidades humanas, científicas y/o tecnológicas en el ámbito de desastres naturales se clasifican principalmente en empresas de ingeniería de consulta, ingeniería, tecnologías de la información, consultoría medioambiental, generación eléctrica.

Finalmente, como mostramos en la Figura 1.2 existe un marco general compuesto por infraestructura y servicios para la innovación que involucra a entidades financieras, proveedores de capital de riesgo, derechos de propiedad intelectual, normas técnicas, etc., que proveen recursos y regulan los procesos de investigación científica y desarrollo tecnológico. La generación de conocimiento puede ser demandada por productores, consumidores y el Estado, y que se encuentra influenciada por el marco tributario, legal, cultural, laboral, entre otros, propios del país y de cada región.

El Sistema Nacional de Innovación en materia de Desastres Naturales

El conjunto de los actores mencionados en esta sección se puede denominar *Sistema Nacional de In- novación en materia de Desastres Naturales*¹⁵. En efecto, la investigación moderna sobre la innovación entiende por un Sistema de Innovación al conjunto de actores que aportan al surgimiento de innovaciones en general (es decir, no sólo de base científica o tecnológica), o que aplican innovaciones externas para el beneficio de los actores del sistema, de la economía o de la sociedad.

En caso de que el sistema en cuestión sea un país, una región o un sector se habla de un sistema nacional de innovación, de un sistema regional de innovación o de un sistema sectorial de innovación, respectivamente. De acuerdo a esta definición, en el marco de este trabajo estamos interesados en analizar aquellos actores del Sistema Nacional de Innovación que tienen alguna relación los desastres naturales.

En este contexto utilizamos el término *sistema* en sentido estricto. De acuerdo DIN IEC 60050-351 un sistema se refiere a «la totalidad de elementos interrelacionados e interconectados, que actúan de modo tal, que pueden considerase como una unidad para un objetivo determinado.

Al conjunto de actores del sistema pueden pertenecer productores de conocimiento (tales como universidades), centros de investigación científica y/o desarrollo tecnológico extrauniversitarios, empresas con actividades de investigación y/o desarrollo, empresas innovadoras, proveedores de servicios basados en conocimiento, entidades financieras (tales como bancos y administradoras de fondos de inversión), inversores privados y estratégicos, proveedores de servicios de investigación y desarrollo, así como los intermediarios del sistema (tales como incubadoras de negocios, centros de innovación y/o tecnología, parques científicos o proveedores de servicios de innovación). Teniendo en cuenta que en el marco de este trabajo también debemos identificar y caracterizar a investigadores y otros profesionales especializados en desastres naturales, hacemos la distinción entre actores institucionales y actores individuales.

Los actores de un sistema de innovación, tanto institucionales como individuales, interactúan entre sí, formando las así llamadas redes de innovación, a través de las cuales operan finalmente los sistemas de innovación. Los vínculos (interacciones y relaciones) entre los nodos (actores) de estas redes son, en muchos casos, elementos temporales, relacionados con cooperaciones u orientaciones temáticas específicas. Siguiendo con la nomenclatura anterior, diferenciamos entre redes institucionales y redes individuales. Debido a la complejidad de la dinámica de estas redes sólo es posible esbozar su estructura en una situación determinada o su evolución en el tiempo.

1.6 Alcance metodológico general del trabajo

Desde un punto metodológico, el trabajo realizado corresponde a un estudio con un enfoque mixto, de carácter exploratorio, descriptivo y transversal. En efecto:

Enfoque mixto: se combinaron técnicas cuantitativas y cualitativas, tanto para la recolección como el análisis de información. Así, por ejemplo, en cuanto a las técnicas cuantitativas de recolección de datos, se utilizaron encuestas a través de un cuestionario estructurado (para dimensionar las capacidades humanas, científicas y tecnológicas en materia desastres naturales existentes en Chile), así como la minería de datos (para obtener información sobre la evolución del gasto en investigación y desarrollo en materia de desastres naturales en los últimos 15 años). En tanto, las técnicas cualitativas de recolección se utilizaron para complementar y profundizar la caracterización, así como para la identificación de los actores y entidades relevantes, incorporando la perspectiva de diversos actores individuales, tanto del ámbito académico, como de organismos públicos y empresas privadas. En términos de análisis, para la información cuantitativa se utilizaron técnicas de análisis estadístico descriptivo (para la caracterización de las capacidades humanas, científicas y tecnológicas en materia de desastres naturales existentes en Chile), así como técnicas de modelización matemática (para estimar la inversión pasada, actual y proyectada en investigación y desarrollo en materia de desastres naturales). En tanto que para la información cualitativa se utilizó la técnica del análisis de contenido a través de mallas temáticas, principalmente para identificar información complementaria para diversas dimensiones de análisis del trabajo.

Dimensión exploratoria: para delimitar el objeto de estudio y elaborar un marco conceptual que permitiese situarlo a nivel teórico y empírico, así como identificar actores individuales e institucionales relevan-

tes se realizó un análisis exploratorio. Esto quiere decir, llevar a cabo un estudio de pequeña escala que permita identificar los aspectos fundamentales necesarios de incluir en el levantamiento de información para las etapas posteriores.

Dimensión descriptiva: el conocimiento adquirido en la etapa exploratoria fue profundizado para caracterizar las principales capacidades humanas, científicas, tecnológicas y de financiamiento del país en materia de desastres naturales, y así alcanzar los objetivos definidos y los productos requeridos. Se recolectó información por medio de fuentes primarias, particularmente entrevistas individuales y grupales con actores individuales dedicados al estudio de los desastres naturales en todas sus etapas, así como a través del análisis de fuentes secundarias, por ejemplo publicaciones científicas (para identificar otros actores relevantes, así como la producción científica y su impacto); sitios web de actores institucionales (para identificar los más relevantes, programas de formación terciaria en disciplinas asociadas a desastres naturales, fuentes de financiamiento nacionales e internacionales que apoyan la investigación y desarrollo en temas relacionados con desastres naturales).

Dimensión transversal: la información fue recogida con un énfasis en la situación actual sin buscar establecer comparaciones entre dos o más momentos.

En este contexto es importante enfatizar que en este trabajo no hemos utilizado técnicas de muestreo probabilístico, dado que para la mayoría de los productos requeridos no se conoce el universo respectivo —por ejemplo, el universo de investigadores y otros especialistas que trabajan en Chile en ámbitos relacionados con desastres naturales. De este modo, por rigurosidad metodológica en el estudio no utilizamos el concepto de muestra, sino que de *grupo de análisis*; diseño que se asemeja bastante a una muestra por conveniencia por decisión fundada. La diferencia radica en que los grupos de análisis no tienen un tamaño predefinido, lo cual permite hacer crecer el tamaño de éstos durante el estudio y, por tanto, acercarnos al tamaño del universo respectivo. Sin embargo, estos diseños tienen la desventaja de que a medida que el estudio avanza, el esfuerzo requerido para incrementar el tamaño del grupo de análisis en una unidad aumenta en forma sobreproporcional. Además, debido a las interrelaciones entre los productos en elaboración, el trabajo es esencialmente iterativo: al hacer cambios en uno de los productos, necesariamente se deben actualizar en los otros productos y viceversa.

Finalmente, también es importante destacar que en el presente informe no describimos los fenómenos naturales involucrados en el estudio, tampoco establecemos un marco conceptual y/o teórico para el estudio de estos fenómenos, el estudio del riesgo asociado, la resiliencia ante éstos, entre muchos otros temas interesantes, ya que asumimos que éstos son plenamente conocidos por los expertos que integran la Comisión de Resiliencia ante Desastres Naturales (CREDEN).

El detalle metodológico de las herramientas, técnicas y métodos utilizados en la elaboración de cada uno de los productos de este trabajo se presenta en el Capítulo 1 del documento anexo al presente informe. Del mismo modo, en el Capítulo 5 del documento anexo se presentan las fuentes primarias contactadas y detalles de los instrumentos utilizados.

2 Capacidades humanas

En este capítulo presentamos y caracterizamos las capacidades humanas del país. La Sección 2.1 se enfoca en los especialistas en desastres naturales en tanto que la Sección 2.2 cubre los profesionales en especialización. Tal como explicamos en la Sección 1.2, en este contexto el término capacidades se refiere a recursos que poseen los actores institucionales del Sistema. El detalle de las herramientas, técnicas y métodos utilizados en la elaboración de los productos presentados a continuación se presenta en el Capítulo 1 del documento anexo al presente informe..

2.1 Especialistas en desastres naturales

A partir de la información recolectada desde las fuentes primarias y secundarias anteriormente mencionadas hemos identificado un grupo de análisis con 288 especialistas residentes en Chile que trabajan en temas relacionados con los terremotos, tsunamis, erupciones volcánicas, remociones en masas, incendios, inundaciones y sequías. Dentro de ellos tenemos investigadores trabajando en universidades, centros de investigación e institutos tecnológicos públicos, docentes asociados a programas de postgrados y postítulos, así como especialistas trabajando en empresas privadas y organismos públicos. Las variables que utilizamos para la caracterización general del grupo de análisis de especialistas identificados son las siguientes:

- Grados académicos de los especialistas,
- Máximo grado académico de los especialistas,
- Campo científico-tecnológico del máximo grado académico,
- Àrea científico-tecnológica del máximo grado académico,

- Tipo de afiliación del actor individual,
- Localización de la entidad de afiliación del actor individual.

En la Figura 2.1(a) podemos observar el detalle de la totalidad de los grados académicos y otras especializaciones del grupo de análisis. De acá se obtiene que un 44% de estos profesionales posee los grados de licenciado, máster y doctorado, en tanto que un 30% posee los grados de licenciado y doctorado. Es decir, un 74% de los especialistas posee un doctorado como máximo grado académico. Un 14% de los especialistas posee los grados de licenciado y máster y sólo un 12% de ellos posee sólo el grado de licenciado. En este contexto cabe hacer notar que para facilitar la presentación no consideramos los títulos universitarios, ya que la mayoría de los licenciados posee uno. De este modo, el 88% del total de actores tiene como grado máximo un máster o un doctorado, observando así un alto nivel de formación académica del grupo de análisis de especialistas.

El análisis de los campos y áreas científico-tecnológicas del máximo nivel de especialización del grupo de análisis de especialistas nos indica que un 45% de éstos se especializa en Ciencias Naturales, un 24% se especializa en Ciencias Técnicas, un 20% en Ciencias Sociales. Sólo un 8% se especializa en Ciencias Agrícolas, como indica la Figura 2.1(b). El 3% restante se especializa en otras categorías de ciencias.

En relación al tipo de afiliación, en la Figura 2.1(c) observamos que un 83% de ellos tiene su afiliación principal en una universidad o centro de investigación, en tanto que un 10% de ellos está afiliado a entidades de gobierno y sólo un 5% se desempeña principalmente en empresas privadas. En el resto de este trabajo a los integrantes del primer grupo denominamos *académicos*.

Finalmente, en la Figura 2.1(d) mostramos la distribución geográfica del grupo de análisis de especialistas relacionados con los desastres naturales. Esta figura revela que la Región Metropolitana concentra el 56% de los profesionales; la macrozona centro sur (desde la Región de Valparaíso hasta la Región del Biobío) acumula un 27% de estos actores y que las macrozonas norte (desde Arica y Parinacota hasta Coquimbo) y sur-austral (desde Araucanía hasta Magallanes) sólo concentran un 4% y 13% respectivamente de los especialistas del *Sistema Nacional de Innovación en materia de Desastres Naturales* respectivamente.



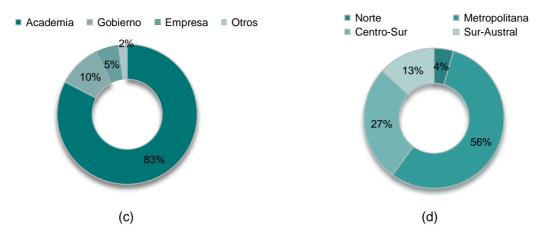


Figura 2.1. Caracterización de especialistas según (a) grados académicos, (b) campo del máximo grado académico, (c) tipo de afiliación y (d) localización de entidad de afiliación (N=288). Elaboración propia

Debido a la relevancia de los actores afiliados a universidades y centros de investigación para el análisis de las capacidades científicas, en lo que sigue nos concentramos en este tipo de actores (N=238). Al analizar las características de los académicos utilizando las mismas variables de caracterización utilizadas anteriormente, las proporciones mostradas en la Figura 2.1 se mantienen.

Respecto de la distribución de los académicos a nivel regional, en la Figura 2.2 (a) nuevamente podemos apreciar una clara la predominancia de la Región Metropolitana con una cuota del 53% del total de éstos. La siguiente región con mayor cuota de participación de estos especialistas es la del Biobío con un 21% del total. Luego destacan, aunque en menor medida, las regiones de Los Ríos, La Araucanía y Valparaíso con participaciones entre el 6% y 8%. Por otra parte, de la Figura 2.2 (a) también es posible verificar la escasa participación de académicos que estudien desastres naturales en las cinco regiones del norte del país (Arica y Parinacota, Tarapacá, Antofagasta, Atacama y Coquimbo), en las tres regiones del extremo austral de Chile (Los Lagos, Aysén y Magallanes) así como en la Región de O'Higgins. En cuanto a académicos con postgrado, la concentración en la Región Metropolitana es aún más alta. En efecto, esta acumula un 51% sobre el total de doctorados, un 66% sobre el total de maestrías y un 63% del total de académicos con grado de licenciado como máximo grado académico.

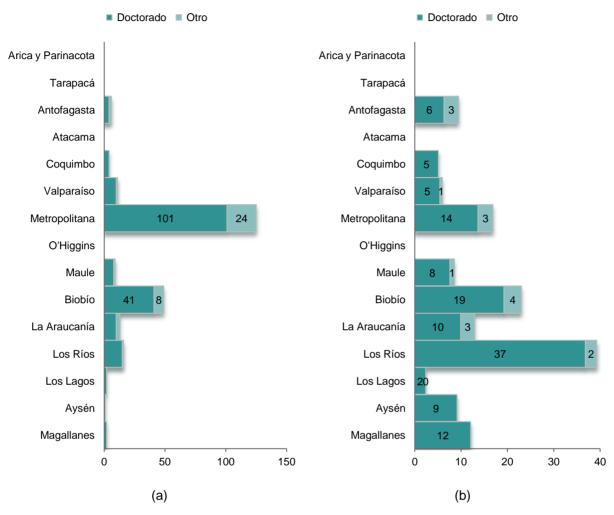


Figura 2.2. Distribución de académicos que estudian desastres naturales, por región según máximo grado académico: (a) números de académicos y (b) número de académicos por millón de habitantes (N=238). Elaboración propia

Para profundizar el análisis anterior, hemos ajustado la distribución de académicos en las regiones de acuerdo al número de habitantes en la región respectiva. En la Figura 2.2 (b) observamos el número de académicos por millón de habitantes en las regiones de Chile. En esta comparativa, la posición de la Región Metropolitana sigue siendo destacada, aun cuando queda relegada tras las regiones de Los Ríos y del Biobío. Por su parte la posición de la Región de Valparaíso empeora, quedando detrás de las regiones de Antofagasta, Magallanes, Maule y Aysén. De este modo, las regiones verdaderamente rezagadas serían las de Coquimbo, Valparaíso y Los Lagos, así como las regiones de Arica y Parinacota, Tarapacá, Atacama y O'Higgins (en el grupo de análisis no existen académicos trabajando en materias relacionadas con desastres naturales). En cuanto a académicos con doctorado, en este caso resalta que la posición de la Región de Los Ríos, con 39 doctorados por millón de habitantes; le sigue la Región del Biobío con 23 doctorados por millón de habitantes. Más abajo se encuentra la Región Metropolitana con 17 doctorados

por millón de habitantes, así como las regiones de La Araucanía y Magallanes con 13 y 12 doctorados por millón de habitantes, respectivamente.

De los gráficos anteriores es posible observar que el número de especialistas en las regiones del país está correlacionado positivamente con la población regional. En la Figura 2.3 (a) mostramos la relación entre estas dos variables. De acá es posible confirmar que la correlación mencionada es tan alta, que la población regional explica en un 93% el número de expertos en las regiones del país. Así también, a partir del modelo presentado en este gráfico, es posible visualizar qué regiones del país que tienen un número de expertos inferior o superior respecto al valor esperado (17,5 expertos por millón de habitantes). En este sentido destacan positivamente las regiones de Los Ríos, del Biobío y La Araucanía. Por el contrario, las regiones como Arica y Parinacota, Tarapacá, O'Higgins y Los Lagos presentan escasez de especialistas regionales, y en menor grado las regiones de Aysén y Coquimbo, que poseen considerablemente menos especialistas que los que se esperaría, de acuerdo al tamaño de su población. Por otra parte, en la Figura 2.3 (a) mostramos la relación entre el número de doctorados y expertos en las regiones del país. En este gráfico también podemos observar una alta correlación entre estas variables y que el número de expertos con doctorado en una región queda explicado en un 96% por la cantidad de expertos en la misma, con un valor esperado de 42,4 expertos con doctorado por cada cien expertos. En síntesis, estas dos variables explican en más del 90% los resultados anteriores en cuanto al número de expertos en regiones y el número de expertos con doctorado en regiones.

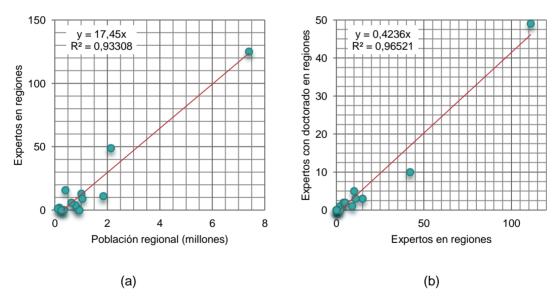


Figura 2.3. Modelos de regresión lineal para explicar: (a) el número de especialistas y (b) el número de especialistas con doctorado en las regiones; ambos en las regiones del país.

Elaboración propia

En la Figura 2.4 mostramos el resultado de organizar a los académicos según su entidad de afiliación, en donde podemos identificar cuatro categorías. De las 32 entidades en el grupo de análisis, 3 tienen más de 50 académicos, a saber: Universidad de Chile, Pontificia Universidad Católica de Chile y Universidad de Concepción. En la categoría entre 5 y 15 académicos se encuentran el grueso de las universidades de investigación nacionales, a saber las universidades de La Frontera, del Bío-Bío, de Santiago, Católica de

Temuco, de Valparaíso, Católica del Norte, Pontificia de Valparaíso y Técnica Federico Santa María. Estas ocho universidades. En estricto rigor, entre estas categorías se encuentran la Universidad Austral de Chile y la Universidad de Talca. Sin embargo, la situación de estas universidades es particular; más adelante veremos que debido a la cuota de especialistas con doctorado estas universidades tienen un desempeño muy diferente, por lo que la Universidad Austral de Chile la consideramos en la primera categoría de universidades, que acumula un 62% de los académicos identificados, en tanto que la Universidad de Talca en la segunda categoría, que acumula un 27% de los académicos identificados. El 11% restante lo acumulan 17 universidades y 3 centros de investigación (en la Figura 2.4 sólo se muestran 11 universidades y 1 centro de investigación).

Para complementar el análisis anterior revisamos la cuota de académicos con doctorado en cada entidad de afiliación. La distribución general mostrada en la Figura 2.1 para los diferentes niveles de formación se conservan para estas entidades (70% de especialistas con doctorado), en efecto, un 75% de los académicos identificados tiene un grado de doctorado. De este modo, las universidades con mayor número de investigadores trabajando en temas relacionados con desastres naturales también acumulan el mayor número de académicos con grados de doctorado. Sin embargo, un análisis más detallado de las universidades que concentran la mayor parte de los académicos muestra que las primera categoría de tres universidades mencionada anteriormente tienen en promedio una cuota de académicos con doctorado que alcanza el 78%% en tanto que la tercera categoría de ocho universidades tiene una cuota de académicos con doctorado del 71%. En cuanto a las cuotas de académicos con doctorado en las universidades en la segunda categoría mencionada anteriormente, es decir universidades Austral de Chile y de Talca, por el momento nos limitamos a comentar que estas son muy dispares, con un 96% para la primera y un 42% para la segunda. Más adelante mostraremos que este resultado es clave para explicar las diferencias en la producción científica de estas instituciones.

Tal como hemos mencionado al inicio de esta sección, el grupo de análisis consta de 288 especialistas, de ellos 259 tienen con cinco o más publicaciones indexadas, 29 son profesionales sin publicaciones indexadas, que fueron mencionados por otros integrantes del grupo de análisis por mérito propio. De los 259 investigadores especialistas, 238 pertenecen a la academia y 21 a otro tipo de organizaciones. Los investigadores con publicaciones indexadas fueron identificados del análisis de 399 publicaciones de un total de 561 publicaciones identificadas con palabras clave relacionadas con el estudio de los desastres naturales, De las 399 publicaciones identificamos además 290 investigadores con menos de cinco publicaciones indexadas. De este modo, consideramos que si analizamos las 162 publicaciones restantes, el número total de investigadores relacionados con el estudio de los desastres naturales debería alcanzar los 663, de ellos 269 profesionales con cinco o más publicaciones indexadas y 394 profesionales con cuatro o menos publicaciones indexadas.

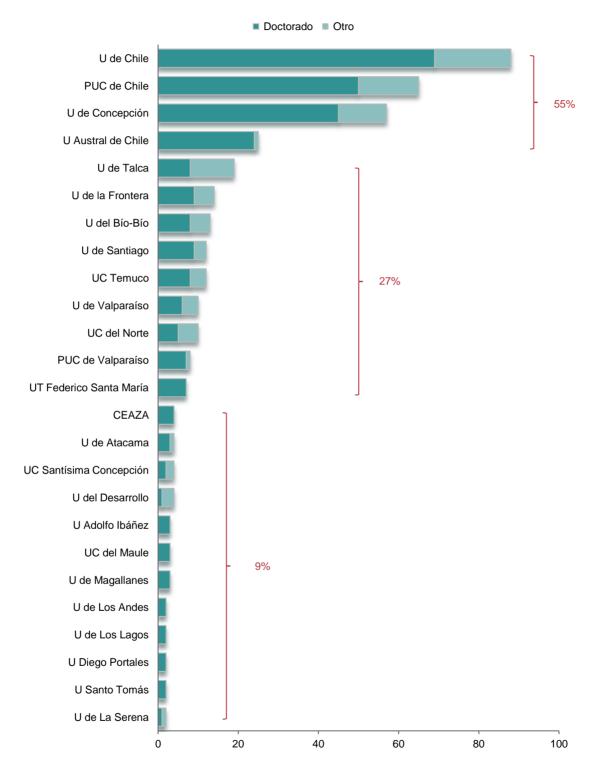


Figura 2.4. Distribución de académicos que estudian desastres naturales, por entidad de afiliación principal según máximo grado académico. Elaboración propia

2.2 Profesionales en especialización

La base de datos con beneficiarios preseleccionados del programa Becas Chile contiene 385 becarios que participaron en los concursos de Conicyt en el periodo 2010 – 2016. A partir del análisis de la información consignada por estos becarios en su postulación a este programa, identificamos 75 profesionales que podemos considerar en especialización en temas habilitantes para el estudio de desastres naturales.

Adicionalmente, luego de contactar vía telefónica y correo electrónico a directivos de 37 programas de postgrado y postítulo, así como 47 grupos de trabajo en universidades, centros de investigación, institutos tecnológicos públicos y otros organismos públicos que trabajan en temas relacionados con los desastres naturales materia del presente estudio, cuyo detalle se presenta en el capítulo 5 del documento anexo al presente informe. Como resultado de estas iniciativas, 18 entidades entregaron información acerca de 24 colaboradores que se encuentren en especialización en temas habilitantes para estudiar los desastres naturales; 5 entidades se comprometieron a participar pero finalmente no entregaron información; 6 entidades no colaboraron y 55 entidades no contestaron a la solicitud realizada.

Con todo, a partir de la información recolectada desde las fuentes primarias y secundarias anteriormente mencionadas hemos identificado un grupo de análisis de 99 profesionales residentes en Chile en especialización en temas relacionados con desastres naturales, en instituciones localizadas tanto en Chile como en el extranjero. Las variables que utilizamos para la caracterización general de los profesionales identificados especializándose en temas relacionados con desastres naturales que son las siguientes:

- > Grado académico a obtener,
- > Campo de especialización del programa,
- > País de localización del programa,
- Tipo de afiliación del profesional al momento de postular,
- > Fuente de financiamiento,
- Año esperado de graduación.

Como podemos observar en la Figura 2.5 (a), del total de profesionales en especialización identificados un 75% corresponde a alumnos de doctorado y un 25% a alumnos de máster. El análisis de los campos del conocimiento de los programas respectivos (ÖFOS 1), nos muestra que un 46% de los profesionales se especializa en Ciencias Técnicas, un 32% en Ciencias Naturales, un 13% se especializa en Ciencias Sociales. Sólo un 9% se especializa en Ciencias Agrícolas, como muestra la Figura 2.5 (b).

En relación al país en donde de cursan los programas respectivos, en la Figura 2.5 (c) observamos que un 67% de los profesionales en especialización ha optado por una institución de educación superior en Chile, en segundo lugar, se ubican las instituciones en Europa con un 21% de los profesionales identificados, destacando en este sentido Alemania y Reino Unido (que acumulan más del 80% de los profesionales en especialización en Europa). Le siguen instituciones en América del Norte con 8% (todas en los EEUU o Canadá). El 5% restante se distribuye entre Australia y Nueva Zelanda con 4% y Japón con un 1%. Esta información permite plantear la hipótesis de que en Chile se dan las condiciones para que profesionales se especialicen en disciplinas ligadas al estudio de desastres naturales.

Por otra parte, si categorizamos a los profesionales en especialización de acuerdo al tipo de afiliación antes de iniciar el programa, distinguiendo si el participante del programa de postgrado proviene de centros de investigación y/o de universidades (academia), de empresas privadas o de organismos de gobierno podemos observar en la Figura 2.5 (d) que los profesionales provenientes de la academia representan el 72% del total. En segundo lugar, se ubican los profesionales provenientes de empresas privadas, con un 19% y finalmente, los profesionales provenientes de organismos de gobierno con una cuota de 9%.

Si distinguimos entre profesionales en especialización con y sin becas del programa Becas Chile, tal como mostramos en la Figura 2.5 (e), un 76% de los profesionales identificados está siendo beneficiado por becas del programa Becas Chile, mientras que el 24% restante no ha sido beneficiado por este programa.

Finalmente, la Figura 2.5 (f) mostramos el año esperado de graduación de los profesionales en especialización. En 2016 un 11% de los profesionales identificados concluirán con sus respectivos programas de especialización. Para el 2017, se proyecta que el 27% de los profesionales concluyan sus programas de especialización, mientras que el 21%, 24% y 14% restantes finalizarán sus programas de especialización durante el 2018, 2019 y 2020 respectivamente. La caída en la cantidad relativa de profesionales que se graduarán en 2020 se debe a que el grupo de análisis no considera aquellos que comenzarán sus estudios a partir de 2018.

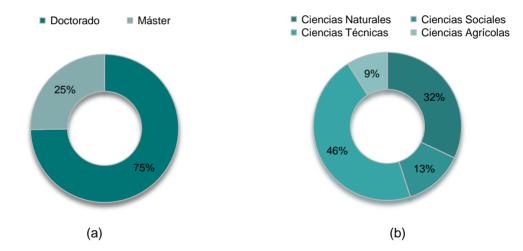


Figura 2.5. (cont.) Caracterización de profesionales en especialización según (a) grado académico, (b) campo de conocimiento, (c) país de estudios, (d) tipo de afiliación, (e) tipo de financiamiento y (f) año esperado de finalización (N=99). Elaboración propia



Figura 2.5. Caracterización de profesionales en especialización según (a) grado académico, (b) campo de conocimiento, (c) país de estudios, (d) tipo de afiliación, (e) tipo de financiamiento y (f) año esperado de finalización (N=99). Elaboración propia

Luego de esta caracterización general presentamos los resultados más destacados de cruzar algunas de las variables de caracterización presentadas al comienzo de esta sección. Sintetizamos sólo resultados que difieren de la distribución mostrada en la caracterización general mostrada en la Figura 2.5.

En la Figura 2.6 mostramos la distribución de profesionales en especialización por grado académico a obtener según el Nivel 1 del sistema de clasificación ÖFOS de los programas respectivos. De acá podemos verificar que la distribución general mostrada en la caracterización unidimensional (Figura 2.5) por grado académico a obtener se cumple en Ciencias Técnicas, Ciencias Naturales y Ciencias Agrícolas, es decir, 75% cursando programas de doctorado. En el caso de Ciencias Sociales, sin embargo, la predominancia de profesionales especializándose en programas de doctorado en relación a quienes se están especializando en programas de máster es aún más marcada.

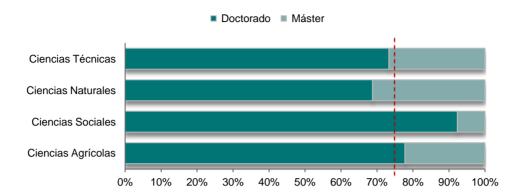


Figura 2.6. Distribución de profesionales en especialización por grado académico según Nivel 1 del sistema de clasificación ÖFOS 1 de los programas de especialización. Elaboración propia

Del mismo modo al analizar la distribución de profesionales en especialización según grado académico a obtener en los países de localización de los programas de postgrado podemos comprobar que la distribución general mostrada en la caracterización unidimensional (Figura 2.1), es decir, 75% cursando programas de doctorado, no se cumple. En efecto, en la Figura 2.7 mostramos que los profesionales que se están especializando en Chile se concentran aún más en programas de doctorado (86%) en tanto que los profesionales cursando programas de máster (14%) son menos que el promedio del grupo de análisis. En el resto de los países la situación está equilibrada entre profesionales cursando programas de doctorado (55%) y de máster (45%), lo que difiere del resultado promedio del grupo de análisis.

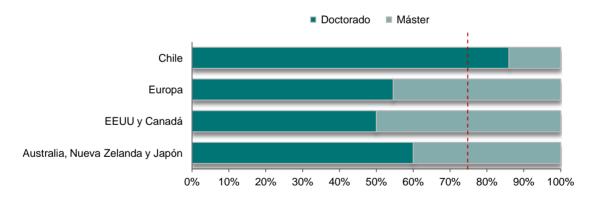


Figura 2.7. Distribución de profesionales en especialización según grado académico a obtener por país de localización del programa. Elaboración propia

Considerando sólo el caso de los profesionales que se están especializando en Chile, en la Figura 2.8 mostramos la distribución de los profesionales según institución de educación superior. De esta figura podemos comprobar que las universidades nacionales que más especialistas de alto nivel forman en materia de desastres naturales son la Universidad de Chile con un 38%, seguida por la Pontificia Universidad Católica de Chile con un 29%. Las otras universidades identificadas tienen una participación menor: cuatro de ellas (universidades de Concepción, de la Frontera, Católica del Norte y de Talca) acumulan un 23% de los profesionales en especialización en temas relacionados con desastres naturales, las cinco

restantes (de Antofagasta, Técnica Federico Santa María, Adolfo Ibáñez, Austral de Chile y Católica de Temuco) acumulan el 9% de los profesionales en formación.

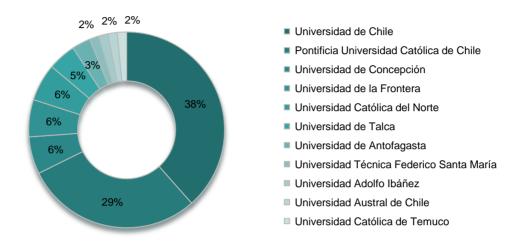


Figura 2.8. Distribución de profesionales especializándose en Chile en temas relacionados con desastres naturales, por universidad (N=99). Elaboración propia

En cuanto a la distribución de los profesionales en especialización según campo de conocimiento en los países de localización de los programas de postgrado, en la Figura 2.9 podemos observar que los que se están formando en Chile se distribuyen mayoritariamente en Ciencias Técnicas y Ciencias Naturales, al igual que aquellos especializándose en Europa. Cabe destacar que en el grupo de análisis no se identificaron profesionales especializándose en Ciencias Agrícolas en Europa en tanto que en Australia, Nueva Zelanda y Japón no se identificaron profesionales en especialización en Ciencias Sociales. EEUU y Canadá, en conjunto, muestran una distribución más homogénea entre los campos de conocimiento identificados, bajo la consideración de que la cantidad de profesionales en esos destinos es bastante menor que en Chile y Europa.

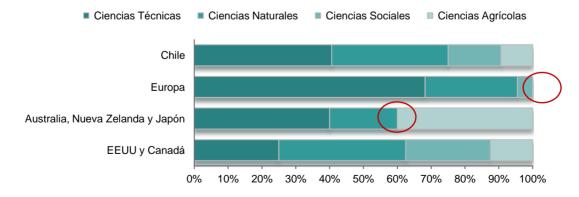


Figura 2.9. Distribución de profesionales en especialización por campo de conocimiento según Nivel 1 del sistema de clasificación ÖFOS 1, por país de localización del programa. Elaboración propia

Finalmente, en la Figura 2.10 presentamos la evolución de la distribución de profesionales que se graduarán entre 2016 y 2020 según área de especialización. De esta figura se puede comprobar que el año 2017 tiene un comportamiento atípico. Para los otros años se puede observar que la cuota de participación de los profesionales especializándose en Ciencias Agrícolas y Ciencias Sociales aumenta en tanto que la cuota de participación de los profesionales especializándose en Ciencias Naturales y Ciencias Técnicas disminuye. Sin embargo, en este último segmento, la cuota de participación de profesionales especializándose en Ciencias Técnicas aumenta, en tanto que la cuota de participación de profesionales especializándose en Ciencias Naturales disminuye. Este resultado no cambia si en el análisis sólo se consideran profesionales con Becas Chile.

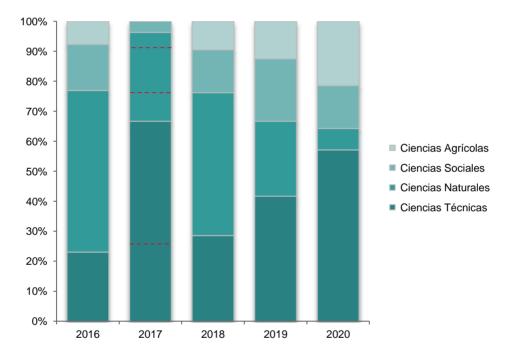


Figura 2.10. Distribución de profesionales en especialización según grado académico a alcanzar, por tipo de afiliación antes del inicio del programa. Elaboración propia

3 Capacidades científicas

En este capítulo presentamos y caracterizamos las capacidades científicas del país. La Sección 3.1 se enfoca en la producción científica de los investigadores en tanto que la Sección 3.2 cubre los programas de formación y especialización. El detalle de las herramientas, técnicas y métodos utilizados en la elaboración de los productos presentados a continuación se presenta en el Capítulo 1 del documento anexo al presente informe¹⁶.

3.1 Producción científica de los investigadores especialistas

A partir de la información recolectada desde publicaciones científicas, identificamos un total de 259 investigadores especialistas residentes en Chile con evidencia de realizar investigación en temas relacionados con los desastres naturales materia del presente estudio, a saber terremotos, tsunamis, erupciones volcánicas, remociones en masas, incendios, inundaciones y sequías. En total estos investigadores acumulan 399 publicaciones. De éstas, aquellas con indexación ISI representan el 83%. En esta sección presentamos la caracterización de estos resultados en términos de: 1) la producción científica propiamente tal y 2) el impacto científico de los autores respectivos.

_

Tal como hemos explicado en la Sección 1.2, en este contexto el término capacidades científicas se refiere a recursos que poseen los actores institucionales del país. De este modo, líneas de investigación, producción e impacto científico, así como programas de formación y especialización estrictamente no corresponden a capacidades en el sentido de recursos que poseen los actores institucionales para realizar actividades de investigación científica, desarrollo tecnológico y/o innovación, sin embargo, estas variables evidencian la existencia de capacidades científicas que poseen estos actores, y por ende su inclusión y análisis se consideraron relevantes para los fines de este trabajo.

1. Caracterización de la producción científica

Para caracterizar la producción científica de los investigadores especialistas del *Sistema Nacional de Innovación en materia de Desastres Naturales*, tomamos las 399 publicaciones identificadas para su análisis en términos de producción científica por: i) campo científico-tecnológico; ii) año de publicación y iii) autor. En base a esto, observamos la forma en que se distribuye y/o concentra esta producción dentro del SNI-DN.

CARACTERIZACIÓN DE LA PRODUCCIÓN POR CAMPO CIENTÍFICO-TECNOLÓGICO

Debido a que la mayor parte de la producción científica asociada al estudio de los desastres naturales, y por ende de los investigadores especialistas identificados, es de carácter multidisciplinar, obtenemos que para el total de publicaciones identificadas existe un total de 32 líneas de investigación diferentes, sin embargo, 12 de estas líneas caracterizan al 83% del total de publicaciones de los investigadores identificados, mientras que las 20 líneas de investigación especialistas restantes sólo caracterizan el 17% del total.

A continuación, presentamos la línea principal de investigación de los investigadores especialistas identificados, utilizando el Nivel 1 y el Nivel 4 del sistema de clasificación ÖFOS. Como podemos observar en la Figura 2.11 el campo más frecuente de las líneas de investigación principales de los investigadores especialistas residentes en Chile trabajando en el ámbito de los desastres naturales es Ciencias Naturales, concentrando un 28% del total de líneas de investigación. Por su parte, las Ciencias Técnicas aparecen en segundo lugar de relevancia, con una concentración del 23% de las líneas de investigación principales. En tercer lugar, observamos el campo de las Ciencias Sociales, con una participación del 18% del total de líneas de investigación principales, llamando la atención sobre la relevancia de los aspectos sociales a la hora de entender la resiliencia ante los desastres naturales. A este campo le sigue de cerca el de las Ciencias Agrícolas, con un 17% del total de líneas de investigación principales.

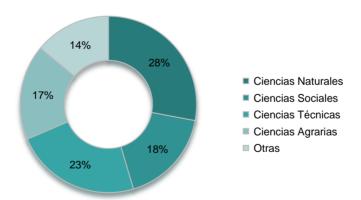


Figura 2.11. Cuota de participación del campo científico-tecnológico de la línea de investigación principal de los investigadores especialistas residentes en Chile en materia de desastres naturales, según Nivel 1 del sistema de clasificación ÖFOS. Elaboración propia

Como se podemos observar en la Figura 2.12, el área científico-tecnológica más frecuente de las líneas de investigación principales de los investigadores residentes en Chile trabajando en el ámbito de los desastres naturales es Geología y Mineralogía (1051), concentrando un 15% del total, seguida por de Inge-

niería Civil (2011) y Biología (1060) con un 9% sobre el total de las líneas de investigación. En un tercer grupo se encuentran Geografía Humana y Regional y la Planificación Regional (5070), la Geografía Física (1054) y la Ingeniería Geológica y Geotécnica (2072) cada una de ellas con una participación del 7%, evidenciando la importancia de la geografía y la planificación territorial a la hora de estudiar los desastres naturales. Luego, con un 4% de participación, encontramos la Hidrología (1053), la Meteorología y Climatología (1052) y la Silvicultura e Industria Maderera (4012) áreas que se dedican a estudiar el fenómeno físico del desastre, es decir, en el lado de la amenaza, y sus consecuencias. Finalmente destacan también la Psicología (5010), y la Medicina Clínica (3020), que cuentan con una participación del 3%, como áreas fundamentales para el estudio de la resiliencia y de la gestión del riesgo (sobre todo con foco en la vulnerabilidad), lo que se encuentra en sintonía y muy de la mano con la Mesa de Resiliencia de la Comisión para la Resiliencia ante a Desastres Naturales (CREDEN).

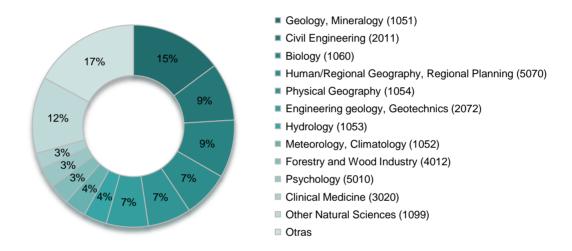


Figura 2.12. Cuota de participación del área científico-tecnológica de la línea de investigación principal de la producción científica de los investigadores especialistas residentes en Chile en materia de desastres naturales, según Nivel 4 del sistema de clasificación ÖFOS. Elaboración propia

Uno de los aspectos que podemos relevar de lo anterior es el peso que se evidencia por parte de las Ciencias Naturales dentro del estudio de los desastres naturales, las cuales se enfocan principalmente a estudiar los procesos físicos y las amenazas, teniendo a la geología y mineralogía como la principal área dentro de las líneas de investigación principales. Además, las Ciencias Técnicas también ocupan un lugar relevante, sobre todo la ingeniería civil, lo cual refleja el nivel de importancia que éstas tienen dentro de la producción científica nacional, así como su consolidación, siendo también relevantes como ciencias y las tecnologías afines para el estudio de los procesos físicos, así como el estudio del riesgo incorporando aspectos de la vulnerabilidad y las amenazas. Por otra parte, otro de los puntos que nos parecen rescatables es la relativa importancia que tienen las Ciencias Sociales, considerando que la psicología, la geografía humana y el urbanismo tienen un puesto de importancia dentro de la totalidad de áreas científicotecnológicas. Dentro de la categoría Otras también podemos encontrar áreas como la sociología, aunque con un nivel de desarrollo bastante menor en relación con el resto de lo presentado. Considerando esto, se evidencia cierta consolidación de las Ciencias Sociales dentro del estudio de los desastres naturales,

pasando de ser solo un aspecto emergente. Debemos reconocer que esto nos parece del todo relevante, considerando que la variable social resulta trascendental para entender de manera completa tanto la resiliencia como la vulnerabilidad. Por eso, vemos en su mayor espacio de desarrollo dentro del campo de los desastres naturales como una oportunidad a ser abordada a futuro, lo cual ha sido leído correctamente a través de las mesas de trabajo de la Comisión para la Resiliencia ante a Desastres Naturales (CREDEN).

Finalmente, otro de los aspectos a mencionar es el nivel de subdesarrollo para el estudio de los desastres naturales de áreas científico-tecnológicas que se asocian al abordaje de la emergencia, como por ejemplo en las Ciencias Médicas, cuya presencia es menor dentro de las líneas de investigación, pero que son un componente fundamental dentro de la taxonomía que hemos definido en base a los temas de investigación. Así mismo, la prevención y mitigación cuenta con poco abordaje desde el ámbito académico, mismo caso que la gestión del desastre y del riesgo de desastre. Por su parte, el bajo desarrollo de las Ciencias Humanas, particularmente la educación dentro de las líneas de investigación, vienen a llamar la atención sobre una serie de áreas científico-tecnológicas que tienen la capacidad y el potencial para convertirse en líneas de investigación emergentes en Chile, pero que no han alcanzado el desarrollo necesario que permitan involucrar a la academia en el estudio y comprensión de los desastres, así como en la construcción de un país cada vez más resiliente frente a éstos.

CARACTERIZACIÓN DE LA PRODUCCIÓN POR AÑO DE PUBLICACIÓN

Para caracterizar el total de publicaciones científicas identificadas (N=399), en la Figura 2.13 mostramos la evolución en el número de publicaciones durante los años de estudio considerado. Desde acá podemos observar un aumento en la producción científica en materia desastres naturales entre los años 2010 y 2012, para luego presentar una leve bajada en el tramo de años 2013 y 2014, subiendo nuevamente hasta el año 2015, alcanzando el máximo dentro de los años en estudio. El máximo número de publicaciones científicas se dio el año 2015 con 97 publicaciones, lo que representa un aumento de un 120% con respecto a la producción científica en materia de desastres naturales del año 2010, que fue de 44 publicaciones.

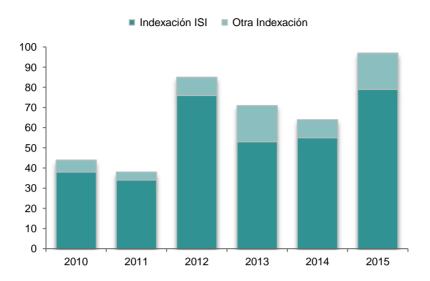


Figura 2.13. Número de publicaciones científicas, distribuidas tipo de indexación entre 2010 – 2015 (N=399). Elaboración propia

En base a la información de los años de las publicaciones científicas, observamos que existe una cierta causalidad entre la cantidad de publicaciones con la ocurrencia de algún tipo de desastre en el país: este es el caso para el aumento en publicaciones luego del año 2010, asociándose con el terremoto y tsunami del 27 de febrero del mismo año, mismo caso para el aumento en publicaciones en 2015, debido a importantes eventos, como el terremoto y tsunami de Iquique (2014), el gran incendio en Valparaíso (2014) y el terremoto y tsunami de Coquimbo (2015). Si bien existen otros fenómenos más persistentes y continuos durante los años (por ejemplo, la sequía), pareciera ser que, en base a la evidencia que rescatamos, eventos más extremos aumentan en mayores grados la producción científica.

CARACTERIZACIÓN DE LA PRODUCCIÓN POR AUTOR

Como parte de esta caracterización, también consideramos los investigadores especialistas de las publicaciones identificadas. En términos generales, los 259 investigadores identificados acumulan un total de 399 publicaciones científicas; si consideramos a cada publicación de manera independiente en base a su autoría, tenemos así un total de 693 asignaciones por autor a publicaciones científicas. Esto deja que, en promedio, un investigador tiene una producción cercana a los 3 artículos cada uno en el periodo 2010 – 2015, lo cual consideramos que es una producción de un nivel bajo, por significar menos de una publicación al año, en el periodo de años en análisis.

En lo que sigue, nos centramos en el desempeño del grupo de 25 investigadores especialistas que concentran cerca del 40% de las publicaciones identificadas del *Sistema Nacional de Innovación en materia de Desastres Naturales*. En la Figura 2.13 (a) mostramos la producción científica de estos autores en el periodo 2010 – 2015, mientras que en la Figura 2.13 (b) mostramos los tipos de desastres naturales en los que estos se especializan. Al analizar la producción promedio de este grupo, en comparación con el resto, observamos que la diferencia es significativa: los 25 autores principales tienen una producción promedio de 10 publicaciones cada uno, mientras que los otros 234 autores tienen una producción promedio de 1,7 publicaciones en el periodo 2010 – 2015.

Otro de los aspectos relevantes de observar es el tipo de fenómeno en el cual se enfoca la producción científica de los principales investigadores identificados. Acá observamos que la mayoría de los principales investigadores identificados publican trabaios relacionados con los terremotos, representando esta temática un 69% del total de publicaciones de los investigadores especialistas mencionados. Además, un total de 11 de los 25 investigadores principales concentran su producción científica en más de un 80% en este fenómeno. En segundo lugar, aunque con menor relevancia que el caso de los terremotos, se encuentran aquellos trabajos dedicados al estudio de los tsunamis, representando poco más del 10% del total de publicaciones de los 25 investigadores principales. Dentro de estos, los investigadores especialistas que destacan son tres: Rafael Aránquiz, con un 75% de su producción científica asociada al estudio de los tsunamis, Marco Cisternas, con un 47%, y Mario Pino, con un 25%. En tercer lugar, se encuentra la temática de las erupciones volcánicas, representando un 9% del total de publicaciones de los 25 investigadores principales. Los investigadores especialistas que concentran parte importante de su producción al estudio de este fenómeno son Álvaro Amigo y Jorge Clavero, ambos con un 86% de su producción científica asociada a las erupciones volcánicas, y Luis Lara, con un 73%. Finalmente, también destacamos la resiliencia, como temática de estudio que se encuentra en el cuarto lugar respecto a aquellas con mayor relevancia sobre el total de publicaciones, concentrando un 7% de las realizadas por los 25 investigadores principales. Si bien, por si sola, no es la temática de estudio principal en ninguno de los 25 investigadores principales, vale destacar su presencia, así como la producción destacada de dos investigadores especialistas: Marcelo Leiva, quien concentra un 40% de su producción esta temática, y Rafael Aránguiz, con un 25%.

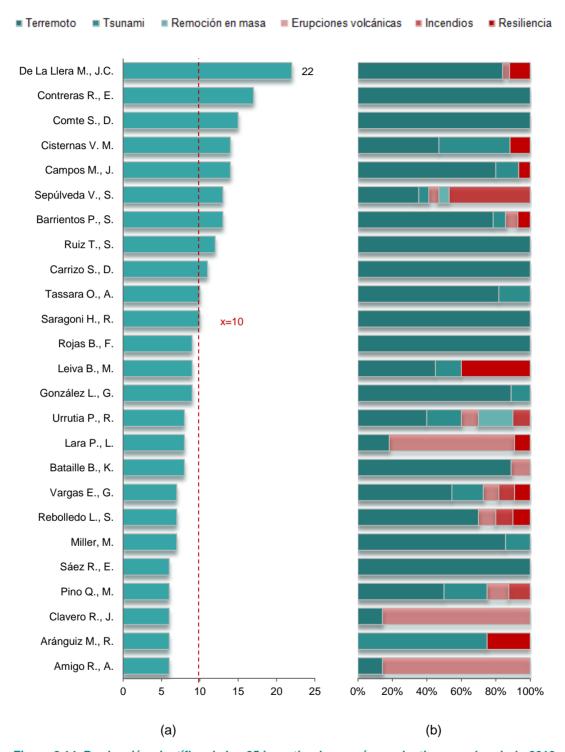


Figura 2.14. Producción científica de los 25 investigadores más productivos en el periodo 2010 – 2015 por: (a) Publicaciones, (b) Publicaciones por tipo de desastres en estudio. Elaboración propia

En síntesis, en forma individual, la producción científica de aproximadamente el 75% de los investigadores especialistas está focalizada en uno o dos tipos de fenómenos naturales. Esta tendencia nos da evidencia de que la mayoría de los investigadores especialistas tiende a utilizar una estrategia de nicho en su producción, concentrándose en algún tipo de fenómeno y especializando su producción científica dentro de estos. Dentro de este escenario, existen unos pocos investigadores especialistas, menos del 25%, que se diferencian del resto ya que abordan diversos fenómenos naturales en su producción científica. Una explicación posible para estos casos es la necesidad de generar asociaciones y/o comparaciones en el trabajo científico, principalmente en el campo de las ciencias naturales, particularmente en el área de las ciencias de la tierra, en donde las competencias desarrolladas pueden ser utilizadas para estudiar diversos fenómenos.

Otros aspectos relevantes de analizar referido a la producción científica por autor, es la afiliación de los investigadores especialistas identificados en el SNI-DN, así como su distribución geográfica.

Un primer acercamiento está relacionado con las instituciones que acogen a los investigadores del *Sistema Nacional de Innovación en materia de Desastres Naturales*, observando así cuáles son las más destacadas a nivel nacional. De la Figura 2.15 podemos verificar que un total de 10 instituciones concentra el 83% del total de producción científica en el periodo en estudio. Además, vemos claramente que, de estas 10 entidades, 3 concentran la mayor parte de producción científica del SNI-DN, con la Universidad de Chile teniendo un total de 228 publicaciones (33%), la Pontifica Universidad de Chile con un total de 118 publicaciones (17%), y la Universidad de Concepción con un total de 99 publicaciones (14%).

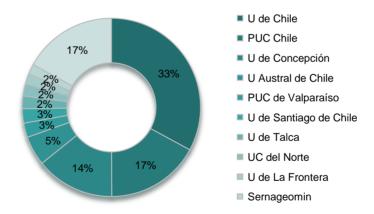


Figura 2.15. Cuotas de participación de las entidades a las que están afiliados los autores de las publicaciones científicas identificadas en el periodo 2010 – 2015. Elaboración propia

Los resultados mostrados en el gráfico anterior son, a primera vista, esperados; las instituciones con la mayor producción científica son en su mayoría universidades de investigación tradicionales. Pese a ello, nos preguntamos si existe una variable que permita explicar estos resultados en forma más sistemática. En la Figura 2.16 (a) mostramos la relación entre el número de publicaciones y el número de doctorados por entidad. De acá es posible confirmar que la correlación mencionada es tan alta, que el número de doctorados en una entidad explica en un 99% el número de publicaciones. Además, también es posible observar que la relación entre las variables no es lineal: entidades con menos de diez investigadores es-

pecialistas presentan prácticamente el mismo nivel de producción científica, sin embargo, a partir de una determinada masa crítica de investigadores especialistas la producción científica aumenta en forma sobreproporcional. En este contexto, el número de investigadores con grado de doctor en una entidad está altamente correlacionado con el número total de investigadores en ella (R²=0,99), de modo que la producción científica también se podría explicar simplemente por la cantidad de investigadores. Sin embargo, como es posible apreciar en la Figura 2.16 (b) el número de investigadores con doctorado permite explicar mejor las diferencias en producción científica para el caso de entidades con un número similar de investigadores, como en el caso de la Universidad Austral de Chile versus la Universidad de Talca.

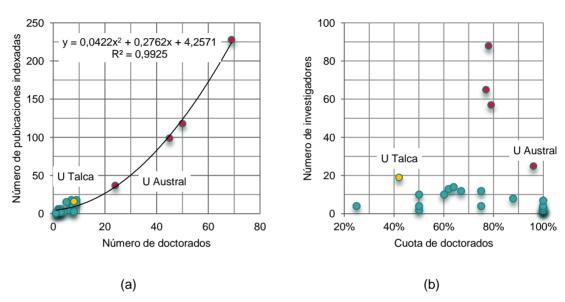


Figura 2.16. a) Modelo de regresión lineal para explicar la producción científica, (b) Categorías de entidades según número de investigadores y cuota de doctorados (b) Elaboración propia

Para complementar la información anterior también podemos observar la distribución regional de los autores de las publicaciones científicas identificadas. Como mostramos en la Figura 2.17 (a), queda clara la relevancia de dos regiones por sobre las demás: la Región Metropolitana es en la cual se concentra la mayor cantidad de producción científica, con un total de 422 publicaciones científicas con autores en esta región, es decir, por sí sola, concentra un 61% de la producción científica del país. Por su parte, la Región del Biobío, aunque a mucha distancia de la Región Metropolitana, también tiene un lugar destacado dentro del escenario nacional, con un total de 127 publicaciones científicas con autores en esta región, concentrando así un 18% de la producción nacional. Sin embargo, a partir de la Figura 2.17 (b), podemos observar que al considerar la producción científica por millón de habitantes destaca la Región de los Ríos con 98 publicaciones científicas con autores en esta región por millón de habitantes. Le siguen las regiones del Biobío y Metropolitana con 60 y 57 publicaciones científicas con autores en esta región por millón de habitantes.

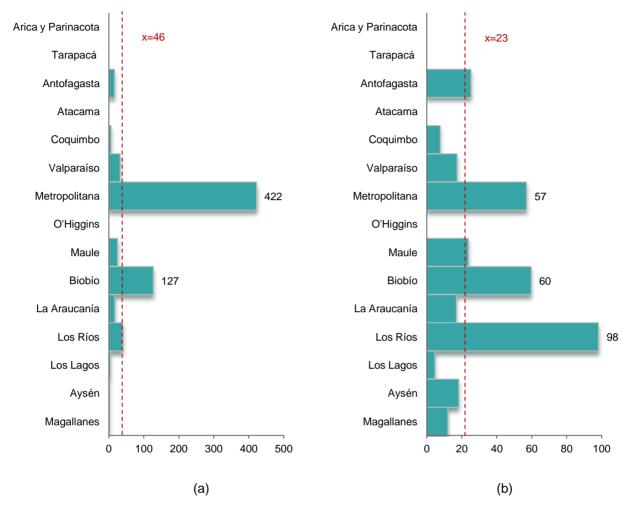


Figura 2.17. Distribución regional de publicaciones científicas de los investigadores con mayor producción en el periodo 2010 – 2015: a) cantidad absoluta, (b) cantidad por millón de habitantes. Elaboración propia

2. Impacto científico de los investigadores especialistas

En conjunto con lo anterior, otra dimensión relevante para la caracterización de la producción científica de los investigadores identificados del *Sistema Nacional de Innovación en materia de Desastres Naturales,* es el impacto científico que han alcanzado estos investigadores con sus publicaciones. Para ello analizamos como indicadores el Impacto por Publicación (IPP), así como el número de citaciones que alcanzan sus publicaciones.

IMPACTO POR PUBLICACIÓN

El Impacto por Publicación (IPP) depende de las revistas en las cuales hayan publicado los investigadores identificados. En la Figura 2.18 presentamos aquellas revistas que cuentan con el mayor indicador de impacto (IPP) entre las que publican los investigadores residentes en Chile. Desde acá podemos observar que de las 8 principales revistas, la gran mayoría se encuentra dentro de las Ciencias Naturales, mientras que algunas clasificarían dentro de las Ciencias Técnicas. Además, también observamos que solo dos de estas revistas poseen un indicador elevado (Nature, con un IPP de 32,08; y Science, con un IPP de 26,39), seguida por una que cuenta con un indicador por sobre 10 (Nature Geoscience). El resto de estas revistas con mayor impacto se concentra entre el indicador 7,46 y el 5,05, mientras que las que quedan fuera de este listado llegan hasta el valor 0.

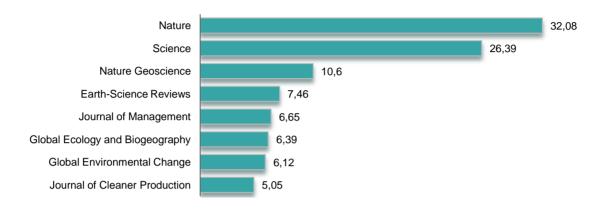


Figura 2.18. Revistas con mayor indicador de impacto (IPP) en las que publican los investigadores identificados. Elaboración propia

CITACIONES POR AUTOR

Otro indicador importante para medir el impacto científico de los investigadores especialistas del *Sistema Nacional de Innovación en materia de Desastres Naturales* por sus publicaciones directamente relacionadas con el estudio de los desastres naturales, es la cantidad de citas que tienen en el tramo de años en estudio. Mientras mayor es el número de citas que tiene un trabajo, mayor es el impacto de este.

A modo general, los 259 investigadores especialistas identificados concentran un total de 6.368 citaciones, lo que deja en promedio por cada investigador 25 citaciones. Concentrándonos en los 25 investigadores con mayor producción científica, observamos que la diferencia es significativa: los 25 investigadores principales acumulan el 65% de las citaciones, mientras que los otros 234 autores acumulan el 35%.

Para analizar el impacto científico en la Figura 2.19 (a) mostramos el Impacto por Publicación agregado, en tanto que en la Figura 2.19 (b) mostramos las citaciones agregadas de las publicaciones de los 25 investigadores con mayor producción científica presentados anteriormente. Solo identificamos 3 investigadores con un impacto agregado sobre 80 puntos en la suma de Impacto por Publicación; un grupo compuesto por 6 investigadores que tienen un puntaje sobre 40 hasta 80 puntos en la suma de Impacto por Publicación; finalmente un grupo de bajo impacto compuesto por 16 investigadores, con menos de 40 puntos en la suma de Impacto por Publicación.

Con respecto a las citaciones, identificamos un primer grupo que concentra más de 200 citaciones cada uno, en donde se identifican 5 investigadores, de los cuales dos destacan de sobremanera por concentrar más de 400 citas; un segundo grupo compuesto por aquellos que concentran entre 100 y 200 citaciones, compuesto por un total de 6 investigadores; y un tercer grupo compuesto por aquellos que concentran menos de 100 citaciones, alcanzando un total de 14 investigadores. En términos generales, tanto en relación con el impacto agregado y las citaciones de la producción científica, observamos un escenario bastante concentrado.

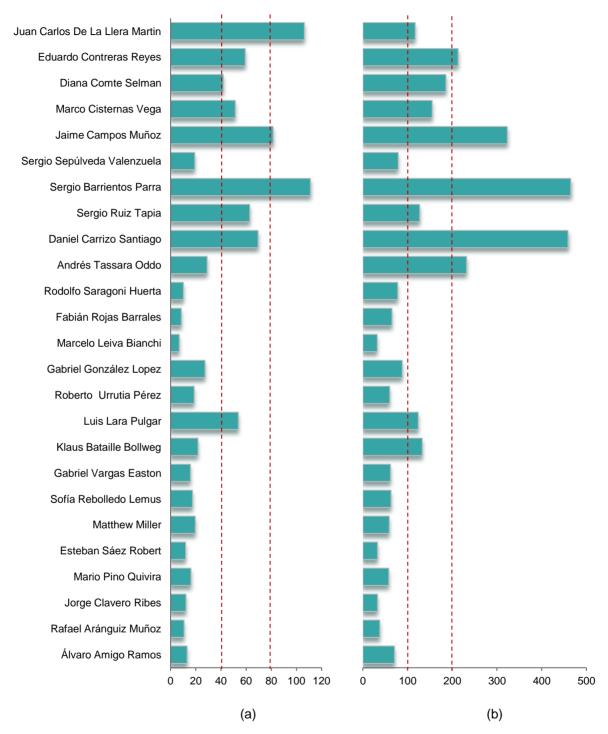


Figura 2.19. Impacto científico de los 25 investigadores con mayor producción científica en el periodo 2010 – 2015, según: (a) Impacto agregado de publicaciones; (b) Citaciones agregadas de publicaciones. Elaboración propia

En la Figura 2.20 mostramos en el eje de las abscisas el Impacto por Publicación de investigadores en tanto que en el eje de las ordenadas las citaciones recibidas por los autores; el tamaño de los círculos está dado por la producción del autor: mientras más grande el circulo mayor cantidad de publicaciones científicas del investigador. En el caso de la Figura 2.20 (a) los datos son los agregados por autor en tanto que en la Figura 2.20 (b) los datos son los promedios por autor. En este contexto es importante mencionar que la naturaleza de los indicadores anteriores es diferente: el Impacto por Publicación refiere a las revistas en donde publican los investigadores, en tanto que las citaciones se refieren a la recepción en la comunidad científica de las publicaciones de un investigador.

De esta forma, un elemento identificable en estos gráficos es la relación directa existente entre citas recibidas y el Impacto por Publicación: en la medida en que los trabajos científicos se publican en revistas de mayor impacto, hay más citaciones por autor. Esto se puede explicar, primero porque el impacto de las revistas es calculado en base a las citaciones que reciben los artículos publicados en ellas, y segundo porque al publicar en estas revistas también se goza de mayor visibilidad. Sin embargo en ambos casos el Impacto por Publicación no explica aproximadamente un 45% de la variabilidad del número de citaciones, con casos que se alejan bastante del valor esperado. Este es el caso de un investigador que cuenta con una alta producción científica, un alto impacto agregado pero un bajo nivel de citaciones agregadas; es decir, cuenta con publicaciones científicas de una calidad necesaria para ser publicada en revistas de alto impacto, pero su recepción es menor en la medida en que cuenta con bajas citaciones. Así también, encontramos un investigador que cuenta con un nivel medio de producción científica, un alto impacto agregado y un nivel alto de citaciones agregadas, es decir, a pesar de contar con un número menor que otros investigadores, dichas publicaciones son de la calidad requerida para ser publicadas en revistas de alto impacto científico, y estas son recepcionadas de manera importante por la comunidad científica a través de las citaciones recibidas. De manera hipotética, el primer caso se podría explicar por un alto nivel de especialización en los temas abordados en las publicaciones, en tanto que el segundo caso se podría explicar en base al trabajo sobre los temas en boga, así como a la trayectoria del investigador. Sin embargo, la identificación de las causas definitivas de estos casos particulares escapa el alcance del presente estudio.

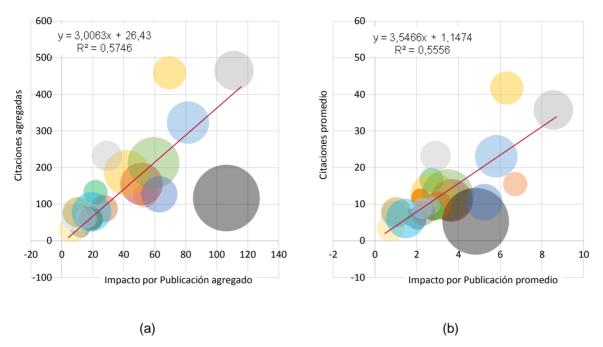


Figura 2.20. Distribución de los 25 principales investigadores con mayor producción científica según Impacto por Publicación vs citaciones: a) datos agregados, (b) datos promedio, 2010 – 2015. Elaboración propia

Otro aspecto relevante de analizar referido al impacto científico por autor, es el desempeño de las entidades a las están afiliadas los investigadores especialistas identificados en el *Sistema Nacional de Innovación en materia de Desastres Naturales.* En la Figura 2.21 podemos observar el Impacto por Publicación y el número de citaciones de las 10 entidades con mayor producción científica a nivel nacional. De la Figura 2.21 (a) podemos verificar que de estas 10 instituciones, la Universidad de Chile es la que acumula publicaciones con mayor Impacto por Publicación y el mayor número de citaciones; le siguen bastante más abajo la Universidad de Concepción y la Pontifica Universidad Católica de Chile en una situación similar, sólo que el trabajo científico acumulado de la primera es publicado en revistas de menos impacto, sin embargo tiene más citaciones; en tanto que la trabajo científico acumulado de la segunda institución es publicado en revistas de más impacto, sin embargo tiene menos citaciones. El resto de las entidades tiene un desempeño bastante más bajo.

Por otra parte, en la Figura 2.21 (a) podemos observar el Impacto por Publicación promedio y el número de citaciones promedio de la producción científica de las 10 entidades con mayor producción científica a nivel nacional. En este gráfico podemos ver que la situación anterior cambia radicalmente para algunas entidades. Por ejemplo, Senageomin es la entidad con mayor Impacto por Publicación promedio y con un alto número de citaciones promedio; sólo es superado por la Universidad de Chile, que tiene más citaciones promedio, pero un menor Impacto por Publicaciones promedio. Dentro de las 10 entidades con mayor producción científica a nivel nacional, el grupo de universidades que tienen un desempeño medio-alto en cuanto a estos dos indicadores se encuentran la Universidad Católica del Norte, la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, la Universidad de Concepción y la Universidad Austral de Chile. En el grupo de universidades con un desempeño medio-bajo en cuanto a Impacto por Publicación promedio y número de

citaciones promedio se encuentran la Universidad de Talca, Universidad de la Frontera y Universidad de Santiago. La Pontificia Universidad Católica de Chile se encuentra en una situación intermedia, ya que en promedio tiene un mayor Impacto por Citaciones que la Universidad de Concepción y la Universidad Austral de Chile, sin embargo tiene un número de citaciones promedio bastante menor.

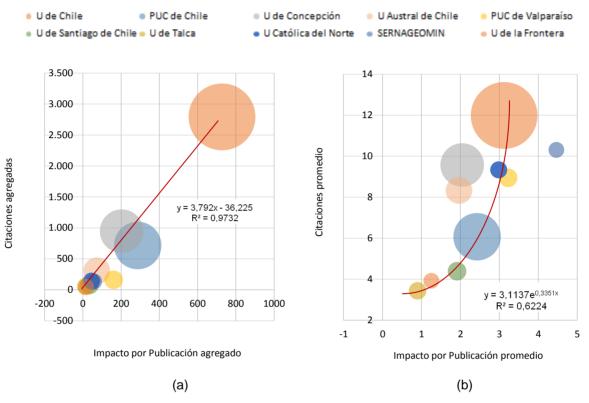


Figura 2.21. Distribución de las 10 entidades con los investigadores con mayor producción científica según Impacto por Publicación vs citaciones: a) datos agregados, (b) datos promedio, 2010 – 2015. Elaboración propia

3.2 Programas de formación y especialización

A partir de la revisión de fuentes secundarias de información encontramos doce programas de formación y especialización directamente relacionados con los desastres naturales de interés para el presente estudio: un programa de formación conducente al título de técnico superior, siete programas de diplomado, dos programas de postítulo y sólo dos programas de máster. Salvo un programa de postítulo impartido en la Región del Biobío, el resto de los programas se imparten en la Región Metropolitana. Cabe destacar que tres programas son impartidos por instituciones relacionadas con el Ministerio de Defensa. En la Tabla 2.1 sintetizamos la información sobre estos programas.

Tabla 2.1. Programas de formación y especialización directamente relacionados con los desastres naturales de interés para el presente estudio

Nivel	Institución	Programa		
Técnico Superior	IP Vertical	Gestión de riesgos y desastres naturales y medioambientales		
Postítulo	U de Chile	Vulnerabilidades ante desastres socionaturales		
Postítulo	U del Bío-Bío	Análisis y diseño sísmico de edificios de hormigón armado		
Diplomado	U del Desarrollo	Gestión del riesgo en emergencias y desastres sanitarios		
Diplomado	U de Chile	Gestión para la reducción del riesgo de desastres		
Diplomado	PUC de Chile	Reducción del riesgo de desastres: prevención y gestión		
Diplomado	U Bernardo O'Higgins	Gestión de riesgos de desastres		
Diplomado	ANEPE	La seguridad y defensa en la gestión del riesgo de desastres		
Diplomado	U de Chile	Sismología		
Diplomado	U de Chile	Ingeniería estructural y diseño sísmico		
Máster	Academia de Guerra	Planificación y gestión del riesgo de desastres		
Máster	U de Chile	Ciencias de la ingeniería m/ sísmica		

Elaboración propia

Junto a lo anterior, identificamos 1.193 programas de formación y especialización impartidos por universidades, institutos profesionales y centros de formación técnica en Chile que son habilitantes para el estudio de desastres naturales (específicamente terremotos, tsunamis, erupciones volcánicas, remociones en masas, incendios, inundaciones y sequías). En este contexto, usamos el término *habilitantes* para enfatizar que estos programas se imparten conocimientos relacionados con desastres naturales sin que esto necesariamente implique que sus egresados tengan que desempeñarse laboralmente en este ámbito. Las variables que utilizamos para caracterizar estos programas son las siguientes:

- > Título y/o grado a obtener en el programa
- > Tipo de institución que ofrece el programa
- > Campo y área del programa
- Dimensión principal de estudio de los desastres naturales del programa
- Tipo de desastre natural vinculado al programa
- Localización de la institución que ofrece el programa.

Del total de programas habilitantes para el estudio de los desastres naturales, el 33% corresponde a programas de formación de técnicos superiores, seguidos de programas de formación de profesionales con licenciatura (29%) y programas de formación Profesional sin licenciatura (22%), como podemos observar en la Figura 2.22 (a). En contraste, los programas habilitantes que tienen una menor participación son los de especialización conducentes a doctorado/máster (14%) y diplomado/postítulo (2%).

El 60% de los programas se imparte en Universidades, mientras que los Institutos profesionales y Centros de Formación Técnica tienen una participación menor, de un 29% y 11%, respectivamente, como mostramos en la Figura 2.22 (b). En este contexto cabe destacar que aun cuando las universidades se especializan en programas de formación de profesionales con licenciatura y programas de especialización de diplomado/postítulo, máster y doctorado, existen universidades que ofrecen programas de formación de profesionales sin licenciatura y de técnicos superiores. Del mismo modo existen institutos profesionales que ofrecen tanto programas de formación de profesionales sin licenciatura como programas de formación de técnicos superiores.

Con respecto a la categorización de los programas de formación y especialización según campos de conocimiento de acuerdo al Nivel 1 del sistema de clasificación ÖFOS, en la Figura 2.22 (c) podemos observar que los programas se concentran principalmente en Ciencias Técnicas y Ciencias Sociales, con el 41% y 31%, respectivamente; mientras que un 24% de los programas identificados se relaciona con Ciencias Naturales. El resto se relaciona con Ciencias Agrícolas, con sólo un 4% de participación; Ciencias de la Salud y Ciencias de la Educación tienen participaciones marginales.

En cuanto a la clasificación de los programas según la principal dimensión de estudio de los desastres naturales, en la Figura 2.22 (d) observamos que un 50% de los programas identificados habilita para estudiar la resiliencia ante estos eventos, por ejemplo, Arquitectura, Geografía y Psicología. En tanto, un 38% de los programas imparte conocimientos en alguna ciencia y/o tecnología afín relevante para el estudio de desastres naturales. En esta categoría se encuentran programas de formación tales como Ingeniería Civil Matemática y Licenciatura en Física. Finalmente, el 12% de los programas identificados habilita para estudiar los fenómenos que originan los desastres naturales relevantes, por ejemplo: Geofísica, Magíster en Ciencias mención Recursos Hídricos.

Con respecto al tipo de desastre que se puede abordar con los programas de formación y especialización identificados, la Figura 2.22 (e) muestra que el 47% de los programas permite abordar más de un tipo de desastre natural. Luego tipos de desastres individuales tales como inundaciones (15%), terremotos (13%), tsunamis (11%), remoción en masa (5%), sequía (4%), e incendios (3%). Finalmente, solo un 2% de los programas identificados habilita para estudiar las erupciones volcánicas, situación a considerar teniendo en cuenta la alta actividad volcánica del país.

Finalmente, en la Figura 2.22 (f) mostramos la distribución geográfica de los programas de formación y especialización identificados. Esta figura revela que la Región Metropolitana concentra el 36% de los programas; la macrozona centro sur (desde la Región de Valparaíso hasta la Región del Biobío) acumula un 35% de estos actores y que las macrozonas norte (desde Arica y Parinacota hasta Coquimbo) y suraustral (desde Araucanía hasta Magallanes) sólo concentran un 16% y 13% respectivamente de los programas habilitantes para el estudio de los desastres naturales.

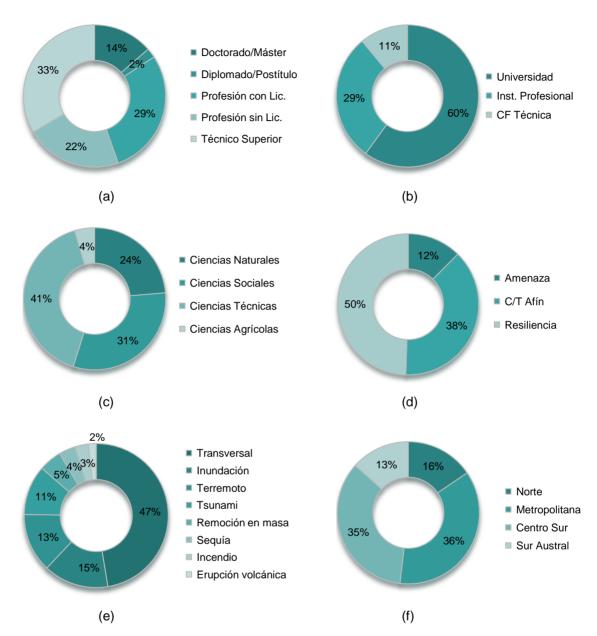


Figura 2.22. Caracterización de programas de formación y especialización habilitantes para el estudio de desastres naturales en Chile, según (a) nivel del programa, (b) tipo de institución, (c) campo de conocimiento, (d) dimensión principal de estudio, (e) tipo de desastre y (f) macrozona.

Elaboración propia

Al igual que los especialistas en materia de desastres naturales, los programas identificados se distribuyen en las regiones de Chile con un patrón similar al de la población nacional, como se puede verificar en la Figura 2.23 (a). Las regiones Metropolitana (35%), de Valparaíso (14%) y del Biobío (14%) concentran un 63% de estos programas. Observamos que en las regiones extremas del norte y sur del país se imparten relativamente pocos programas habilitantes para el estudio de los desastres naturales y que las regiones de O'Higgins y Maule muestran una situación de rezago.

Al analizar el número de programas de formación y especialización por millón de habitantes podemos observar una situación más homogénea; particularmente lo que refiere a programas de formación de profesionales con/sin licenciatura y técnicos superiores. Pese a ello, como se muestra en la Figura 2.23 (b), existen regiones con pocos programas de formación o especialización por habitantes para el estudio de los desastres naturales, junto a O'Higgins y Maule también destaca negativamente Los Lagos.

Junto a lo anterior, de la Figura 2.23 (a), podemos comprobar que la concentración de programas de doctorado, máster y diplomado/postítulo en las regiones Metropolitana, del Biobío y Valparaíso, es aún mayor, acumulando más del 85% de éstos; cinco regiones acumulan el 15% restante, en tanto que en siete regiones no existen programas de especialización. Observamos que las regiones mejor posicionadas pueden explicar sus resultados en función del nivel de investigación de sus principales universidades. En efecto, en las regiones Metropolitana, de Valparaíso, del Biobío y de Los Ríos, se localizan algunas de las mejores universidades de investigación a nivel nacional, tales como la Universidad de Chile, la Pontificia Universidad Católica de Chile, la Universidad de Concepción, la Universidad Técnica Federico Santa María y la Universidad Austral de Chile. En la lista de este tipo de universidades también destacan instituciones pertenecientes a la Región de La Araucanía y Maule, como la Universidad de La Frontera y la Universidad de Talca; sin embargo, éstas tienen un menor número de programas de doctorado/máster habilitantes para el estudio de desastres naturales por habitantes. En este contexto se podría pensar que las universidades en estas regiones focalizan sus programas de doctorado en otros ámbitos de estudio.

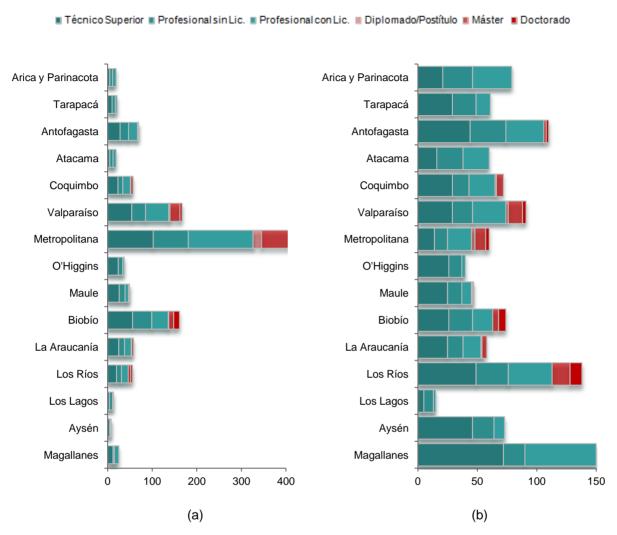


Figura 2.23. Distribución de programas de formación y especialización habilitantes para el estudio de desastres naturales en Chile, según su localización: (a) cantidad de programas, (b) cantidad de programas por millón de habitantes. Elaboración propia

A partir de la Figura 2.23 (b) también es posible visualizar que el número de programas de doctorado, máster y diplomado/postítulo per cápita en la Región de los Ríos es mayor y que en las regiones del Biobío y de Valparaíso es similar a la Región Metropolitana; pese a ello, tal como mostramos en la Sección 2.2, el número de profesionales en especialización en la Región Metropolitana es considerablemente mayor. A partir de lo anterior podemos inferir que esta concentración se debe a factores tales como producción e impacto científico, prestigio, etc. de las universidades de Chile y Pontificia Católica de Chile, y en muchos casos a la presencia de efectos de acumulación (las instituciones que tienen más estudiantes de doctorado).

Por otra parte, es importante analizar la distribución regional de los programas de formación y especialización por tipo de desastre. En la Figura 2.24 (a) podemos observar que en cinco regiones del país existen programas de formación y especialización que imparten conocimientos habilitantes para el estudio de

todos los tipos de desastres naturales de interés para el presente estudio, a saber Coquimbo, Valparaíso, Metropolitana, Biobío y Los Ríos; también es cierto que existen regiones con evidentes brechas, por ejemplo, en O'Higgins, Maule y La Araucanía no identificamos programas habilitantes para el estudio de erupciones volcánicas; en Los Lagos y Aysén no identificamos programas habilitantes para el estudio de incendios forestales; en Arica y Parinacota, Tarapacá y Antofagasta no identificamos programas habilitantes para el estudio de sequías.

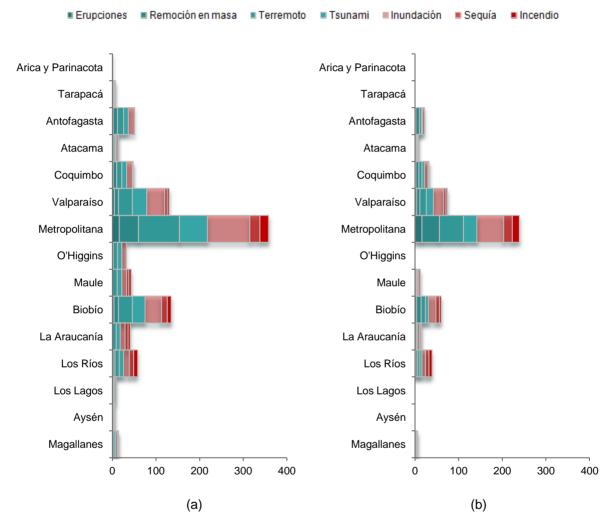


Figura 2.24. Distribución de programas habilitantes para el estudio de desastres naturales en Chile, según tipo de desastre, (a) programas de formación y especialización, b) sólo programas de especialización. Elaboración propia

Las brechas anteriormente mencionadas se acentúan si consideramos exclusivamente los programas conducentes a grados académicos (licenciado, máster, doctorado), es decir, aquellos que son el fundamento para la generación de conocimiento científico y el desarrollo tecnológico, como podemos apreciar en la Figura 2.24 (b). En este caso tenemos cinco regiones del país que no tienen programas que impar-

ten conocimientos habilitantes para el estudio de alguno de los desastres naturales de interés para el presente estudio, a saber, Arica y Parinacota, Tarapacá, O'Higgins, Los Lagos y Aysén.

Al comienzo de esta sección mostramos que prácticamente la mitad de los programas identificados no está vinculada con un tipo de desastre natural específico. Dejando de lado estos programas que denominamos transversales, en la Figura 2.25 mostramos la relación entre programas de formación y especialización por nivel del programa y tipo de desastre vinculado. De acá podemos ver que en cada uno de los niveles de programas la gran mayoría de los programas respectivos está vinculada con terremotos, tsunamis e inundaciones; lo cual está en línea con los desastres con mayor impacto a nivel nacional en el último siglo¹⁷. Sequías e incendios se tratan en todos los niveles de programas, sin embargo, la cuota de participación de estos programas es menor, al menos en los programas de formación de técnicos superiores y profesionales con y sin licenciatura. Lo mismo sucede con erupciones volcánicas y remoción en masa, aun cuando para estos tipos de desastres no existen programas de formación de técnicos superiores.

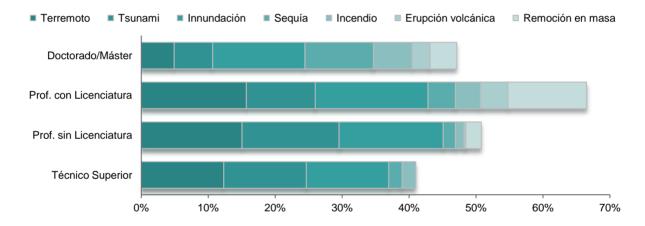


Figura 2.25. Distribución de programas de formación y especialización relacionados con desastres naturales por nivel del programa, según tipo de desastre vinculado al programa.

Elaboración propia

En cuanto a la distribución de programas de formación y especialización por nivel del programa y campos de conocimiento (Nivel 1 de sistema de clasificación ÖFOS), en la Figura 2.26 podemos observar que la participación de programas habilitantes en Ciencias Naturales y Ciencias Agrícolas aumenta con el nivel del programa, es decir, es menor en programas de formación de técnicos superiores y mayor en programas de doctorado. Los programas habilitantes en Ciencias Técnicas, por su parte, son más comunes en los programas de formación de profesionales con y sin licenciatura, lo que es plausible, ya que en estas categorías se encuentra un gran número de ingenierías de ejecución y civiles. Por su parte, en las Ciencias Sociales la participación de programas habilitantes disminuye con el nivel del programa, hasta el nivel de profesionales con licenciatura, para luego ser tan relevantes en los programas de máster y doctorado como los programas en Ciencias Técnicas.

¹⁷ EM-DAT The International Disaster Database (2016)

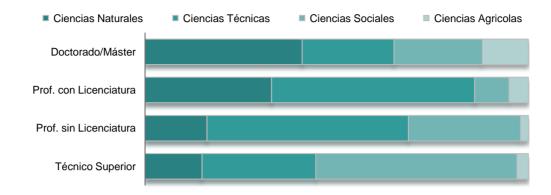


Figura 2.26. Distribución de programas de formación y especialización por nivel del programa, según el Nivel 1 del sistema de clasificación ÖFOS. Elaboración propia

Para finalizar esta sección, en la Figura 2.27 sintetizamos la distribución de áreas de conocimiento según el Nivel 4 del sistema de clasificación ÖFOS en las que se desenvuelven los programas de formación y especialización habilitantes identificados para programas postgrado (doctorado/máster), programas de formación de profesionales con y sin licenciatura así como para programas de formación de técnicos profesionales. De la figura mencionada podemos observar que los programas de formación de técnicos superiores que hemos considerado habilitantes para el estudio de los desastres naturales se enfocan en seis áreas del conocimiento. A medida que el nivel de los programas sube, observamos que éstos tienen más áreas de especialización. En el caso de los programas de formación de profesionales sin licenciatura cubren trece áreas del conocimiento, los programas de formación de profesionales con licenciatura abarcan 21 áreas del conocimiento, en tanto que los programas de postgrado habilitantes para el estudio de los desastres naturales cubren 28 áreas del conocimiento científico-tecnológico.

A modo de ejemplo, en la Tabla 4.2 mostramos una selección de programas de formación y especialización con las respectivas instituciones que los imparten, la principal dimensión de estudio de los desastres naturales que pueden abordar, así como el tipo de desastre natural relevante asociado. La selección de los ejemplos se sustenta en el criterio de máxima variabilidad, eligiendo de esta forma programas que muestren diversas combinaciones de las variables presentadas

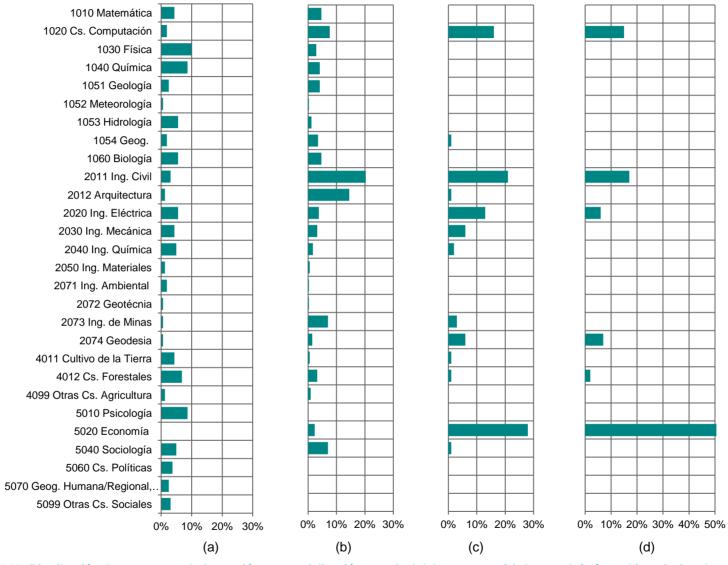


Figura 2.27. Distribución de programas de formación y especialización por nivel del programa: (a) doctorado/máster, b) profesional con licenciatura, (c) profesional sin licenciatura, (d) técnico superior. Elaboración propia

Tabla 4.2. Ejemplos de programas de formación y especialización habilitantes para el estudio de desastres naturales

Categoría	Programa	Institución	Dimensión principal	Tipo de desastre
Doctorado	Cs. Forestales	U de Concepción	Amenaza	Sequía, Incendio
Doctorado	Cs. m. Geología	UC del Norte	Amenaza	Erupción volcánica, Terremoto, Inundación
Doctorado	Sociología	U Alberto Hurtado	Resiliencia	Transversal
Magíster	Cs. de la Ing. m. Geotécnica	U de Chile	Ciencia/Tecnología afín	Remoción en masa, Tsunami, Terremoto
Magíster	Gestión en Desarrollo Sustentable	UC de Temuco	Resiliencia	Transversal
Magíster	Manejo y Gestión Ambiental	U Santo Tomás	Amenaza	Transversal
Magíster	Oceanografía	U. Valparaíso	Amenaza	Inundación, Tsunami
Profesional c/ Lic.	Arquitectura	U de Aconcagua	Resiliencia	Transversal
Profesional c/ Lic.	Geología	U de Chile	Amenaza	Inundación, Erupción volcánica, Terremoto
Profesional c/ Lic.	Ing. Civil Oceánica	U de Valparaíso	Amenaza	Tsunami, Inundación
Profesional c/ Lic.	Ing. en Conservación de RRNN	U Austral de Chile	Amenaza	Transversal
Profesional c/ Lic.	Ing. en Minas	U de Atacama	Ciencia/Tecnología afín	Remoción en masa
Profesional c/ Lic.	Ing. Forestal	U Santo Tomás	Amenaza	Sequía, Incendio
Profesional s/ Lic.	Construcción Civil	IP Los Lagos	Resiliencia	Inundación, Terremoto, Tsunami
Profesional s/ Lic.	Geografía	IP de Los Andes	Amenaza	Todos
Profesional s/ Lic.	Ing. de Ejecución Agrícola	U de La Frontera	Amenaza	Sequía, Inundación
Profesional s/ Lic.	Ing. en Prevención de Riesgos	IP Duoc UC	Resiliencia	Transversal
Técnico Superior	Construcción Civil	CFT Andrés Bello	Resiliencia	Inundación, Terremoto, Tsunami
Técnico Superior	Forestal	U de la Frontera	Amenaza	Incendio, Sequía
Técnico Superior	Manejo Forestal Sustentable	CFT del M. Ambiente	Amenaza	Incendio, Sequía
Técnico Superior	Prevención de Riesgos	CFT Instituto Central	Resiliencia	Transversal
Técnico Superior	Topografía	IP AIEP	Ciencia/Tecnología afín	Transversal

Elaboración propia

4 Redes activas de investigación

En este capítulo presentamos el análisis de las redes activas de colaboración científica, tanto nacionales como internacionales, en materia de desastres naturales. En primer lugar presentamos la red de colaboración científica a nivel de investigadores (Sección 4.1), luego a nivel de países (Sección 4.2) y finalmente, a nivel de fenómenos en estudio (Sección 4.3) Finalmente mostramos la red de especialización temática (Sección 4.4). El detalle de las herramientas, técnicas y métodos utilizados en la elaboración de los productos presentados a continuación se presenta en el Capítulo 1 del documento anexo al presente informe.

4.1 Red de colaboración científica a nivel de investigadores

La red de colaboración científica, basada en la revisión de 399 publicaciones consideradas en el periodo 2010 – 2015, posee un total de 1.201 nodos¹⁸, de los cuales, 259 representan a investigadores residentes en Chile, con evidencia de realizar investigación en materia de desastres naturales. Adicionalmente, hemos identificado a otros 290 autores con afiliación chilena y 652 autores extranjeros, que representan el 24% y 54% del total de nodos que conforman la red, respectivamente.

En la representación gráfica de la red de colaboración científica que exhibimos en la Figura 4.1, los nodos simbolizan a cada uno de los autores identificados en la revisión de publicaciones científicas, diferenciados por color según el origen de su afiliación; su tamaño varía en función del número de publicaciones que posee cada autor. En tanto, las aristas que unen cada par de nodos repre-

Por razones de rigurosidad metodológica, es importante recordar que la red ha sido construida a partir de la información extraída del análisis del total de publicaciones señalado, identificando a un total de 259 investigadores residentes en Chile, con evidencia de realizar investigación en materia de desastres naturales. Por lo tanto, los resultados aquí presentados corresponden a un grupo de análisis, construido específicamente sobre una muestra intencionada de publicaciones científicas, y no al total de la población de investigadores vinculados al estudio de los desastres naturales, ya que se desconoce su tamaño.

sentan la colaboración realizada entre un par de autores para la producción de un artículo científico, y su grosor varía en función de la cantidad de publicaciones en que dichos autores han colaborado.

En la figura señalada, presentamos la red completa de colaboración científica, considerando a todos los autores identificados según origen de su afiliación (nacional/internacional). La estructura de dicha red se compone de un total de 1.201 nodos, como ya mencionado, con un total de 5.491 colaboraciones y una densidad de 0,008. Del total de nodos considerados, una cuota marginal corresponde a autores que no registran vinculación alguna (8 autores).

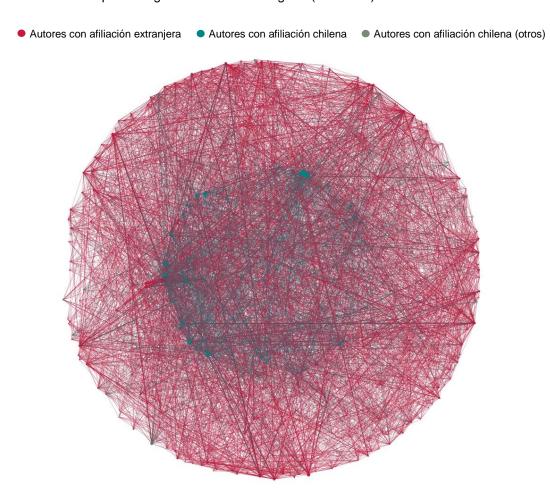


Figura 4.1. Red completa de colaboración científica que conforman los investigadores residentes en Chile para el estudio de desastres naturales, según origen de afiliación.

Elaboración propia

Para un análisis detallado de la composición de la red, la Figura 4.2 presenta la distribución de los nodos por volumen de publicaciones según origen de afiliación. En ella podemos apreciar que la gran mayoría de los autores que conforman la red posee sólo 1 publicación, lo que corresponde al 72% del total. Con una menor participación, los autores que registran entre 2 a 10 publicaciones, representan el 27% del total, mientras que con más de 10 publicaciones hemos contabilizado a un número reducido de investigadores que representan sólo el 1% de la red completa. De ahí que en la representación gráfica los nodos resulte poco diferenciados según su tamaño.

El análisis de la distribución de los autores según el volumen de publicaciones identificadas y el origen de su afiliación, nos muestra que la contribución de investigadores residentes en Chile es similar a la de autores internacionales en rangos de publicaciones inferiores a los 10 artículos. En tanto, con cifras sobre 10 publicaciones, sólo se registran autores con afiliación chilena.



Figura 4.2. Distribución del total de autores de la red completa de colaboración científica (N=1.201) por volumen de publicaciones, según origen de afiliación. Elaboración propia

4.2 Red de colaboración científica a nivel de países

Para identificar los vínculos internacionales existentes en la red de colaboración, a nivel de países, hemos modificado la red anterior, representando a través de cada nodo, un país de afiliación, como se muestra en la Figura 4.3. En ella, el tamaño de cada nodo representa el número de autores afiliados a un país determinado. La conexión o arista entre un par de nodos se ha registrado cada vez que un par de autores con afiliación a un par de países ha colaborado para la elaboración de una publicación. El grosor de la arista simboliza, entonces, la frecuencia con que han colaborado un par cualquiera de autores de dos países diferentes, dada por la cantidad de publicaciones registrada.

En términos generales, el análisis de la estructura de dicha red nos muestra que los autores identificados pertenecen a un total de 44 países, además de Chile, y componen la red con un total de 203 vinculaciones.

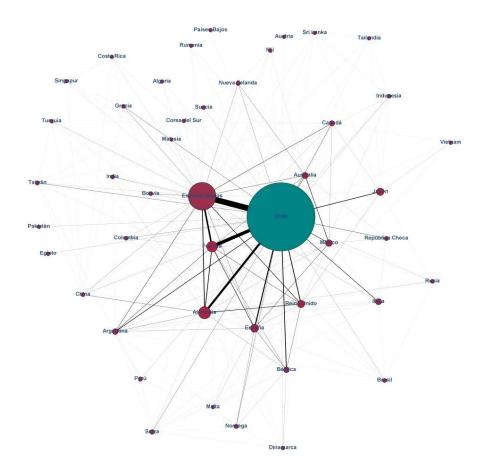


Figura 4.3. Red de colaboración científica para el estudio de desastres naturales que establecen los autores afiliados a entidades en Chile, a nivel de países. Elaboración propia

El tamaño de cada nodo de la red nos permite distinguir en cierta medida a los países con mayores capacidades humanas dentro de la red de colaboración internacional para la investigación científica en materia de desastres naturales en Chile. La distribución del total de autores por país, excluyendo a Chile, se presenta en detalle en la Figura 4.4 (a), de donde podemos observar que poco más del 20% del total de países identificados en la red registra sobre 20 autores, mientras que la gran mayoría posee menos de 5 autores (59%). En la Figura 4.4 (b) mostramos los 10 primeros países con mayor número de autores que colaboran con investigadores residentes en Chile, siendo Estados Unidos, Alemania y Francia, los más destacados.

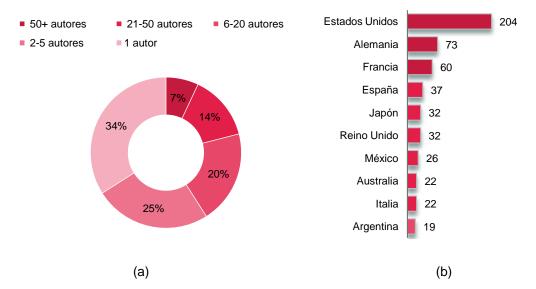


Figura 4.4. (a) Distribución de países de la red de colaboración científica por cantidad de investigadores afiliados (N=44). (b) Primeros 10 países con mayor número de investigadores que conforman la red para el estudio de desastres naturales en Chile, según número de investigadores. Elaboración propia

Por otra parte, considerando el total de conexiones o el *grado* de cada nodo, podemos identificar a aquellos países que tienen una mayor preponderancia dentro de la red por su número de vinculaciones. Si observamos la Figura 4.5, que presenta el grado de cada país, podemos notar que los países con el mayor número de conexiones o vínculos son Estados Unidos, Reino Unido y Alemania.

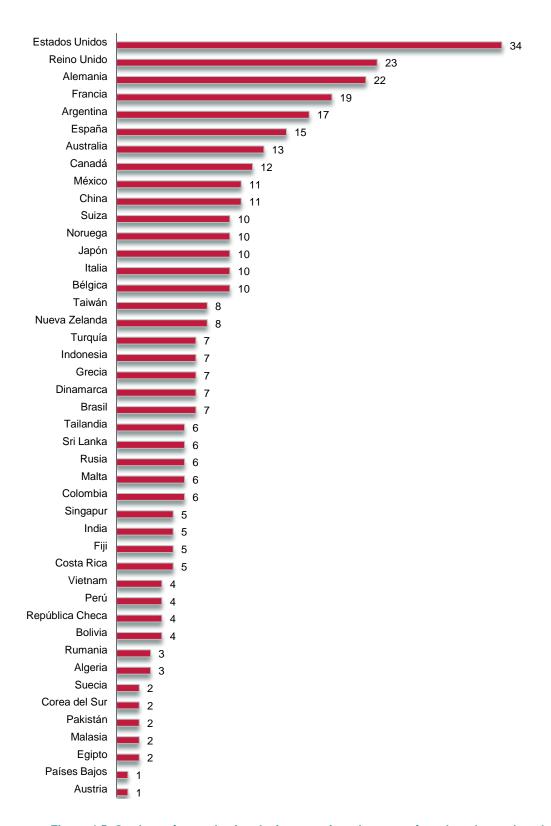


Figura 4.5. Grado o número de vinculaciones registradas por país en la red completa de colaboración científica para el estudio de desastres naturales. Elaboración propia

Finalmente, el examen del peso de las aristas de la red, nos permite analizar en profundidad las colaboraciones internacionales que han realizado los investigadores con afiliación chilena. Para ello, en la Figura 4.6, presentamos un subconjunto de la red completa exhibida previamente, excluyendo de la gráfica aquellos nodos que representan a países vinculados a Chile a través de sólo 1 autor (es decir, nodos de tamaño 1). También hemos descartado aquellas aristas o conexiones que representan vínculos débiles entre países (es decir, aristas con un peso igual o inferior a 10). De este modo, podemos notar que la colaboración más significativa, en términos de la frecuencia de colaboración que establece la comunidad científica chilena, se da con autores afiliados a entidades en Estados Unidos, Francia y Alemania, que son a su vez, países con alto grado de centralidad dentro de la red. Otros países relevantes en la colaboración son España, Reino Unido, Bélgica y Japón.

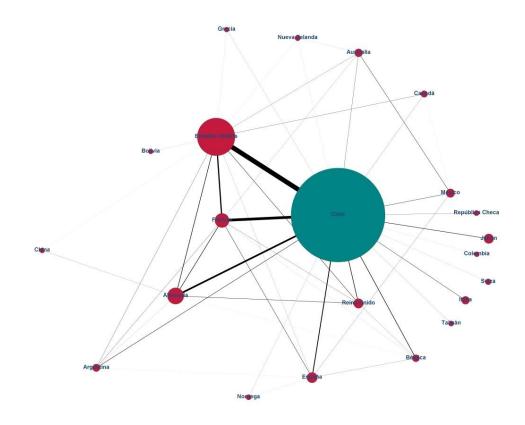


Figura 4.6. Red de colaboración científica para el estudio de desastres naturales que establecen los autores afiliados a entidades en Chile, a nivel de países. Elaboración propia

4.3 Red de colaboración científica a nivel de fenómenos de estudio

Otro atributo relevante para caracterizar los componentes de la red completa es el fenómeno al cual se vinculan sus publicaciones. Para ello, hemos rotulado cada uno de los artículos científicos

Entendida como el número de veces en que un par de autores afiliados a entidades en países diferentes ha colaborado para la elaboración de una publicación.

(N=399) según el fenómeno al que se relaciona su temática de estudio, en base a la identificación de palabras clave en su título y resumen. Una vez clasificadas las publicaciones, hemos contabilizado las que posee cada autor según fenómeno, y registrado el número total de autores dedicados al estudio de cada uno. Adicionalmente, hemos analizado la distribución de los autores (N=1.201) según el origen de su afiliación, para conocer la participación de los autores residentes en Chile sobre la producción científica total por fenómeno.

El resultado general de dicha clasificación presentado en la Figura 4.7 (a) nos muestra que el fenómeno terremoto es el que registra la mayor cantidad de artículos científicos relacionados, seguido a gran distancia de las publicaciones vinculadas con los fenómenos tsunami, incendio y erupción volcánica. Más atrás se encuentran los fenómenos de origen climatológico (sequías e inundaciones) y la remoción en masa. Al final del gráfico se muestra la categoría resiliencia que, si bien no corresponde a un fenómeno natural, se consideró como una categoría de estudio en sí misma, cuyo volumen de publicaciones identificado corresponde al segundo mayor entre las temáticas consideradas.

A partir de la red completa de colaboración científica a nivel de investigadores, presentada en la Figura 4.1, es posible observar las sub estructuras resultantes de configuraciones específicas en base a ciertos atributos de los nodos, que resultan de interés. Particularmente, si identificamos los fenómenos de estudio en que se especializan los investigadores que componen la red completa, podemos obtener una representación de la red de colaboración científica para el estudio de cada uno de los fenómenos que originan desastres naturales de interés para el análisis. Para esto, tras contabilizar el número de artículos científicos de cada autor (N=1.201) por fenómeno, en base a la clasificación de las publicaciones, hemos tipificado a cada uno según su especialidad temática, seleccionando las dos mayores frecuencias registradas en la cuenta del total de sus publicaciones por fenómeno.

En tanto, la distribución de autores con publicaciones por fenómeno, según origen de su afiliación, presentada en la Figura 4.7 (b) nos muestra que para el caso de las publicaciones asociadas al estudio de los fenómenos *terremoto*, *tsunami*, *erupción volcánica* y *remoción en masa*, es mayoritaria la participación de autores extranjeros, lo cual da cuenta de la alta internacionalización de la red de colaboración que establecen los investigadores residentes en Chile. Por el contrario, para el caso de las publicaciones vinculadas al estudio de los fenómenos **incendio**, **sequía e inundación**, al igual que al estudio de **resiliencia**, se observa una mayor participación de investigadores residentes en Chile, lo cual revela una baja vinculación de los autores locales con investigadores internacionales en dichas temáticas.

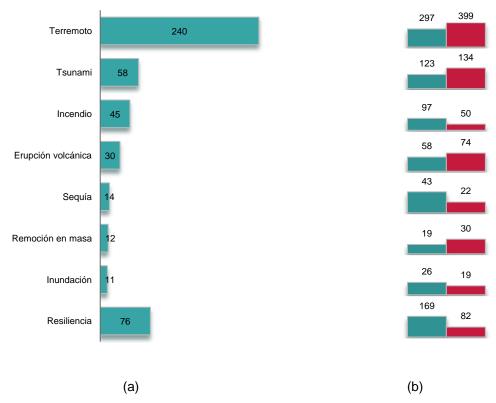
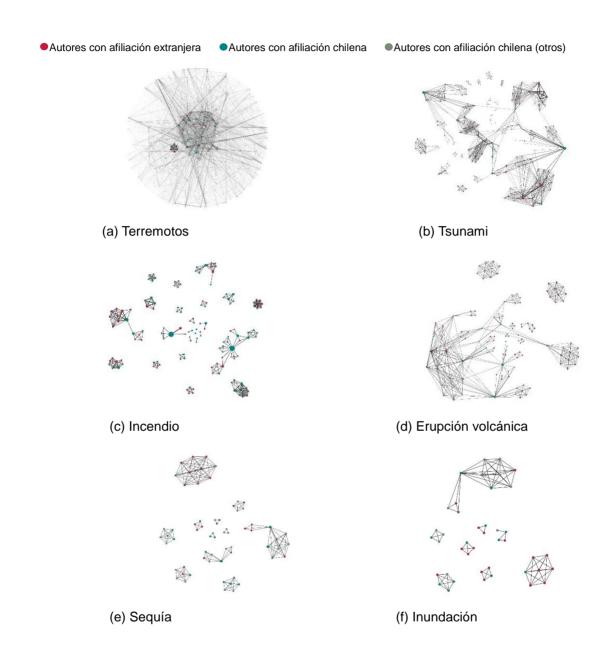


Figura 4.7. (a) Número de publicaciones según fenómeno (N=399) y (b) Cantidad de investigadores con publicaciones por fenómeno según origen de afiliación (N=1.201).

Elaboración propia

A partir de dicha clasificación de autores hemos construido las redes de colaboración científica específicas a cada fenómeno que la origina. En ellas, cada nodo representa a un investigador, mientras que cada arista se genera por una publicación conjunta entre dos autores. En la Figura 4.8 presentamos las redes obtenidas²⁰.

Para una visualización en detalle, en el Capítulo 3 del documento anexo al presente informe muestra las redes obtenidas por fenómeno.



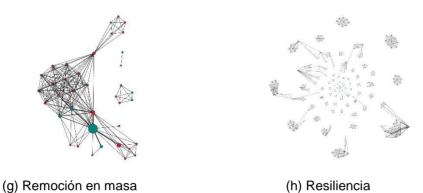


Figura 4.8. Redes de colaboración científica para el estudio de desastres naturales a nivel de autores, según fenómeno. Elaboración propia

En la Tabla 4.1 presentamos algunas medidas básicas de las redes elaboradas, detallando el número de nodos y aristas, la densidad, el grado promedio, la modularidad y el número de componentes conexas de cada subestructura.

% red # Nodos % red Grado Red # Aristas **Densidad** Modular. C. cocompleta completa medio nexas Terremoto 692 58% 3.614 67% 0.015 10.4 0,73 33 Tsunami 246 21% 1.140 0,038 9,3 0.80 19 21% Incendio 143 12% 312 4,3 0,91 24 6% 0,301 10% 447 7 Erupción volcánica 122 8% 0,061 7,3 0,75 Seguía 65 5% 165 3% 0,079 5,1 0,84 11 42 4% 0,77 8 Inundación 90 2% 0,105 4,3 Remoción en masa 38 3% 179 3% 0,255 9,4 0,35 3 Resiliencia 211 18% 458 8% 0,021 4,3 0,91 45

Tabla 4.1. Resumen de indicadores de redes según fenómeno

Elaboración propia

Como podemos notar, las redes de mayor tamaño corresponden a la colaboración científica para el estudio de desastres naturales originados por terremoto y tsunami, que representan respectivamente, el 58% y el 21% del total de nodos de la red completa presentada anteriormente. A continuación, se encuentran las redes de colaboración identificadas para el estudio de desastres naturales originados por incendio y erupción volcánica, que representan alrededor del 10% de los componentes de la red completa. En tanto, las redes más pequeñas corresponden al estudio de desastres naturales originados por eventos climatológicos extremos (sequía e inundación) y remoción en masa. Finalmente, los componentes de la red de colaboración para el estudio de la resiliencia ante desastres naturales corresponden a un 18% de la red completa, lo cual representa una participación significativa sobre el total.

Podemos observar también, que las redes de mayor tamaño (terremoto y tsunami) son las que presentan la más baja densidad, por tanto, se trata de redes con una baja conectividad, como se verá en detalle más adelante. Por el contrario, las redes más pequeñas presentan valores de densidad mayores, lo cual muestra que existe mayor interacción entre sus nodos. Destaca, particularmente, el caso de la red de incendio que, sin ser pequeña, presenta el máximo valor de densidad entre las redes obtenidas.

En cuanto al grado medio, podemos observar que las redes de mayor tamaño registran el mayor número de conexiones en promedio por nodo, siendo los más populares aquellos que poseen sobre 10 conexiones, en el caso de las redes de colaboración para el estudio de terremoto, y 9 conexiones en el caso de la red de colaboración para el estudio de tsunami. Destaca también el caso de la red de colaboración científica para el estudio de remoción en masa, que registra un grado medio similar, aun cuando su tamaño es pequeño, lo cual da muestra de la alta conectividad de los nodos de la red.

La medida del número de componentes conexas de cada red nos permite identificar aquellas redes más atomizadas o con mayor número de grupos de trabajo independientes dentro de la red²¹. En este caso, las redes de colaboración científica para el estudio de la resiliencia y de terremotos son las que presentan el mayor número de nodos.

Finalmente, el indicador de modularidad nos muestra que las redes con mayor fuerza de conexión en sus módulos son la red de colaboración científica para el estudio de la resiliencia e incendios, lo cual implica que tienen conexiones sólidas entre los nodos dentro de los módulos, pero escasas conexiones con otros grupos, por tanto existe menos vinculación, a diferencia de la red de colaboración para el estudio de la remoción en masa, que presenta el valor más bajo, evidenciando una configuración con menos comunidades o módulos.

El ejercicio de categorizar a los autores según fenómeno, nos permite identificar sub estructuras específicas asociadas al estudio de cada uno de los fenómenos de interés. A continuación, caracterizamos dichas sub estructuras en función de cuatro atributos relevantes:

- Origen de afiliación
- Nivel de producción científica
- > Campo del conocimiento
- > Localización geográfica

A. Composición de las redes según origen de afiliación de los investigadores

En la Figura 4.9 presentamos información sobre la composición de las redes elaboradas por fenómeno, en términos de la participación de investigadores con afiliación chilena dentro de la red, y su contribución según volumen de publicaciones contabilizadas para el período de análisis. En ella podemos notar que la participación de investigadores con afiliación chilena es mayoritaria en las redes de colaboración científica vinculadas al estudio de los fenómenos *incendio*, seguía e *inundación*, además del caso de la red de

²¹ Este indicador resulta ser, además, una medida relevante a considerar en análisis posteriores, para estudiar los patrones de conexión entre los nodos de cada componente en función del ámbito de incumbencia o del alcance y naturaleza de las temáticas que configuran la vinculación.

colaboración científica asociada al estudio de la *resiliencia*. La menor participación de investigadores afiliados a entidades chilenas se registra en la red de colaboración científica asociada al estudio del fenómeno *remoción en masa*.

En cuanto a la cantidad de investigadores que componen las redes según fenómeno, podemos notar que el estudio de desastres naturales originados por terremotos alcanza la mayoría, seguida a mucha distancia del resto de los fenómenos, entre los cuales destaca el número de investigadores identificados en tsunami y resiliencia. En todas las redes, sin embargo, notamos que el número de investigadores disminuye considerablemente a medida que el número de publicaciones aumenta. En efecto, se observa que la gran parte de los investigadores registra a lo más 2 publicaciones, lo cual indica que el número de investigadores especialistas en el estudio de desastres naturales asociados a los diversos fenómenos de interés, en sí, es bastante reducido.

Respecto a la contribución de los autores afiliados a entidades chilenas, según el número de artículos científicos contabilizados, en términos generales, podemos notar que su participación respecto a los autores extranjeros es similar, lo cual de señas de una participación significativa de la comunidad científica chilena a nivel internacional. Sin embargo, a medida que el número de publicaciones por autor aumenta, la participación de los investigadores con afiliación chilena adquiere mayor relevancia en todas las redes de colaboración científica elaboradas, a excepción del caso de la red de colaboración para el estudio de desastres naturales originados por sequía e inundación, donde no se registran autores con más de 2 publicaciones.



Figura 4.9. Composición de las redes de colaboración científica para el estudio de desastres naturales a nivel de autores (a) Red según fenómeno (b) Participación de autores con afiliación chilena sobre el total de investigadores de la red (c) Distribución de investigadores por número de publicaciones y origen de afiliación. Elaboración propia

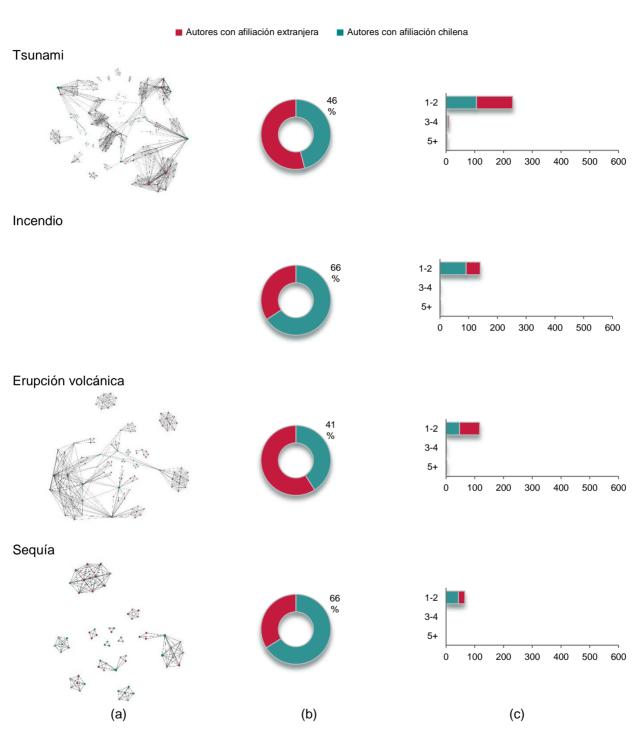


Figura 4.9 (cont.) Composición de las redes de colaboración científica para el estudio de desastres naturales a nivel de autores (a) Red según fenómeno (b) Participación de autores con afiliación chilena sobre el total de investigadores de la red (c) Distribución de investigadores por número de publicaciones y origen de afiliación. Elaboración propia

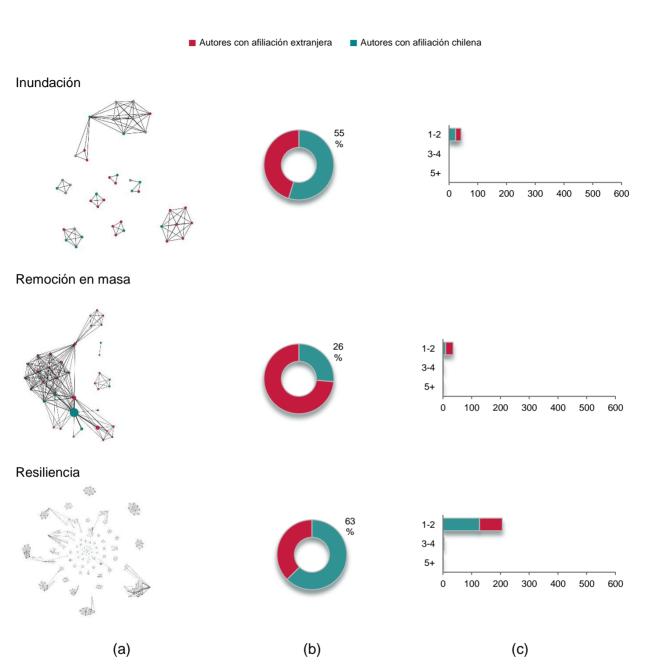


Figura 4.9 (cont.) Composición de las redes de colaboración científica para el estudio de desastres naturales a nivel de autores (a) Red según fenómeno (b) Participación de autores con afiliación chilena sobre el total de investigadores de la red (c) Distribución de investigadores por número de publicaciones y origen de afiliación. Elaboración propia

A. Composición de las redes según campo del conocimiento de los investigadores

Para identificar los campos del conocimiento involucrados en el estudio de desastres naturales originados por los diferentes fenómenos de interés, hemos utilizado la clasificación de los investigadores con afiliación chilena que conforman nuestro grupo de análisis (N=259) según el campo del conocimiento al cual se vinculan sus publicaciones en el nivel 1 del sistema ÖFOS, de acuerdo a el alcance metodológico detallada en el capítulo anterior (ver sección 4.2.1.).

De este modo, la Figura 4.10 nos muestra, en términos generales, que la mayor parte de los investigadores que conforman las redes de colaboración científica según fenómeno desarrollan sus líneas de investigación en el campo de las **ciencias naturales**, siendo preponderantes en el caso del estudio de desastres naturales asociados a erupción volcánica, tsunami, incendio e inundación.

En el caso de las ciencias técnicas, éstas tienen una participación significativa en las redes de colaboración científica para el estudio de los fenómenos inundación y terremoto, aunque menor en comparación con las ciencias naturales.

Las ciencias sociales, en tanto, y como era de esperarse, registran una participación significativa en la red de colaboración científica para el estudio de la resiliencia. También la poseen en la red para el estudio de la remoción en masa, aunque es importante considerar que el número de nodos en esta última es muy pequeño y, por tanto, las participaciones no son comparables en términos absolutos.

Las ciencias del agro se encuentran escasamente involucradas en las redes, y sólo destacan por su representación en la red de colaboración para el estudio de desastres naturales asociados al fenómeno sequía. En tanto, las ciencias de la salud tienen una participación marginal en todas las redes, destacando su mayor contribución en la red para el estudio de la resiliencia.

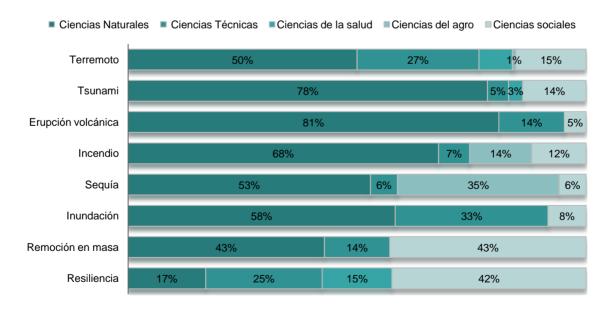


Figura 4.10 Distribución del número de autores en las redes de colaboración científica según campo del conocimiento (Nivel 1 ÖFOS) de sus líneas de investigación Elaboración propia

B. Composición de las redes según localización de los investigadores por macrozona

Finalmente, para el total de investigadores con afiliación chilena que componen nuestro grupo de análisis (N=259), examinamos su participación en cada red en función de la macrozona²² en la cual se localiza su entidad de afiliación.

Como presenta la Figura 4.11, en todas las redes obtenidas, a excepción de la red de colaboración para el estudio del fenómeno tsunami, existe una participación preponderante de investigadores afiliados a entidades localizadas en la **macrozona metropolitana**, con cuotas desde un 42% hasta el 75% de representación. En el caso de la red de colaboración científica para el estudio del fenómeno tsunami, la mayor participación corresponde a los investigadores afiliados a entidades localizadas en la **macrozona centro-sur**, con una cuota del 45%, seguida de la macrozona metropolitana que acumula el 37% del total de investigadores clasificados.

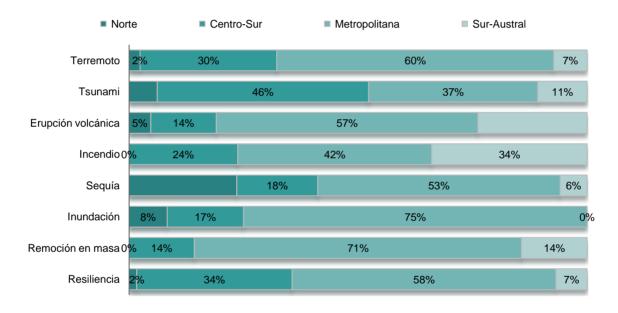


Figura 4.11. Distribución del número de investigadores en las redes de colaboración científica según localización de su entidad de afiliación. Elaboración propia

En el caso de los investigadores localizados en las macrozonas extremas, pese a que el número de investigadores es reducido, es posible identificar una mayor participación vinculada a fenómenos naturales específicos. Así, por ejemplo, los investigadores afiliados a entidades localizadas en la macrozona norte tienen una participación importante en la red de colaboración científica para el estudio de sequía, mientras que en el caso de la macrozona sur-austral, su mayor participación se registra en las redes de colaboración científica para el estudio de incendio y erupción volcánica. Un ejercicio sencillo que contrasta la

Al igual que en el capítulo anterior, los segmentos definidos son: Macrozona norte, desde Región de Arica y Parinacota hasta Región de Coquimbo; Macrozona centro-sur, desde Región de Valparaíso hasta la Región del Biobío, excluyendo la Región Metropolitana; Macrozona Metropolitana, que considera únicamente a la Región Metropolitana; y Macrozona sur-austral, desde Región de la Araucanía hasta Región de Magallanes.

ocurrencia de eventos en los últimos 30 años a nivel nacional, particularmente para el caso de la sequía, nos muestra que la macrozona norte ha sido significativamente afectada por este fenómeno, lo que daría cuenta de una cierta especialización focalizada en las amenazas del territorio, por parte de los investigadores afiliados a entidades en dicha macrozona.

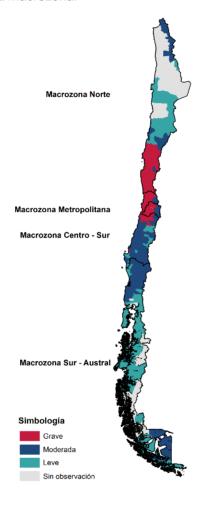


Figura 4.12.Cartografía de sequía registrada en Chile en los últimos 30 años, según intensidad del fenómeno²³. Elaboración propia

4.4 Red de especialización temática

Habiendo clasificado las publicaciones según el fenómeno al cual se vinculan, resulta interesante analizar la configuración de la **red de especialización temática**, que representa las relaciones entre fenómenos

Cartografía elaborada a partir de los datos disponibles del Programa de acción nacional de lucha contra la desertificación, degradación de tierras y la sequía PANCD Chile 2016-2030, disponible en http://www.arcgis.com/apps/viewer/index.html?appid=3462507f6d42420c863e01f7736a48e2

de estudio. Este ejercicio nos permite estimar la disponibilidad y grado de especialización de las capacidades humanas y científicas para el estudio de los desastres naturales, en términos de la cantidad de investigadores dedicados a su estudio, y el alcance temático de sus publicaciones, según los fenómenos que involucran.

En la Figura 4.13 presentamos la red de especialización temática considerando al total de autores que componen la red completa (a) y la misma red, considerando únicamente a los autores con afiliación chilena que conforman nuestro grupo de análisis (b). Cada nodo representa un fenómeno de interés para el estudio de los desastres naturales, y su tamaño simboliza el número de autores con publicaciones en cada uno. Las aristas, en tanto, representan la conexión entre los dos principales fenómenos de estudio de un autor, y su peso corresponde al número de ocurrencia de cada par, es decir, el número de autores que poseen publicaciones relacionadas al respectivo par de fenómenos. El análisis de la estructura de estas redes permite visualizar con mayor detalle cuáles son los fenómenos más estudiados, en términos del número de autores contabilizados por fenómeno, presentado anteriormente, y cuáles son los vínculos temáticos más recurrentes.

La Figura 4.13 (a) representa la red de especialización temática, considerando al total de autores identificados a través de las publicaciones en revisión (N=1.201). En ella podemos visualizar con claridad, la relevancia que presenta el estudio de terremotos, tsunami y resiliencia, según el número de autores dedicados a cada temática. Por otro lado, el análisis del grado de centralidad de los nodos de la red permite distinguir al fenómeno *terremoto*, como aquel con mayores conexiones a otros fenómenos de estudio, a saber: *tsunami, erupción volcánica, remoción en masa* e *incendio*, además de *resiliencia*. Este último nodo, presenta también un grado de centralidad significativo, al registrar vinculaciones con todos los fenómenos considerados, a excepción de *incendio*, lo cual evidencia su relevancia en el estudio de los desastres naturales. Sin embargo, el examen del peso de las aristas, nos permite afirmar que los autores elaboran publicaciones que vinculan el estudio de la resiliencia, principalmente, a los fenómenos *terremoto*, *tsunami y erupción volcánica*, en ese orden.

La revisión del peso de las aristas de la red nos muestra, además, que existe un número significativo de autores cuyas publicaciones abordan temáticas en las diadas *terremoto* – *erupción volcánica* y *resiliencia* – *tsunami*.

En tanto, la red que presentamos en la Figura 4.13 (b) ha sido construida considerando únicamente a los investigadores especialistas, residentes en Chile, que conforman el grupo de interés para el análisis de la productividad realizado en el capítulo anterior (N=259). En este caso, podemos notar que el número de investigadores clasificados en todos los fenómenos se reduce considerablemente, así como el grosor de las vinculaciones identificadas. Sin embargo, se mantiene el patrón respecto a los fenómenos con mayor grado de vinculación siendo *terremoto*, el fenómeno con mayores conexiones a otros fenómenos de estudio, al igual que *resiliencia*.

Por otra parte, la distribución del peso de las aristas también se mantiene, siendo las combinaciones más relevantes, las registradas a partir de autores cuyas publicaciones abordan temáticas en las diadas *terremoto – tsunami, terremoto – resiliencia, tsunami – resiliencia y terremoto – erupción volcánica*. Un dato interesante es que al considerar únicamente las especializaciones de los autores de nuestro grupo de análisis (N=259), desaparece la diada *remoción en masa – tsunami,* lo cual permite intuir que el estudio combinado de ambos fenómenos se encuentra poco desarrollado en Chile. Al contrario, las diadas tsu-

nami – inundación e incendio – sequía, conservan su peso, lo cual indica que la totalidad de los autores que combinan ambos fenómenos de estudio corresponden a investigadores afiliados a entidades en Chile. Con todo, no deja de llamar la atención que, en general, el número de especialistas en Chile que combinan el estudio de fenómenos relacionados es considerablemente bajo respecto del total de autores.

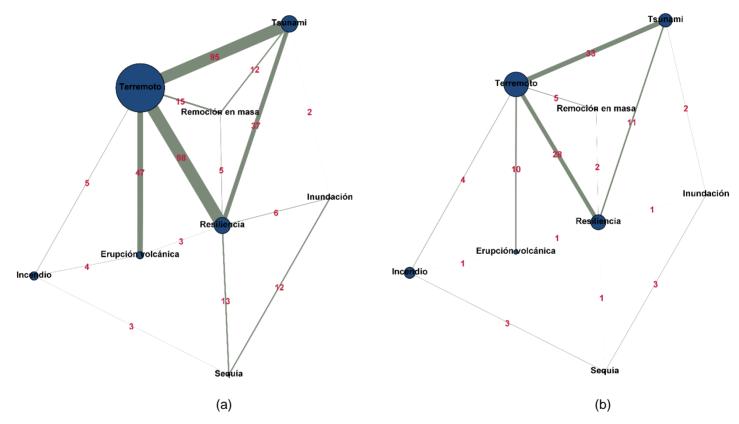


Figura 4.13. Red de especialización temática de los autores, a nivel de fenómenos de estudio: (a) N=1.201 y (b) N=259. Elaboración propia

5 Capacidades de financiamiento

En este capítulo presentamos aspectos relacionados con el financiamiento de la investigación y el desarrollo en materia de desastres naturales en Chile. En la Sección 5.1 caracterizamos fuentes de financiamiento nacionales y extranjeras que representan una oportunidad para financiar iniciativas de investigación científica y desarrollo tecnológico en materia de desastres naturales en el país. Luego, en la Sección 5.2, presentamos un modelo para estimar el gasto pasado, presente y futuro en investigación y desarrollo en materia de desastres naturales en el país. El detalle de las herramientas, técnicas y métodos utilizados en la elaboración de los productos presentados a continuación se presenta en el Capítulo 1 del documento anexo al presente informe.

5.1 Fuentes de financiamiento

A partir de la información recolectada hemos identificado 126 líneas activas para el financiamiento de actividades de investigación científica y desarrollo tecnológico en Chile, que aplican para el ámbito de los desastres naturales. De estas líneas 98 pertenecen a fondos administrados por 20 entidades nacionales. Las restantes 28 líneas pertenecen a fondos administrados por 16 entidades extranjeras. A continuación, presentamos la caracterización de las líneas de financiamiento identificadas. En primer lugar, nos concentramos en las líneas pertenecientes a fondos nacionales para luego considerar aquellas pertenecientes a fondos extranjeros.

1. Líneas de financiamiento nacionales

Como resultado de la búsqueda de fuentes de financiamiento nacionales para actividades de investigación, desarrollo e innovación en materia de desastres naturales, logramos identificar 98 líneas activas y con montos por iniciativa conocidos, pertenecientes a fondos administrados por 20 entidades.

Las variables que utilizamos para la caracterización general de las líneas y fuentes de financiamiento son las siguientes:

- Público objetivo de la línea de financiamiento
- Objetivo de financiamiento de la línea
- Duración de la línea de financiamiento
- > Sector de entidad que administra la línea
- > Origen del fondo que financia la línea
- Monto máximo financiado por la línea para una iniciativa por año.

Las líneas de financiamiento nacionales y entidades respectivas se distribuyen según su ámbito de origen, como exhibimos en la Figura 5.1. En el gráfico a la izquierda (a) podemos observar que del total de líneas identificadas un 47% pertenece al ámbito académico (46), mientras que un 53% a organismos públicos (52); es decir, en el marco del trabajo no se identificaron líneas pertenecientes a otro tipo de entidades, por ejemplo, fundaciones. En cuanto a las entidades que administran estas líneas, como podemos comprobar en la Figura 5.1 (b), el ámbito académico acumula un 90% de las entidades (18) con líneas de financiamiento relevantes para la investigación, el desarrollo y la innovación en materia de desastres naturales; en tanto que los organismos públicos representan sólo el 10% de estas entidades (2). Finalmente, en cuanto a los montos de las líneas identificadas, desde el punto de vista de una persona (natural o jurídica) en busca de financiamiento las líneas ofrecidas por universidades acumulan sólo el 4% de las oportunidades a nivel nacional (234 millones de pesos anuales), mientras que las líneas ofrecidas por entidades de gobierno representan el 96% (5.045 millones de pesos anuales) de estas oportunidades²⁴. De este modo, líneas de provenientes de organismos públicos definen en términos de montos por iniciativa el grueso de las oportunidades nacionales para financiar investigación y desarrollo en materia de desastres naturales en Chile.

²⁴ En este contexto es importante destacar que estas cifras se obtienen de sumar los montos máximos que cada línea financia para una iniciativa individual (por ejemplo un proyecto, una pasantía, una inversión, etc.); es decir no corresponden a los fondos disponibles por línea.

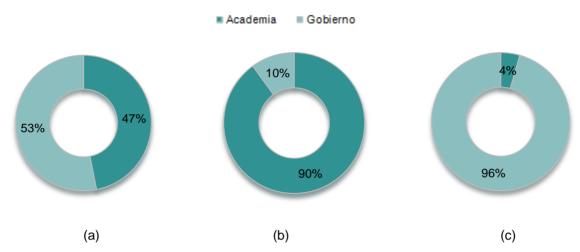


Figura 5.1. Cuota de participación de las líneas de financiamiento nacionales por categoría de entidad oferente: (a) cantidad de líneas, b) cantidad de entidades oferentes, (c) monto de financiamiento acumulado. Elaboración propia

El detalle de las líneas administradas por universidades cuyos montos por iniciativa son conocidos se presenta en la Figura 5.2; estas líneas están destinadas a financiar proyectos de investigadores y estudiantes pertenecientes a las mismas casas de estudio. Aparte de las líneas presentadas, las universidades administran otras líneas cuyos montos por iniciativa no son públicos. En el caso de las líneas activas administradas por organismos públicos, estas provienen exclusivamente de 2 entidades: Conicyt y Corfo.

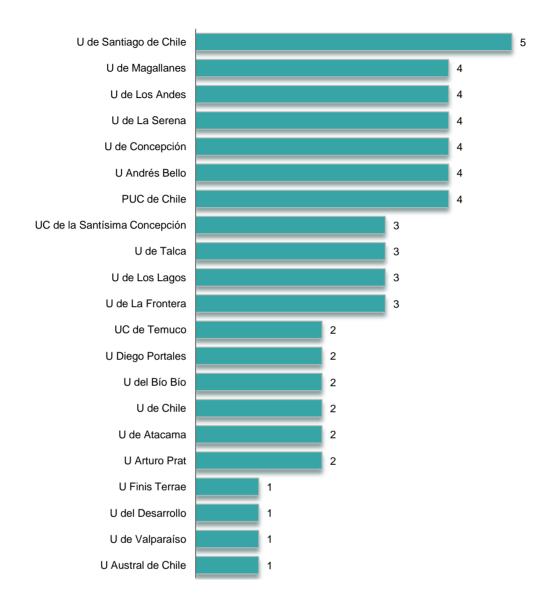


Figura 5.2. Número de líneas de financiamiento del ámbito académico, por universidad.

Elaboración propia

Para caracterizar las líneas de financiamiento identificadas, en lo que sigue nos situamos en la posición de una persona (natural o jurídica) que necesita financiar una iniciativa relacionada con investigación, desarrollo y/o innovación en el ámbito de los desastres naturales. Para esta persona, las líneas de interés quedan definidas por factores tales como el tipo de iniciativa (por ejemplo, investigación científica, desarrollo de capital humano o modernización de equipamiento); el tipo de beneficiario (por ejemplo, empresa, centro de investigación o profesional en general); el monto anual disponible para su iniciativa, etc.

En la Figura 5.3 (a) podemos observar que las líneas de financiamiento ofrecidas por universidades abarcan diferentes objetivos de financiamiento: i) sólo investigación científica, ii) investigación y desarrollo, iii)

sólo desarrollo tecnológico, iv) capital humano y v) equipamiento. En el caso de las líneas ofrecidas por universidades, sin embargo, el 89% de estas líneas está enfocado a proyectos de investigación científica, es decir, principalmente a investigadores. Como hemos mencionado anteriormente, en este caso, dado que estas líneas de financiamiento no son de acceso público, sino que están reservadas a académicos y estudiantes de las respectivas universidades, no es pertinente agregar los montos respectivos por tipo de objetivo. En promedio, cada una de las líneas que financia proyectos de investigación tiene un monto de menos de 7 millones de pesos anuales. Por su parte, como podemos apreciar en la Figura 5.3 (b), las líneas de financiamiento provenientes de fondos públicos también cubren las cinco categorías de objetivos de financiamiento mencionadas anteriormente, con una distribución más homogénea; aun cuando el número de líneas que financian proyectos de investigación científica, desarrollo tecnológico o ambos tipos de actividades tienen una cuota de participación acumulada del 65%; el número de líneas que financian proyectos de desarrollo de capital humano tiene una cuota de participación del 31%; finalmente las líneas enfocadas en proyectos de inversión en equipamiento científico y tecnológico representan sólo el 5%. A modo de comparación, en promedio las líneas destinadas a proyectos de investigación científica financian un monto cercano a los 85 millones de pesos anuales.



Figura 5.3. Cuota de participación de las líneas de financiamiento nacionales por categoría de objetivo de financiamiento, según tipo de entidad: (a) universidades, b) organismos de gobierno. Elaboración propia

Debido a que las líneas de financiamiento administradas por universidades no son de acceso público y a que los montos promedio por línea son relativamente bajos, en lo que sigue nos concentramos en las líneas administradas por organismos públicos. El número y los montos de las líneas de financiamiento administradas por Conicyt y Corfo se distribuyen según su objetivo de financiamiento como mostramos en la Figura 5.4. De acá podemos observar que, en términos generales, un proyecto en donde se genere conocimiento científico, tiene 11 líneas relevantes las que acumulan 276 millones de pesos anuales; en tanto un proyecto de inversión para la adquisición y/o actualización de equipamiento científico y/o tecnológico tiene sólo 3 líneas relevantes que acumulan 2.326 millones de pesos anuales. Es decir, en promedio las líneas que financian investigación científica proveen fondos cercanos a los 25 millones de pesos anuales en tanto que las líneas que financian inversiones en equipamiento tiene volúmenes mucho mayores, por sobre los 775 millones de pesos anuales. Para las otras líneas la situación es más

homogénea. Para un proyecto de desarrollo tecnológico las 9 líneas de financiamiento relevantes acumulan 516 millones de pesos anuales; en tanto que para un proyecto que combine actividades de investigación y desarrollo las 17 líneas de financiamiento relevantes acumulan 1.412 millones de pesos anuales; el segundo monto más alto por tipo de objetivo de financiamiento. Por su parte para un proyecto de desarrollo de capital humano las 16 líneas de financiamiento relevantes acumulan 279 millones de pesos anuales. En este contexto es necesario enfatizar que los montos mencionados son teóricos, si no se consideran simultáneamente otras variables tales como objetivo de financiamiento y público objetivo de las líneas.



Figura 5.4. Distribución de líneas de financiamiento nacionales administradas por organismos públicos según objetivo de las líneas: (a) número de líneas, b) monto acumulado de las líneas (MM\$ anuales). Elaboración propia

En la Figura 5.5 exhibimos el detalle de los montos acumulados en las líneas activas de financiamiento provenientes de Conicyt y Corfo. De acá podemos observar que para el desarrollo de capital humano y actividades de investigación científica sólo Conicyt tiene líneas de financiamiento disponibles, en tanto que para actividades de investigación y desarrollo Conicyt y Corfo ofrecen financiamiento significativo aun cuando los públicos objetivos son diferentes (Conicyt se enfoca en académicos así como universidades y centros de investigación; Corfo se enfoca en empresas), en cambio para actividades de desarrollo tecnológico Corfo es la principal fuente de financiamiento. Finalmente, para financiar la compra o modernización de equipamiento científico y/o tecnológico ambos organismos ofrecen líneas con montos significativos, sin embargo el papel de Corfo es más destacado, debido a que abarca un 96% del monto de financiamiento para este objetivo.

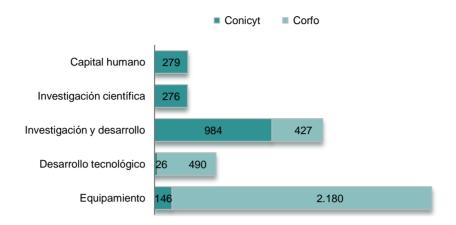


Figura 5.5. Distribución de los montos acumulados de las líneas de financiamiento de organismos públicos nacionales, por objetivo de financiamiento. Elaboración propia

En la Figura 5.6 mostramos los montos acumulado por las líneas de financiamiento ofrecidas por Conicyt y Corfo, según categoría de público. De acá podemos observar que una universidad o un centro de investigación puede acceder a líneas de financiamiento que acumulan 4.466 millones de pesos anuales (54%), de los cuales 1.315 millones de pesos anuales pueden ser financiados por Corfo y los 1,304 restantes por Conicyt. Una empresa tiene acceso a líneas de financiamiento que acumulan 1.830 millones de pesos anuales (38%); en este caso también la mayor cuota proviene de fondos de Corfo con 1.782 millones de pesos anuales, en tanto que los 48 millones de pesos anuales restantes de Conicyt. Un académico tiene acceso a líneas de financiamiento que acumulan 246 millones de pesos anuales (5%). Por su parte un profesional no académico tiene acceso a líneas de financiamiento que acumulan 87 millones de pesos anuales. Finalmente, un estudiante tiene acceso a líneas de financiamiento que acumulan 27 millones de pesos anuales (1%). Las líneas de financiamiento para estas últimas tres categorías de público objetivo provienen sólo de Conicyt y están destinadas al desarrollo de capital humano. En este contexto es necesario enfatizar que estos montos son teóricos, si no se consideran simultáneamente otros factores.

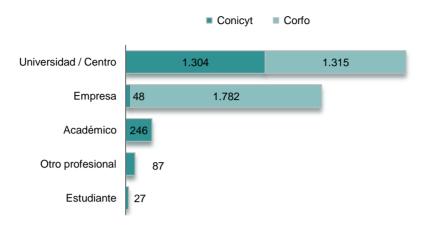


Figura 5.6. Distribución de los montos acumulados de las líneas de financiamiento de organismos públicos nacionales por categoría de beneficiario (millones de pesos anuales).

Elaboración propia

Finalmente, en la Figura 5.7 exhibimos el resultado de cruzar los montos acumulados por las líneas de financiamiento ofrecidas por organismos públicos según categoría de público objetivo y objetivo de financiamiento. Esta figura nos permite tener un panorama más claro de los fondos a los que tiene acceso una persona (natural o jurídica) que necesita financiar una iniciativa relacionada con investigación, desarrollo y/o innovación en el ámbito de los desastres naturales. De acá podemos observar que los montos de las líneas para financiar proyectos de desarrollo tecnológico se distribuyen homogéneamente entre universidades y centros de investigación, así como empresas. Sin embargo, los montos de las líneas para financiar proyectos de investigación científica están concentrados en académicos; en tanto que los montos de las líneas para financiar proyectos en que se combinen actividades de investigación y desarrollo se orientan principalmente universidades y centros de investigación, luego a empresas, y en menor grado a académicos. Acá es importante destacar que los proyectos de investigación que se financian para académicos, universidades y centros de investigación incluyen tanto investigación básica como aplicada, en tanto que los proyectos de investigación que se financian para empresas se concentran en investigación aplicada. De la figura siguiente también podemos observar que las líneas para financiar iniciativas de desarrollo de capital humano abarcan todas las categorías de público objetivo; estudiantes y otros profesionales, junto a las mencionadas anteriormente. En el caso de las líneas para inversiones en equipamiento científico-tecnológico, éstas se destinan sólo a universidades y centros de investigación, así como empresas.

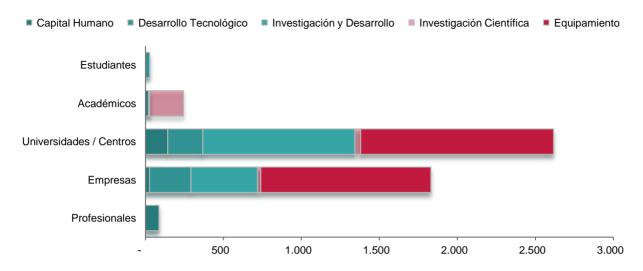


Figura 5.7. Distribución de los montos acumulados de las líneas de financiamiento de organismos públicos nacionales por categoría de beneficiario (millones de pesos anuales), según objetivo de financiamiento. Elaboración propia

Además de las líneas caracterizadas en esta sección, existen otras líneas de financiamiento administradas por organismos públicos que no se encuentran activas hace algunos años, por ejemplo, línea de Fortalecimiento y Apoyo para Grupos de Investigadores del Programa de Investigación Asociativa (PIA) de Conicyt, la línea de creación de Centros de Investigación en Áreas Prioritarias del Fondo de Financiamiento de Centros de Investigación en Áreas Prioritarias (Fondap) de Conicyt, y la línea de creación de centros del Programa Iniciativa Científica Milenio del Ministerio de Economía, Fomento y Turismo.

A modo de ejemplo, en la Tabla 5.1. Ejemplos de líneas de Conicyt y Corfo que representan oportunidades para financiar actividades de investigación y desarrollo en materia de desastres naturales presentamos una selección de líneas de financiamiento de Conicyt y Corfo que se encuentran activas y que representan oportunidades para financiar actividades de investigación y desarrollo en materia de desastres naturales.

Tabla 5.1. Ejemplos de líneas de Conicyt y Corfo que representan oportunidades para financiar actividades de investigación y desarrollo en materia de desastres naturales

Línea	Organismo	Público	Objetivo	Monto anual MM\$
Fondo de Equipamiento Científico y Tecnológico (Fondequip)	Conicyt	Universidades y Centros de Investigación	Equipamiento	147
Programa de Innovación Tec- nológica Empresarial – Valida- ción y Empaquetamiento de In- novaciones	Corfo	Empresas	Investigación y desarrollo	100

Línea	Organismo	Público	Objetivo	Monto anual MM\$
Programa IDeA de Investigación Tecnológica del Fondo de Fo- mento al Desarrollo Científico y Tecnológico (Fondef) – IDeA Investigación Tecnológica	Conicyt	Universidades y Centros de Investigación	Investigación y desarrollo	75
Programa IDeA de Investigación Tecnológica del Fondo de Fo- mento al Desarrollo Científico y Tecnológico (Fondef) – IDeA en dos Etapas	Conicyt	Universidades y Centros de Investigación	Investigación y desarrollo	75
Programa de I+D Aplicada en Empresas	Corfo	Empresas	Investigación y desarrollo	68
Programa de Innovación Tec- nológica Empresarial – Prototi- pos de Innovación en Productos y Procesos	Corfo	Empresas	Investigación y desarrollo	60
Fondo Nacional de Desarrollo Científico y Tecnológico (Fonde- cyt) – Regular	Conicyt	Académicos	Investigación científica	57
Fondo Nacional de Desarrollo Científico y Tecnológico (Fonde- cyt) – Iniciación en Investigación	Conicyt	Académicos	Investigación científica	30
Fondo Nacional de Desarrollo Científico y Tecnológico (Fonde- cyt) – Postdoctorado	Conicyt	Académicos	Investigación científica	25
Diplomado Regional en Temas de Ciencia, Tecnología e Innova- ción	Conicyt	Universidades y Centros de Investigación	Capital humano	45
Programa de Atracción e Inserción de Capital Humano Avanzado en el Sector Productivo (PAI) – Inserción de Capital Humano Avanzado en Sector Productivo	Conicyt	Empresas, Universidades y Centros de Investigación	Capital humano	27
Magíster Regional en Temas de Ciencia, Tecnología e Innovación	Conicyt	Universidades y Centros de Investigación	Capital humano	24

Elaboración propia

El Fondo de Equipamiento Científico y Tecnológico (Fondequip) de Conicyt entrega hasta 220 millones de pesos en un plazo de 18 meses para la adquisición, actualización y/o acceso a equipamiento científico y tecnológico destinados a actividades de investigación científica de frontera. Pueden postular a los recur-

sos Universidades que se encuentren acreditadas por la Comisión Nacional de Acreditación a la fecha de postulación del concurso, que realicen actividades de investigación y que presenten una propuesta. El proyecto puede ser presentado por un investigador o coordinador responsable respaldado por una Universidad, la cual debe además comprometer un cofinanciamiento del 50% en aportes pecuniarios y no pecuniarios. En el ámbito de los desastres naturales, esta línea de puede financiar, por ejemplo, equipamiento para investigar la física de los procesos de amenazas naturales tal como se menciona en la Tarea 4.1 de la Mesa Procesos Físicos y Exposición de la Comisión de Resiliencia ante Desastres Naturales (CREDEN).

El Programa de Innovación Tecnológica Empresarial de Corfo está orientado a fomentar la innovación en las empresas nacionales, para el desarrollo o mejoramiento de productos y/o procesos innovadores que sean nuevos para el mercado en el que compite la empresa. Así, el apoyo de este programa está focalizado en proyectos de innovación con desafíos tecnológicos importantes, que tengan impactos significativos en los negocios de las empresas y que el origen del mismo sea a partir de una necesidad/oportunidad detectada por éstas. El Programa tiene dos líneas: Prototipos de Innovación en Productos y Procesos, que tiene un aporte tope de 60 millones de pesos en un plazo de 12 meses, así como Validación y Empaquetamiento de Innovaciones que tiene un aporte tope de 200 millones de pesos en un plazo de 24 meses. En ambos casos se financia hasta un 70% del costo total del proyecto, según el tamaño del beneficiario determinado a través de sus ingresos por ventas. En el ámbito de los desastres naturales, esta línea puede financiar, por ejemplo, el desarrollo de nuevas aplicaciones y soluciones con tecnologías habilitantes para la resiliencia ante desastres naturales, tal como se menciona en la Tarea 2.4 de la Mesa Polo de Desarrollo de la Comisión de Resiliencia ante Desastres Naturales (CREDEN).

El programa Investigación y Desarrollo en Acción (IDeA) es parte del Fondo de Fomento al Desarrollo Científico y Tecnológico (Fondef) de Conicyt financia proyectos de investigación científica y desarrollo tecnológico con alto contenido científico y con potencial de impactar la economía y/o la sociedad. Los resultados deben ser obtenidos, evaluados y validados en plazos breves. El programa consta de dos concursos que financian proyectos de universidades y centros de investigación por un monto de hasta 150 millones de pesos en un plazo de 24 meses. El Concurso IDeA en Dos Etapas apoya proyectos que planteen una hipótesis científica que sustente la obtención de resultados que alcancen un nivel de prueba de concepto, modelo o prototipo evaluados en condiciones de laboratorio o pequeña escala (estos proyectos son financiados en dos etapas consecutivas) en tanto que el Concurso de Investigación Tecnológica apoya proyectos orientados a acercar resultados de un proyecto de investigación previo a condiciones cercanas a una aplicación definida. Por su parte, el programa I+D Aplicada en Empresas de Corfo financia proyectos de investigación científica y desarrollo tecnológico para abordar una problemática productiva, para la cual no existe una solución disponible en el mercado, permitiendo que las empresas realicen actividades para alcanzar una solución nueva y original. El programa financia hasta un 70% del costo total del proyecto, según el tamaño del beneficiario determinado a través de sus ingresos por venta, con un tope de 135 millones de pesos en un plazo de 24 meses. Dentro de las actividades financiables se incluyen investigación aplicada, desarrollo y construcción de prototipo, pilotos, pruebas de concepto y ensayos, actividades y gastos asociados a la contratación de terceros que presten servicios basados en equipamiento y/o infraestructura no disponible en la empresa, gastos de inversión para adquisición de equipamiento y adecuación de infraestructura, entre otros. En el ámbito de los desastres naturales, el programa Investigación y Desarrollo en Acción y el programa I+D Aplicada en Empresas pueden financiar, por ejemplo, actividades de investigación y desarrollo de la próxima generación de tecnologías, materiales, componentes y sistemas para ambientes resilientes como se menciona en la Tarea 2.3 de la Mesa Polo de Desarrollo de la Comisión de Resiliencia ante Desastres Naturales (CREDEN).

El Fondo Nacional de Desarrollo Científico y Tecnológico (Fondecyt) de Conicyt tiene por objetivo estimular y promover la investigación científica y tecnológica básica, siendo el principal fondo de este tipo en el país. El Fondo apoya financieramente la investigación individual en todas las áreas del conocimiento y en distintos períodos de la carrera de un investigador, diferenciando Proyectos Regulares para investigadores con trayectoria (24 a 48 meses, 228 millones de pesos); Proyectos de Iniciación en Investigación para investigadores jóvenes que hayan obtenido el grado de doctor en los últimos cinco años (24 a 36 meses. 90 millones de pesos); Proyectos de Postdoctorado para investigadores jóvenes que hayan obtenido el grado de doctor en los últimos tres años (24 a 36 meses, 75 millones de pesos). El investigador responsable debe contar con una institución patrocinante, la investigación en cualquier área del conocimiento se debe ejecutar en el país. Dentro de las actividades financiables se contempla personal (investigadores, personal técnico y tesistas), viajes de los investigadores, recursos para traer colaboradores extranjeros por un corto período, gastos de operación, equipamiento y apoyo a la infraestructura y gastos de administración para las instituciones patrocinantes. En el ámbito de los desastres naturales, estas líneas pueden financiar, por ejemplo, la investigación en resiliencia, así como la investigación sobre la física de los procesos de amenazas naturales, tal como se menciona en la Tarea 1.2 de la Mesa Resiliencia y en la Tarea 4.1 de la Mesa Procesos Físicos y Exposición, ambas de la Comisión de Resiliencia ante Desastres Naturales (CREDEN).

El Programa Regional de Conicyt tiene la misión de promover el desarrollo científico y tecnológico de las regiones de Chile de acuerdo a las necesidades y prioridades definidas por las mismas regiones para su desarrollo económico y social. El Programa tiene dos áreas de acción: el Área de Centros Regionales y el Área de Gestión y Vinculación. El Área de Centros Regionales tiene como principal labor la creación, el fortalecimiento y la continuidad de Centros Regionales de Investigación Científica y Tecnológica de Con. Por su parte el Área de Gestión y Vinculación coordina los recursos del Fondo de Innovación para la Competitividad (FIC Regional) que son asignados a Conicyt e implementa los Programas de Maestrías y Diplomados Regionales en Temas de Ciencia, Tecnología e Innovación. Los Programas de Maestrías deben ser ejecutados con un aporte de 70 millones de pesos, en tanto para los Programas de Diplomados deben ser ejecutados en 12 meses con un aporte de 45 millones de pesos. En el ámbito de los desastres naturales, esta línea de puede financiar, por ejemplo, el diseño y ejecución de programas que permitan transferir conocimiento en el ámbito ciencia, tecnología e innovación en el ámbito de desastres naturales, tal como se menciona en la Tarea 2.1 de la Mesa Polo de Desarrollo de la Comisión de Resiliencia ante Desastres Naturales (CREDEN).

El Programa de Atracción e Inserción de Capital Humano Avanzado en el Sector Productivo (PAI) de Conicyt tiene por objetivo fortalecer las capacidades académicas, científicas y tecnológicas de instituciones nacionales que desarrollan ciencia y tecnología. El Programa tiene tres ámbitos de acción: Inserción de investigadores en el sector productivo, Inserción de investigadores en la academia, así como Atracción de científicos desde el extranjero. En el primero se financian proyectos que fomentan la vinculación entre el sector productivo y la academia, mediante la inserción de doctores y tesistas en proyectos de investigación, desarrollo e innovación al interior de empresas y centros tecnológicos con dos líneas: Inserción de Capital Humano Avanzado en el Sector Productivo (24 meses, 55 millones de pesos) y Tesis de Doctora-

do en la Empresa (24 meses, 34 millones de pesos). En el ámbito de Inserción de investigadores en la academia Conicyt cuenta con dos líneas: Inserción de Capital Humano Avanzado en la Academia (36 meses, 42 millones de pesos) y Apoyo al Retorno de Investigadores desde el Extranjero. Por su parte en el ámbito de Atracción de científicos desde el extranjero (24 meses, 66 millones de pesos) se apoya la estadía de científicos y expertos desde el extranjero en universidades y centros de investigación del país, con el fin de fortalecer la formación de capital humano avanzado, incrementar el nivel y la productividad de la investigación realizada, así como estimular el desarrollo de redes de conocimiento científico a nivel nacional e internacional. En el ámbito de los desastres naturales, estas líneas pueden financiar, por ejemplo, la incorporación de capital humano avanzado para el estudio de desastres naturales, tal como se menciona en la Tarea 2.1 de la Mesa Polo de Desarrollo de la Comisión de Resiliencia ante Desastres Naturales (CREDEN).

2. Fuentes de financiamiento extranjeras

Como resultado de nuestra búsqueda de fuentes de financiamiento internacionales para actividades de investigación, desarrollo e innovación en materia de desastres naturales y la resiliencia ante ésta, logramos identificar 28 líneas activas de financiamiento, pertenecientes a fondos administrados por 16 entidades.

En la Figura 6.8 podemos observar las líneas de financiamiento identificadas según su ámbito de origen. En el gráfico de la izquierda (a) se aprecia como las líneas de financiamiento se distribuyen según su ámbito de origen, un 71% de las líneas de financiamiento provienen de entidades de gobierno (20); acá destaca la Academia China de Ciencias con 6 líneas de financiamiento. En tanto, las líneas de financiamiento que tienen su origen en fundaciones (3) y organismos multilaterales (3) representan cada una un 11% de las líneas de financiamiento Respecto a la localización de las líneas de financiamiento, un 61% proviene de Europa (17), seguida con un 25% las que tienen su origen en Asia, específicamente Japón y China.

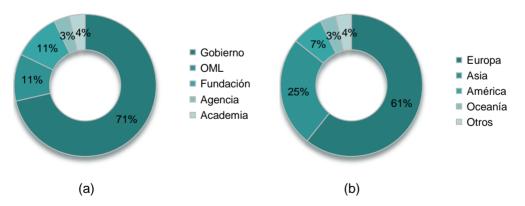


Figura 6.8 Número de líneas de financiamiento por tipo de entidad: (a) número de líneas, (b) localización. Elaboración propia

La Figura 6.9 presenta los montos de financiamiento anuales acumulados por las líneas de financiamiento de fuentes extranjeras, según el objetivo de financiamiento y público objetivo. De acá podemos observar que las líneas de financiamiento que tienen el propósito de generar, promover y/o fortalecer actividades de investigación científica y formación de capital humano avanzado son las dominantes. Para las uni-

versidades y centros de investigación hemos identificado financiamiento por 1.400 millones de pesos anuales por iniciativa provenientes del Programa CoFund de Horizon 2020 que tiene el objetivo de estimular la creación de programas de doctorado para fomentar la excelencia en formación, movilidad y desarrollo profesional de los investigadores. Por su parte, para estudiantes, específicamente de doctorado, hemos identificado financiamiento por un monto total de 43 millones de pesos anuales, para el desarrollo de capital humano e investigación científica en el marco de pasantías internacionales. Finalmente, para los académicos hemos identificado líneas que tienen como objetivo financiar actividades de investigación científica por 1.721 millones de pesos anuales, lo cual es proporcionado principalmente por el Consejo Europeo de Investigación, que tiene como finalidad respaldar a académicos que realizan investigaciones en universidades y centros de investigación de Europa. En tanto, la categoría que tiene como objetivo establecer alianzas, a través de la realización de proyectos de cooperación internacional, presenta un monto de financiamiento de 169 millones de pesos anuales. Finalmente, las líneas que permiten el desarrollo de proyectos de asistencia técnica, presentan montos de financiamiento de sólo 5 millones de pesos anuales, de manera que no se considera en la descripción de la Figura 6.9.

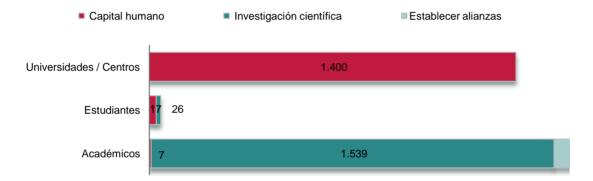


Figura 6.9 Distribución de los montos acumulados de las líneas de financiamiento por categoría de beneficiario (millones de pesos anuales), según objetivo de financiamiento. Elaboración propia

En la Tabla 6.2 presentamos ejemplos de líneas de financiamiento extranjeras, según el monto disponible y objetivo de financiamiento, las cuales representan oportunidades de financiamiento para universidades, centros de investigación, académicos y estudiantes que realicen actividades de investigación y desarrollo en materia de desastres naturales.

Tabla 6.2 Ejemplos de líneas de financiamiento extranjeras que representan oportunidades para financiar iniciativas de investigación y desarrollo en materia de desastres naturales (monto anual por iniciativa)

Línea	Organismo	Público	Objetivo	Monto anual MM\$
Horizon 2020, Programa RISE: Intercambio de personal para investigación e innovación	Comisión Europea	Académicos	Investigación científica	425
Horizon 2020, Becas avanzadas	Consejo Europeo de Investigación	Académicos	Investigación científica	350

Línea	Organismo	Público	Objetivo	Monto anual MM\$
Horizon 2020, Becas de consoli- dación	Consejo Europeo de Investigación	Académicos	Investigación científica	280
Horizon 2020, Beca de inicio	Consejo Europeo de Investigación	Académicos	Investigación científica	210
Horizon 2020, Becas individuales	Comisión Europea	Académicos	Investigación científica	60
Premio de Investigación Wilhem Friedrich Bessel	Fundación Alexander Von Humboldt	Académicos	Investigación científica	33
Becas Internacionales Newton	Royal Society	Académicos	Investigación científica	32
Beca Humboldt	Fundación Alexander Von Humboldt	Académicos	Investigación científica	26
Iniciativa Internacional de Becas del Presidente, para Postdoctorales	Academia China de Ciencias	Académicos	Investigación científica	20
Proyectos globales de investigación	Red Global de Desarrollo	Académicos	Investigación científica	15
Beca de estadía	Fondo de Investigación Científica – Flanders	Académicos	Investigación científica	14
Programa CIMO Becas	Centro de Movilidad Internacional de Finlandia	Estudiantes	Investigación científica	13
Intercambio académico	Servicio Alemán de Intercambio Académico	Académicos	Investigación científica	4
Beca de Investigación	Fundación Pública Tempus	Estudiantes	Investigación científica	4
Horizon 2020, Programa CoFund	Comisión Europea	Universidades y Centros de Investigación	Capital humano	1.400
Beca de doctorado	Academia Austriaca de Ciencias	Estudiantes	Capital humano	26
Actividad de Capacitación	Organización de Estados Americanos	Académicos	Capital humano	5
Participación en Seminarios	Fondo de Investigación Científica – Flanders	Académicos	Capital humano	1

Línea	Organismo	Público	Objetivo	Monto anual MM\$
Proyecto Semilla de Asistencia Técnica	Organización de Estados Americanos – Instituto Panamericano de Geografía e Historia	Académicos	Asistencia técnica	5
Iniciativa Internacional de Becas del Presidente para Científicos distinguidos	Academia China de Ciencias	Académicos	Establecer alianzas	60
Iniciativa Internacional de Becas del Presidente para Científicos visitantes, profesores titulares	Academia China de Ciencias	Académicos	Establecer alianzas	48
Iniciativa Internacional de Becas del Presidente para Científicos visitantes, profesores asociados	Academia China de Ciencias	Académicos	Establecer alianzas	36
Iniciativa Internacional de Becas del Presidente para Científicos visitantes, profesores asistentes	Academia China de Ciencias	Académicos	Establecer alianzas	24

Elaboración propia

A modo de ejemplo, presentamos las líneas de financiamiento más relevantes según el monto anual disponible por objetivo de financiamiento, tales como el Proyecto Panamericano de Asistencia Técnica del Instituto Panamericano de Geografía e Historia, organismo de la Organización de Estados Americanos, entrega hasta 5 millones de pesos para la realización de 3 tipos de iniciativas en el ámbito de la academia; asistencia técnica, capacitación y proyecto semilla. Los proyectos de asistencia técnica representan una oportunidad para solucionar un problema técnico-científico de interés, el cual debe tener como resultado un informe técnico y la publicación de un artículo científico, mientras que las actividades de capacitación corresponden a cursos, talleres o actividades, y finalmente el proyecto semilla financia la formulación de una propuesta de proyecto que presente un problema técnico-científico de interés. En estas iniciativas deben participar 3 estados miembros del IPGH para su realización, lo cual genera redes de colaboración internacionales. Esta línea de financiamiento tiene el propósito de ejecutar iniciativas multidisciplinarias especializadas en los campos de cartografía, geografía, historia y geofísica, las cuales deben contribuir a la integración regional y desarrollo sostenible en las áreas de cambio climático, ordenamiento territorial, gestión de riesgos naturales y patrimonio histórico, áreas en las cuales se realizan proyectos directamente vinculados con la ejecución de la Agenda del IPGH 2010 - 2020. En el ámbito de los desastres naturales, estas líneas pueden financiar, por ejemplo, estudio de las dimensiones que caracterizan a una sociedad resiliente, desde diferentes perspectivas, sea física, social, cultural, económica, ecológica, entre otras, tal como señala la Comisión de Resiliencia ante Desastres Naturales (CREDEN) en la Tarea 2 de la Mesa Resiliencia.

La línea de financiamiento del Programa RISE es parte de Horizon 2020 de la Comisión Europea, que está orientado hacia el desarrollo de la investigación científica, cuyo público objetivo son académicos y no académicos pertenecientes a pequeñas y medianas empresas. El Programa RISE acumula un monto de

financiamiento de 425 millones de pesos anuales para proyectos de 2 años de duración, fomentando el intercambio de conocimientos e ideas, por medio de la generación de asociaciones que tienen como resultado un proyecto de investigación e innovación. Las principales áreas de estudio que promueve esta línea de financiamiento son humanidades y ciencias socioeconómicas, de manera que en el ámbito de los desastres naturales esta línea puede financiar, por ejemplo, investigaciones sobre la gestión del espiral del riesgo frente a un eventual tsunami con investigadores de países que han sido afectados, para así disminuir los impactos que producen estos fenómenos en todos los ámbitos de la sociedad.

El Programa CoFund de la Comisión Europea también es parte de Horizon 2020; financia proyectos para el fortalecimiento del capital humano a través de la creación de doctorados o sistemas de becas regionales, nacionales o internacionales, para así fomentar la excelencia en la formación, movilidad y desarrollo profesional de los investigadores pertenecientes a universidades y centros de investigación. Esta línea de financiamiento presenta un monto anual de 1.400 millones de pesos para proyectos de hasta 5 años, en humanidades y ciencias socioeconómicas. Como hemos mencionado anteriormente, el programa consta de la creación de doctorados y el sistema de becas, el primero permite la ampliación de las competencias de investigación de los postulantes, los cuales deben estar inscritos en un programa de doctorado al momento de la postulación, mientras que el programa de becas se encuentra destinado a investigadores experimentados. En el ámbito de los desastres naturales, este programa permitiría el fortalecimiento de capital humano avanzado en este ámbito, factor que es de vital importancia para el desarrollo de las estrategias propuestas por la Comisión de Resiliencia ante Desastres Naturales (CREDEN).Destacamos que Horizon 2020 es un programa marco que presenta las principales líneas de financiamiento, en lo que respecta a montos anuales disponibles; es la principal fuente de financiamiento para actividades de investigación científica, desarrollo tecnológico e innovación desde la Unión Europea. El objetivo de Horizon 2020 es garantizar que la Unión Europea produzca ciencia de primer nivel, elimine las barreras a la innovación y facilite que los sectores público y privado trabajen unidos para ofrecer innovación, para lo cual cuenta con un presupuesto disponible para los 7 años del programa de 77.028 millones de euros. Otro aspecto destacable de este programa marco, es que por primera vez integra todas las fases desde la generación del conocimiento hasta las actividades más próximas al mercado, a saber: investigación básica, desarrollo de tecnologías, proyectos de demostración, líneas piloto de fabricación, innovación social, transferencia de tecnología, pruebas de concepto, normalización, apoyo a las compras públicas precomerciales, capital riesgo y sistema de garantías; favoreciendo así el diálogo entre los sectores público y privado.

Las convocatorias a los fondos de este programa, están abiertas a una amplia gama de entidades (organismos públicos, empresas, universidades, etc.) e investigadores, sean éstos de la Unión Europea, países asociados a Horizon 2020²⁵ y países fuera de la Unión Europea explícitamente listados (European Commission, 2016)²⁶; entre ellos Chile, que son automáticamente elegibles para participar.

Islandia; Noruega; Albania; Bosnia-Herzegovina; Antigua República Yugoslava de Macedonia; Montenegro; Serbia; Turqía; Israel; Moldovia; Suiza; Islas Feroe; Ucrania; Túnez; Georgia; Armenia.

European Comissión (2016) H2020 Programme. Fundings of applicants from non-EU countries and international organisations. Disponible en https://ec.europa.eu/research/participants/data/ref/h2020/grants_manual/hi/3cpart/h2020-hi-3cpart_en.pdf

La mayoría de las convocatorias requiere de la creación de un consorcio que, generalmente, debe incluir tres entidades diferentes de tres países europeos diferentes, además de la incorporación de socios de terceros países. De esta forma, Horizon 2020 fomenta transversalmente la inclusión de equipos de investigación de países no pertenecientes a la Unión Europea en igualdad de condiciones con los socios europeos.

Este programa se organiza en tres áreas de investigación principales (llamadas pilares) los cuales son: i) ciencia de excelencia, ii) liderazgo industrial y iii) desafíos sociales, las que presentamos a continuación.

- Ciencia de Excelencia: este programa se focaliza en la investigación científica básica. El presupuesto de este pilar es de 24 mil millones de euros y se compone de las siguientes líneas de financiamiento:
 - Investigación financiada por el Consejo Europeo de Investigación: Financia a largo plazo proyectos de investigación de excelencia que sean novedosos y potencialmente muy rentables (13 mil millones de euros de presupuesto).
 - Acciones Marie Sklodawska Curie: Provee a los investigadores con excelente carrera y formación oportunidades de desarrollo y movilidad (6,1 mil millones de euros de presupuesto).
 - Tecnologías futuras y emergentes: Financia investigación colaborativa que exploran nuevos y promisorios campos de investigación e innovación (2,7 mil millones de euros de presupuesto).
 - Infraestructuras de investigación: Tiene como objetivo dotar a Europa de infraestructura de investigación de clase mundial (2,5 mil millones de euros de presupuesto).
- Liderazgo industrial: El objetivo de este pilar es acelerar el desarrollo de las tecnologías e innovaciones que sirven de base para las empresas y ayudar a las pymes innovadoras europeas. Cuenta con un presupuesto de 17 mil millones de euros. Este pilar se compone de tres líneas específicas: i) liderazgo en tecnologías industriales y de capacitación (apoyo en tecnologías de información y comunicación, nanotecnología, materiales avanzados, biotecnología, fabricación de materiales y el espacio); ii) acceso y financiación de riesgo; iii) innovación en las pymes.
- Desafíos sociales: El tercer pilar busca financiar soluciones a los retos actuales de la sociedad, contando para esto con un presupuesto de 30 mil millones de euros. El objetivo es estimular la investigación y la innovación para alcanzar soluciones a los problemas sociales y económicos en las áreas de salud y bienestar, energía, transporte, alimentación, agua, agricultura y biotecnología; cambio climático, eficiencia de recursos y medioambiente; seguridad y sociedad inclusiva.

Además de estos tres pilares, se destina un presupuesto de: i) 1.200 millones de euros para financiar temas tales como ciencia para la sociedad, difusión de la excelencia y ampliación de la participación; ii) 2.000 millones para el Centro Común de Investigación (JRC); iii) 3.000 millones para el Instituto Europeo de Innovación y Tecnología (EIT).

Para postular a una convocatoria y acceder a fondos de Horizon 2020 se debe ingresar la propuesta de investigación al portal de las convocatorias y seguir las instrucciones del sistema de postulación. Todos los documentos deben estar en idioma inglés, y además el postulante se debe asegurar de formar parte

de un consorcio de al menos tres participantes²⁷, Luego de la fecha límite del envío de la propuesta, un panel de especialistas independientes en el área de la propuesta evaluará bajo una lista de criterios la obtención de financiamiento, y una vez que la propuesta pase la fase de evaluación (de cinco meses de duración), los postulantes serán informados y se firmará un acuerdo que indica las condiciones propuestas, derechos y obligaciones del postulante y la Comisión Europea. El plazo para firmar el acuerdo de financiamiento es generalmente de tres meses.

5.2 Estimación del gasto en investigación y desarrollo en materia de desastres naturales²⁸

Los resultados de la revisión documental para estimar el gasto histórico en investigación y desarrollo en materia de desastres naturales en Chile se presentan en la Figura 5.8, donde mostramos la evolución anual del presupuesto público en investigación y desarrollo en materia de desastres naturales en Chile para la década 2006 – 2015, según fuentes de financiamiento de los proyectos identificados. De acá podemos observar que en los años 2010, 2011 y 2012 se produjo un crecimiento considerable en los montos de cofinanciamiento a proyectos de investigación y desarrollo en materia de desastres naturales. Los proyectos cofinanciados por el Ministerio de Economía solo estuvieron vigentes entre los años 2007 y 2010. Por su parte, los montos de Corfo para cofinanciar proyectos en materia de desastres naturales comienzan en 2010, el mismo año del desastre 27F y alcanzan un máximo en los años 2011 y 2012, y luego disminuyen. Por último, notamos que el cofinanciamiento proveniente desde Conicyt, ha crecido de manera sostenida a lo largo de los años, aun cuando el mayor crecimiento fue dos años después del desastre 27F.

²⁷ Para este requisito existen redes de investigación para buscar socios, como por ejemplo la red CORDIS.

²⁸ En el Capítulo 4 del documento anexo al presente informe, se presenta el detalle del modelo para estimar el gasto en investigación y desarrollo en materia de desastres naturales.

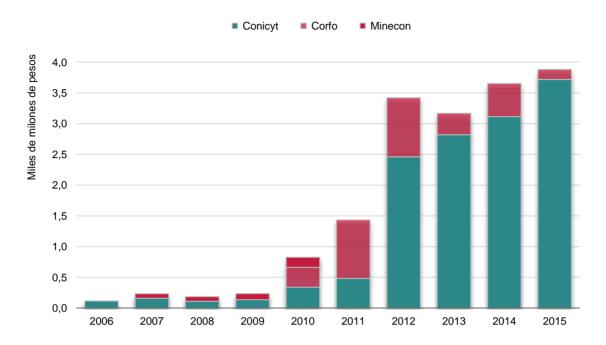


Figura 5.8. Evolución del presupuesto público en proyectos de investigación y desarrollo ejecutados en Chile en materia de desastres naturales en el período 2006- 2015. Elaboración propia

En cuanto a la evolución del presupuesto público registrado en proyectos de investigación y desarrollo ejecutados en Chile en materia de desastres naturales, según instrumento de financiamiento, la Figura 5.9 muestra en detalle los montos de los diferentes instrumentos que cofinancian los proyectos identificados. Los programas que pertenecen a Conicyt son Fondef, Fondecyt, Fondap, Programa de Atracción e Inserción (PAI), Programa de Cooperación Internacional (PCI) y Programas Regionales. En el caso de Corfo los programas relevantes son Bienes Públicos e I+D Aplicada. Finalmente, en cuanto a los programas del Ministerio de Economía se tiene la Iniciativa Científica Milenio. Desde la Figura 5.9 observamos lo siguiente: Fondecyt es el instrumento más antiguo identificado que destina recursos para la investigación científica y desarrollo tecnológico asociado a desastres naturales y es el instrumento que presenta el mayor crecimiento durante el período de análisis. Corfo registra proyectos financiados a partir de 2010, a través del instrumento Bienes Públicos para la reconstrucción y desde el año 2011 ha destinado recursos a temas asociados a desastres naturales a través del instrumento I+D aplicada, el cual presenta un decrecimiento en los montos asignados o adjudicados cada año respecto al año anterior. Fondef y Fondap, instrumentos de Conicyt, registran proyectos financiados desde el 2011 y 2012, respectivamente, presentando el primer instrumento un comportamiento monótonamente creciente y el segundo un comportamiento uniforme.

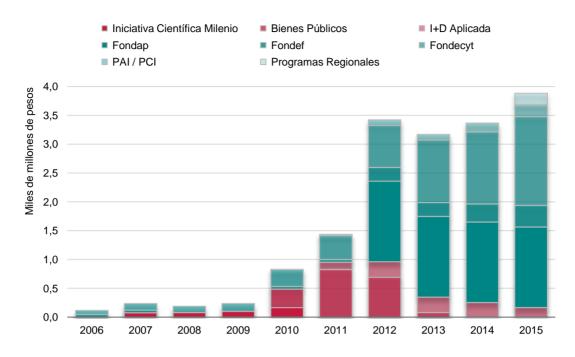


Figura 5.9. Evolución del presupuesto público en proyectos de investigación y desarrollo ejecutados en Chile en materia de desastres naturales, según instrumento de financiamiento.

Elaboración propia

En el análisis de los proyectos financiados según fenómeno relacionado, en la Figura 5.10 mostramos el detalle del gasto público en proyectos de investigación y desarrollo vinculados a terremotos, tsunamis, erupciones volcánicas, sequias, inundaciones, incendios y eventos de remoción en masa. Además, hemos definido una categoría adicional la cual denominamos transversal, que comprende aquellas iniciativas vinculadas al estudio de dos o más desastres naturales. Dada la relevancia para este trabajo, en este gráfico distinguimos, también, los proyectos asociados a temas de resiliencia ante desastres naturales, como una categoría separada. Desde la Figura 5.10 observamos que existen iniciativas relacionadas sólo con el estudio de la resiliencia a partir del año 2010 en adelante, sin embargo el gasto destinado a esta categoría de proyectos disminuye continuamente a partir de 2012. En relación a los fenómenos naturales que originan desastres, para el caso de iniciativas relacionadas con terremotos y erupciones volcánicas hemos identificado cofinanciamiento de éstas desde el año 2006 en adelante. En el caso de iniciativas relacionadas con el estudio de la remoción en masa, éstas se registran a partir del año 2007, sin embargo, durante el periodo 2011 - 2013 no se identifican iniciativas relacionadas exclusivamente con este fenómeno. En el caso de las iniciativas vinculadas al estudio de inundaciones y tsunamis, éstas se registran desde el año 2009 en adelante, mientras que ara los fenómenos seguía e incendio hemos identificado iniciativas a partir desde los años 2010 y 2012 respectivamente.

La categoría transversal registra iniciativas durante todo el periodo de análisis involucrando, en general, proyectos relacionadas con terremoto y otra categoría adicional, tales como: terremoto-tsunami-resiliencia (2005), terremoto-tsunami (2006), terremoto-resiliencia (2010), terremoto-erupciones volcánicas-inundación-resiliencia (2010), terremoto-tsunami-erupciones volcánicas-inundación-resiliencia (2010),

terremoto-tsunami-erupciones volcánicas-inundación-resiliencia (2010), terremoto-tsunami-inundación-remoción en masa-resiliencia (2012), terremoto-tsunami-erupciones volcánicas-inundación-remoción en masa (2015). Adicionalmente, en esta categoría encontramos otras dos combinaciones no asociadas al fenómeno terremoto: sequía-inundación e incendio-resiliencia, las cuales se registran a partir del año 2010 y 2014 respectivamente.

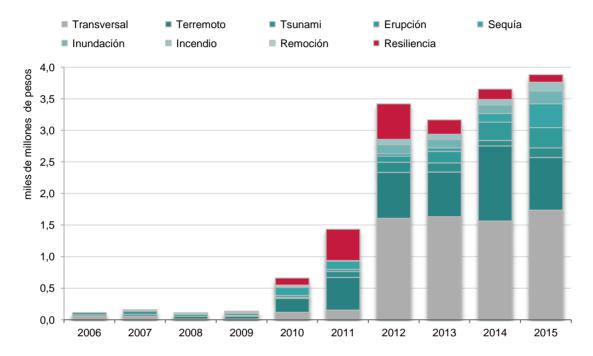


Figura 5.10. Evolución del gasto público en investigación y desarrollo en desastres naturales según fenómeno de estudio. Elaboración propia

Finalmente podemos combinar las variables de caracterización utilizadas anteriormente para analizar qué fuentes e instrumentos públicos han financiado actividades de investigación y desarrollo asociadas a los fenómenos naturales relevantes para el presente estudio. En la Figura 5.11 mostramos para cada una de las categorías definidas la cuota financiada por las fuentes identificadas. Desde la figura observamos que el Ministerio de Economía solo ha financiado iniciativas relacionadas con terremotos. Corfo por su parte ha financiado iniciativas relacionadas con terremoto, sequía, tsunami, resiliencia e inundación, mientras que Conicyt ha financiado todas las categorías definidas.

Considerando solo los montos financiados durante el periodo 2006 – 2015 podemos decir que Conicyt ha sido la principal fuente de financiamiento para cada una de las categorías definidas, superando el 50% del total en cada una de éstas.

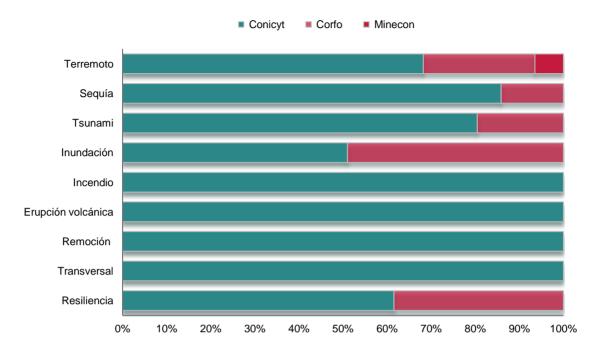


Figura 5.11. Participación de las fuentes de financiamiento en proyectos de investigación y desarrollo ejecutados en Chile en materia de desastres naturales, por fenómeno de estudio.

Elaboración propia

Finalmente, en la Figura 5.12 mostramos la cuota de participación que han tenido los diferentes instrumentos para el estudio de los fenómenos. Desde la figura vemos que el instrumento Fondecyt, perteneciente a Conicyt, ha cofinanciado iniciativas en todas las categorías siendo el principal instrumento que financia el estudio científico y/o desarrollo tecnológico de incendios y erupciones volcánicas. Otro instrumento de Conicyt que destaca es el Programa de Cooperación Internacional, el cual ha cofinanciado más del 50% de los montos asociados al estudio del fenómeno remoción en masa y presenta en todas la categorías, salvo tsunami, una cuota de participación. Por su parte, Corfo ha cofinanciado proyectos relacionados con terremotos, sequías, tsunamis y resiliencia a través del instrumento Bienes Públicos. Mientras que el otro instrumento de Corfo, I+D aplicada, solo ha cofinanciado iniciativas asociadas a terremotos e inundaciones, siendo en esta última el responsable de aproximadamente el 60% de los fondos totales. En relación a los instrumentos que aparecen financiando una sola categoría definida, se observa que la Iniciativa Científica Milenio ha cofinanciado proyectos asociados a terremotos, los programas regionales solo aparecen en la categoría Incendio y Fondap en la categoría Transversal.

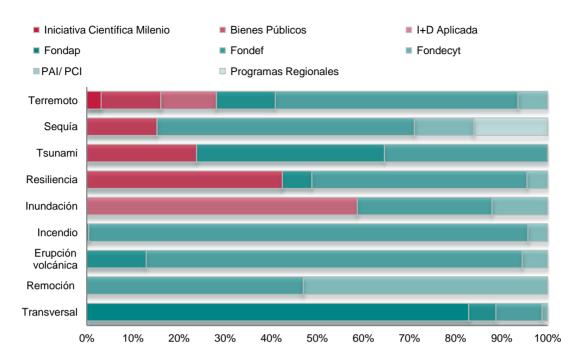


Figura 5.12. Cuota de participación de los instrumentos de financiamiento por fenómeno de estudio. Elaboración propia

C. Estimación del gasto público y privado

En la Figura 5.13 presentamos el resultado de la estimación de la evolución del gasto total en investigación y desarrollo en materia de desastres naturales en Chile para el periodo 2011 – 2020. Esta figura muestra el considerable incremento que tuvo el gasto a partir del año 2012. Desde entonces, de acuerdo a nuestra estimación, el gasto total se ha mantenido relativamente constante, levemente sobre los 8.000 millones de pesos anuales hasta 2016. En el caso de un escenario de crecimiento moderado del Producto Interno Bruto (PIB), este gasto podría aumentar y superar los 10.000 millones de pesos anuales en el 2020. En esta figura también podemos observar el desglose general del gasto financiado por el sector público y por el sector privado. En términos generales el gasto estimado corresponde a un 0,006% Producto Interno Bruto (PIB) a precios corrientes.

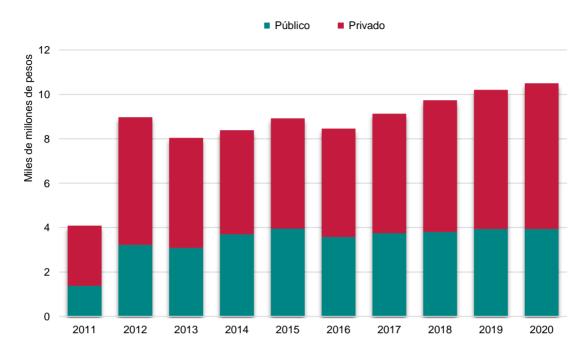


Figura 5.13. Evolución estimada del gasto total en investigación y desarrollo en materia de desastres naturales en Chile para un escenario de crecimiento moderado. Elaboración propia

En la Figura 5.14 presentamos el desglose del gasto financiado por el sector público (a) y por el sector privado (b) en materia de desastres naturales en el periodo 2011 – 2020. Particularmente, para el quinquenio 2016 – 2020 mostramos nuestra estimación para tres escenarios de crecimiento del Producto Interno Bruto (PIB): i) desfavorable, ii) moderado, iii) favorable. Consistente con la Encuesta sobre Gasto y Personal en Investigación y Desarrollo, de estas figuras podemos observar que el gasto público y el gasto privado tienen magnitudes similares. En efecto, en los últimos cinco años, el gasto público se sitúa en torno a los 3.500 millones de pesos anuales, en tanto que el gasto privado alcanza unos 5.000 millones de pesos anuales. Teniendo en cuenta la dispersión de las variables utilizadas para la estimación y proyección del modelo, consideramos que el error de los montos del gasto público total es de ± 8 puntos porcentuales, en tanto que para el gasto privado total el error en los montos es de ± 10 puntos porcentuales, ya que en cada caso la norma euclidiana de la dispersión de cada una de las componentes respectivas no supera este valor.

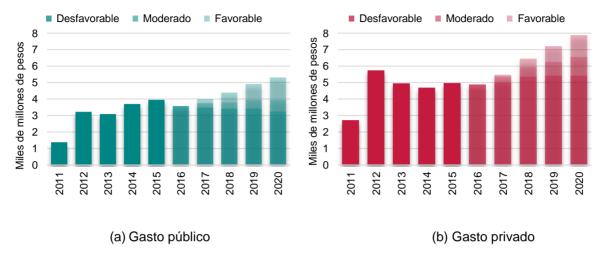


Figura 5.14. Evolución estimada del gasto en investigación y desarrollo en materia de desastres naturales según sector: a) gasto público y b) gasto privado. Elaboración propia

En la Figura 5.15 mostramos el desglose de nuestra estimación del gasto financiado por el sector público en materia de desastres naturales para cuatro categorías relevantes en el periodo 2011 – 2020. Para facilitar las comparaciones, las ordenadas de todos los gráficos son iguales. Particularmente, para el quinquenio 2016 – 2020 mostramos los resultados de nuestra estimación para tres escenarios de crecimiento del Producto Interno Bruto (PIB): i) desfavorable, ii) moderado, iii) favorable. De la Figura 5.15 (a) podemos comprobar que poco más del 78% del gasto público corresponde al cofinanciamiento de proyectos de investigación y desarrollo en materia de desastres naturales ejecutados en el país. Los montos mostrados en este gráfico fueron determinados revisando las bases de datos de proyectos financiados por fondos administrados por Conicyt, Corfo, Ministerio de Agricultura, Ministerio de Economía, Fomento y Turismo, entre otros. El gasto público ejecutado por entidades nacionales corresponde aproximadamente al 11% del gasto público y se puede desglosar en dos subcategorías: los fondos generales universitarios, cuya evolución se muestra en la Figura 5.15 (b), y los fondos para otras instituciones, por ejemplo institutos tecnológicos públicos, cuya evolución se muestra en la Figura 5.15 (c). Los resultados de esta inversión se ven reflejados en la producción científica de las universidades y organismos públicos que presentamos en la Sección 3.1. Finalmente en la Figura 5.15 (d) mostramos la evolución del gasto público en proyectos ejecutados fuera de Chile, que corresponde a 11% del presupuesto público total destinado a investigación y desarrollo; en esta categoría se encuentran las becas para estudios de postgrado fuera del país. Los becarios beneficiados por este financiamiento fueron presentados en la Sección 2.2.

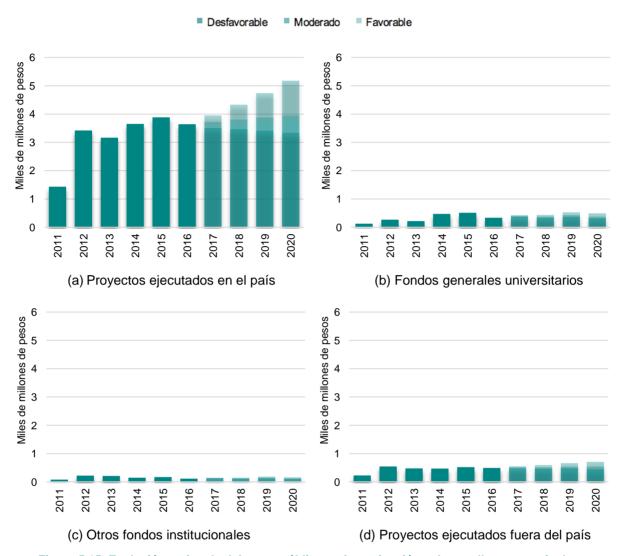


Figura 5.15. Evolución estimada del gasto público en investigación y desarrollo en materia de desastres naturales, según categoría de gasto: a) Proyectos ejecutados en el país, b) Fondos generales universitarios, c) Otros fondos institucionales, d) Proyectos ejecutados fuera del país.

Elaboración propia

En la Figura 5.16 mostramos el desglose de nuestra estimación del gasto financiado por el sector privado en materia de desastres naturales para cuatro categorías de entidades en el periodo 2011 – 2020. Para facilitar las comparaciones, las ordenadas de todos los gráficos son iguales. Para el quinquenio 2016 – 2020 mostramos los resultados de nuestra estimación para los tres escenarios definidos anteriormente. De los gráficos podemos comprobar que la mayor parte del gasto privado proviene de empresas (56%). Parte de este gasto está destinado a cofinanciar principalmente los proyectos de desarrollo ejecutados en el país que se incluyen en la primera componente del gasto público. Le siguen el gasto de las instituciones de educación superior (24%) así como el gasto financiado con fondos internacionales (18%). En el caso de las instituciones de educación superior, se incluye principalmente el gasto de las universidades

para cofinanciar los proyectos de investigación científica ejecutados en el país que se incluyen en la primera componente del gasto público. Finalmente, las entidades privadas sin fines de lucro contribuyen sólo en menor grado (2%) al gasto en investigación y desarrollo en materia de desastres naturales en Chile. De acá podemos observar que el financiamiento internacional disminuye cuando el gasto público en proyectos de investigación y desarrollo ejecutados en el país aumentan y viceversa.

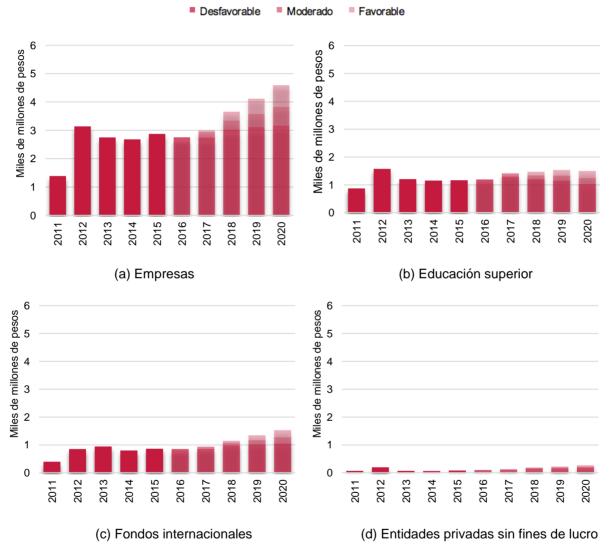


Figura 5.16. Evolución estimada del gasto público en investigación y desarrollo en materia de desastres naturales para diferentes categorías de entidades: (a) empresas, (b) educación superior, (c) fondos internacionales, (d) entidades privadas sin fines de lucro. Elaboración propia

Finamente, en la Figura 5.17 mostramos el desglose de nuestra estimación del gasto total en materia de desastres naturales, financiado tanto por el sector público como por el sector privado, para los diferentes tipos de desastres naturales materia del trabajo, así como para el estudio de la resiliencia en el periodo 2011 – 2020. De acá podemos observar que aproximadamente un 44% de este gasto se destina a activi-

dades de investigación y desarrollo que involucran más de un tipo de desastre natural así como tipos de desastres naturales que no son foco del presente estudio. Pese a que en esta categoría se incluyen muchas combinaciones, en ella destaca la categoría terremoto-tsunami-inundación-remoción en masaresiliencia con un 74% de los montos asociado a la categoría transversal, luego la categoría terremoto tsunami (8%), sequía-inundación (5%) y terremoto-erupciones volcánicas-inundación-resiliencia (4%), las otras categorías tienen una cuota de participación dentro de la categoría transversal menor al 2%.

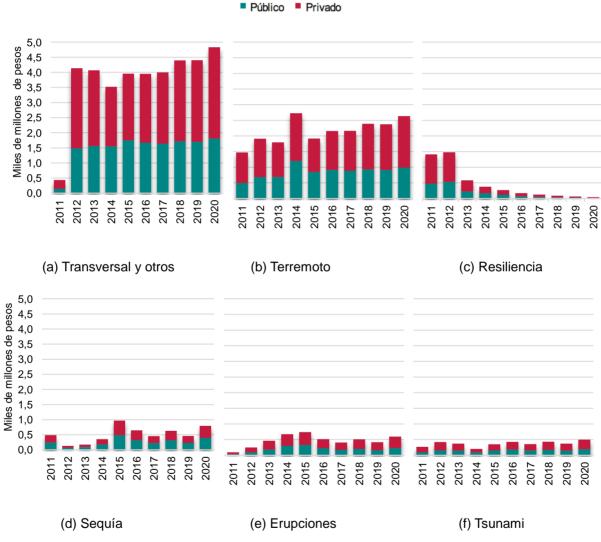


Figura 5.17. Evolución estimada del gasto público en investigación y desarrollo en materia de desastres naturales según tipo de desastres: (a) transversal y otros, (b) terremoto, (c) resiliencia (d) sequía, (e) erupciones, (f) tsunami, (g) inundación, (h) incendio, (i) remoción en masa.

Elaboración propia

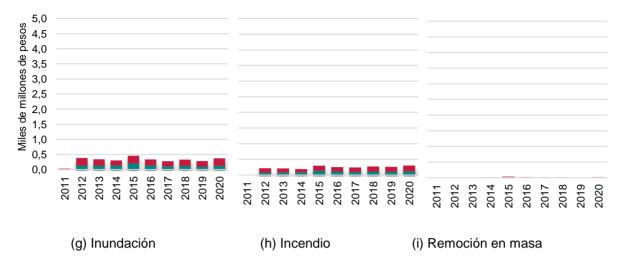


Figura 5.17. (cont.) Evolución estimada del gasto público en investigación y desarrollo en materia de desastres naturales según tipo de desastres: (a) transversal y otros, (b) terremoto, (c) resiliencia (d) sequía, (e) erupciones, (f) tsunami, (g) inundación, (h) incendio, (i) remoción en masa. Elaboración propia

Dentro de las categorías relacionadas con sólo un tipo de desastre naturales, la más importante es la de terremotos. Estos fenómenos acumulan aproximadamente un 25% del gasto total y la tendencia es creciente. Para los otros tipos de desastres naturales el gasto es comparativamente muy bajo, y en todos los casos, menor al 5% del gasto total. En este sentido destaca negativamente la remoción en masa; fenómeno que históricamente ha atraído el menor financiamiento para su estudio, con menos del 1% del gasto total. En términos de mayores volúmenes, luego del gasto en investigación y desarrollo en terremotos sigue el gasto en resiliencia ante desastres naturales, con una cuota del 8% del gasto total. Sin embargo, de la Figura 5.17 (c) podemos observar que este gasto ha ido a la baja después de 2012.

En cuanto al error de estimación asociado a la categoría terremotos y resiliencia hemos calculado que éste se encuentra en el rango \pm 15 puntos porcentuales, en tanto que para las categorías tsunami, erupción volcánica, incendio, sequia, inundación y remoción en masa el error de estimación es menor a \pm 10 puntos porcentuales. Para la categorial transversal, consideramos que el error de estimación es menor a \pm 20 puntos porcentuales, lo cual es consistente con el hecho de que en esta categoría hemos agrupado diferentes fenómenos por conveniencia matemática sin un significado físico propio.

6 Comentarios finales

El hecho de que los especialistas se concentren principalmente en el ámbito académico, supone la necesidad de intensificar la promoción de espacios de formación y especialización de otros profesionales que ejercen sus labores en los ámbitos público y privado vinculados a dimensiones menos científicas y más aplicadas de la gestión del riesgo de desastres naturales.

A partir de los resultados es posible señalar que las capacidades de investigación, desarrollo e innovación en Chile requeridas para la construcción de una nación resiliente ante futuros desastres naturales presentan un alto grado de concentración en términos geográficos, institucionales y temáticos.

En el primer caso, hemos visto que la localización de los investigadores sigue un patrón de concentración fuertemente vinculado a la distribución de la población del país. Este resultado no es novedoso en sí mismo, pero sí permite cambiar el foco de la discusión tradicional en cuanto a la concentración de recursos en la Región Metropolitana y no solo distinguir que existirían regiones del país que deberían contar con más recursos humanos especializados, sino que también estimar cuántos recursos son los faltantes para alcanzar cierto nivel de equidad entre regiones. Así las cosas, la escasez o incluso la falta de especialistas en algunas regiones del país es una brecha que debería ser superada para construir una nación resiliente ante futuros desastres naturales. Contar con estudios representativos a nivel nacional es una condición necesaria, más aún si se tiene en cuenta que algunos tipos de desastres naturales tienen mayor recurrencia en determinadas regiones del país.

En el segundo caso, la concentración de investigadores también se manifiesta en los actores institucionales. Hemos visto que los investigadores especialistas en materia de desastres naturales se encuentran en mayor proporción en aquellas instituciones más antiguas del país y que cuentan con mayor número de investigadores con grado de doctorado. Aunque este resultado es lógicamente esperable, es posible notar que la relación entre la producción científica en temas relacionados con desastres naturales y el número de investigadores con doctorado no es lineal. Así es como las entidades con menor número de investigadores especialistas presentan un nivel de producción científica similar, mientras que, a partir de una cierta cantidad de investigadores por entidad, la producción científica aumenta en forma sobreproporcional. Este hecho evidencia que la generación de conocimiento en materia de desastres naturales por parte de universidades pequeñas estaría condicionada por su capacidad para atraer y retener capital humano avanzado (especialistas con grado de doctor), dado que sólo aquellas universidades que cuentan con mayores recursos (i.e. capacidades humanas, científicas o tecnológicas) tienen más probabilidades de realizar contribuciones significativas al estudio de los desastres naturales, mientras que la oportunidad de generar investigación y desarrollo de excelencia queda en manos de unas pocas entidades y actores. En el contexto del fomento de creación y desarrollo de capacidades humanas científicas en determinadas regiones y entidades, se debe tener en cuenta la evidencia presentada en el estudio en cuanto a que para que las actividades de investigación y desarrollo sean efectivas en términos de impacto científico, es necesaria la existencia de una masa crítica de recursos humanos altamente calificados. En este sentido, tanto la concentración geográfica como institucional de las capacidades humanas y científicas existentes para el estudio de los desastres naturales implica la necesidad de intencionar procesos de desarrollo de la investigación científica que atiendan a las especificidades y realidades concretas de las entidades generadoras de conocimiento, ya que, evidentemente, hasta la fecha, los modelos existentes no han abordado la reducción de la brecha en producción científica entre universidades.

En el tercer caso, el hecho de que actualmente la producción científica en materia de desastres naturales esté concentrada en las ciencias naturales y técnicas da cuenta de la tendencia hacia el estudio de los fenómenos físicos que los originan, dejando en un segundo plano la incorporación de otros campos y disciplinas que permitirían la comprensión de los desastres naturales con una perspectiva multidisciplinar, involucrando otras dimensiones asociadas al estudio y gestión del riesgo, necesarios para desarrollar la resiliencia. Esto representa una fortaleza en relación con la generación de conocimiento de la dimensión física de las amenazas naturales y la exposición. Sin embargo, al mismo tiempo constituye un desafío estimular la mayor integración y el desarrollo de la producción científica desde las ciencias sociales (disciplinas tales como la economía, ciencias políticas, sociología, psicología, entre otras), para fortalecer el rol de la investigación al servicio de la gestión del riesgo, facilitando la disposición del conocimiento generado a los tomadores de decisiones y de la comunidad para el fortalecimiento de la resiliencia ante desastres naturales.

Adicionalmente, debe llamar la atención que la mayor parte del volumen de publicaciones se relacione con el estudio de desastres naturales originados por terremotos, dado que existen múltiples amenazas que pueden originar desastres con impactos, aunque menores en nivel de destrucción o en términos de la recuperación, sí con mayor recurrencia y más localizados sobre comunidades específicas (por ejemplo, remoción en masa, incendios, inundaciones). Esto se apoya en los resultados expuestos del análisis de redes de colaboración científica, donde queda en evidencia que el desarrollo de la investigación según fenómeno ha sido dispar, tanto en términos del número de actores involucrados como en términos de los niveles de colaboración, tanto entre investigadores residentes en Chile, como entre éstos e investigadores residentes en el extranjero. El análisis de la vinculación entre los fenómenos muestra, además, que son pocos los estudios desde la perspectiva de amenazas múltiples. Por tanto, si se busca construir una nación resiliente es importante fortalecer las redes menos desarrolladas, a fin de intensificar la colaboración entre los actores del Sistema y mejorar la comprensión de los desastres naturales en todas sus dimensiones.

Siendo el desarrollo de la resiliencia un propósito de alcance nacional, a la luz de los antecedentes anteriormente expuestos, la componente territorial emerge del análisis con mayor relevancia, dado que frente a la concentración geográfica de las capacidades de investigación se hace necesaria una política pública que pueda revertir la situación de concentración de capacidades, teniendo en consideración que el forta-lecimiento de éstas en los territorios resulta necesario para aspirar a la equidad de las personas expuestas a riesgos naturales, por la vía de la generación y disposición del conocimiento al servicio de la sociedad, entre otras.

En este sentido, es necesario recordar que la concentración en determinadas regiones, así como en determinadas instituciones, se debe a factores estructurales difíciles de modificar en el corto y mediano plazo; sin embargo, la política pública puede y debe tender a alcanzar condiciones de mayor equidad entre actores en las regiones del país. Por este motivo, consideramos que las recomendaciones de la Comisión para la Resiliencia ante a Desastres Naturales (CREDEN), en cuanto al fortalecimiento y atracción de capital humano avanzado con la intención de fomentar la formación local de capacidades, son pertinentes, sin embargo, éstas también deberían incorporar la dimensión territorial para reducir la concentración a nivel de regiones, universidades, tipos y temas de desastres naturales estudiados, etc.

Por otra parte, la existencia de una oferta significativa de programas de formación y especialización habilitantes para el estudio de los desastres naturales, representa una oportunidad para el desarrollo de capital humano en todos los niveles de educación terciaria. Particularmente, los programas de formación a nivel de técnicos superiores y profesionales sin licenciatura, por ejemplo, en el ámbito de prevención de riesgos, pueden ser mejorados para potenciar la capacidad de respuesta frente a desastres naturales. En tanto, la oferta de programas de postgrado explícitamente orientados al estudio de los desastres naturales es prácticamente inexistente, esto considerando que Chile cuenta con capacidades humanas, científicas y de financiamiento suficientes como para desarrollar una oferta académica atractiva, incluso a nivel internacional, que permita a Chile posicionarse como un referente en el estudio y gestión de los desastres naturales.

Con todo, las capacidades humanas y científicas existentes requieren ser potenciadas, por ejemplo, por medio de la cooperación internacional, para así capitalizar las ventajas comparativas que tiene Chile como laboratorio natural para el estudio de los desastres naturales.

CameronPartners Innovation Consultants

Richard-Wagner-Str. 29 | 68165 Mannheim | Alemania Edmundo Larenas 438 | 4070415 Concepción | Chile www.cameron-partners.com