

# RESUMEN EJECUTIVO

## Contexto

El contexto andino nos confronta con amenazas geofísicas que presentan características conspicuas: gran diversidad, alta magnitud o tamaño y alta frecuencia. Por sus características geográficas y geológicas, Chile es un territorio en el que constantemente ocurren y seguirán ocurriendo terremotos, tsunamis, inundaciones, sequías, incendios forestales, deslizamientos, marejadas, trombas marinas y recientemente fenómenos como la "marea roja". Dada su localización en el Anillo de Fuego del Pacífico, nuestro país es uno de los que presenta la más alta actividad volcánica y sísmica del mundo, siendo dentro de los miembros de la OECD, el más expuesto a desastres de origen natural, con el 54% de su población y el 12,9% de su superficie total expuesta a tres o más tipos de estas amenazas<sup>2</sup>. Las consecuencias de esta condición se manifiestan en dimensiones y escalas que impactan a toda la sociedad y afectan el desarrollo del país.

Una contingencia hidrometeorológica de El Niño o de La Niña, que afecta cíclicamente con inundación o sequía, tiene muchas veces un fuerte impacto en las comunidades, ocasiona serios daños en la infraestructura vial y la industria minera y/o agropecuaria, y pueden llegar a reducir en un 0,19% el crecimiento del PIB y aumentar en un 0,39% la inflación en el país<sup>3</sup>. Según el informe de la Superintendencia de Valores y Seguros, el terremoto y tsunami del 27 de febrero de 2010 produjo pérdidas de alrededor de 30 mil millones de dólares, lo que corresponde al 18% del PIB de Chile<sup>4</sup>.

Otro importante factor de peligro son los más de mil volcanes, 90 de ellos activos y dispersos a lo largo de nuestro territorio<sup>5</sup>. En los últimos diez años se han registrado cinco erupciones volcánicas, siendo la más importante la del volcán Chaitén en 2008, causando cuantiosos daños y destruyendo casi por completo la ciudad del mismo nombre.

En promedio, cada año entre 1980 y 2011, Chile registró pérdidas cercanas al 1,2% de su PIB debido a desastres de origen natural<sup>6</sup>.

La posibilidad de sufrir con frecuencia importantes daños y pérdidas tanto en términos de vidas humanas, como económicas y financieras, es uno de los mayores desafíos que enfrenta el país.

Al contexto citado, es imperativo sumar el fenómeno global del cambio climático, según la Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC), Chile cumple con siete de las nueve características que definen a un país como vulnerable, por sus zonas costeras bajas, zonas áridas, su cobertura forestal, la exposición a la sequía y desertificación, la alta contaminación atmosférica urbana, entre otras.

Finalmente, y como si fuera poco, debemos agregar una debilidad institucional para la reducción de riesgos, la que se manifiesta desde la incapacidad de regulación en distintos sectores productivos, hasta la sobre exigencia que recae sobre otros sectores que no cuentan con los recursos suficientes ni las atribuciones legales necesarias<sup>7</sup>.

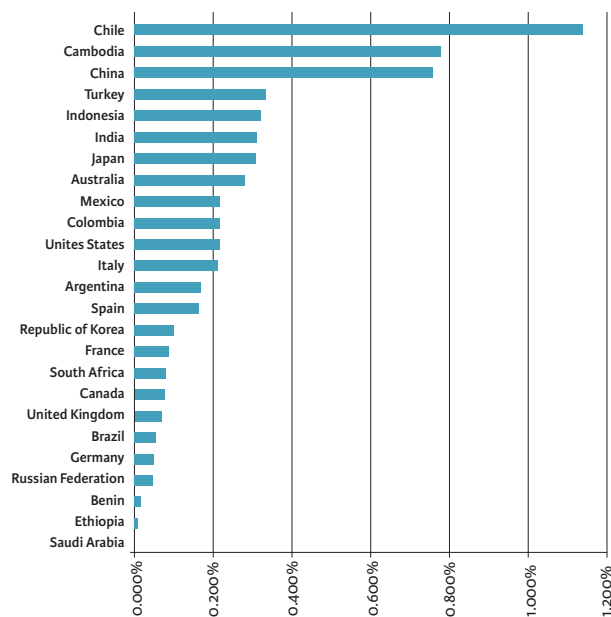
2 M Dille, Natural disaster hotspots: a global risk analysis. World Bank Publications, 2015.  
3 P Cashina, K Mohaddesb, M Raissi, Fair Weather or Foul? The Macroeconomic Effects of El Niño, 2015. [http://www.econ.cam.ac.uk/people/cto/km418/GVAR\\_EL\\_Nino.pdf](http://www.econ.cam.ac.uk/people/cto/km418/GVAR_EL_Nino.pdf)  
4 Superintendencia de Valores y Seguros de Chile, Análisis e Impacto del 27-F en el Mercado Asegurador, 2012.

5 SERNAGEOMIN, Ranking de los 90 volcanes activos de Chile, 2015.  
6 UNISDR, Global assessment report on disaster risk reduction, United Nations, 2015.  
7 Pej., ONEMI. Actualmente está en discusión en el Senado de la República, el Proyecto de Ley que crea el Servicio Nacional de Gestión de Riesgos y Emergencias (Boletín 7550-06), en trámite desde marzo de 2011.



**Pérdidas por desastres en G20 + otros países seleccionados en porcentaje del PIB**

PROMEDIO ANUAL ENTRE 1980-2011



Por consiguiente, esta Estrategia busca contribuir al desarrollo de un Chile más resiliente frente a desastres de origen natural mediante la consolidación y el desarrollo de nuevas capacidades de Investigación y de Desarrollo e innovación (I+D+i) que hagan viable una respuesta más eficiente a través de la identificación y comprensión de los factores que inciden en la construcción de riesgos siconaturales que desencadenan estas amenazas, a objeto de prepararnos, responder y recuperarnos de mejor manera y sistemáticamente frente a eventos con baja probabilidad de ocurrencia, pero de gran intensidad e impacto en la población, el entorno construido, y el medio ambiente.

En particular, se busca fortalecer y acelerar el desarrollo de las capacidades que Chile tiene en I+D+i para generar el conocimiento y la evidencia científica requerida que permita reducir en la sociedad, los impactos psicosociales, económicos y ambientales que derivan de los desastres y, a la vez, aportar valor al mundo aprovechando esta singularidad como una ventaja innovadora sostenible del país, que se transforma en una oportunidad de mayor equidad y desarrollo.

Esto implica, entre otras cosas, identificar, entender y mitigar el riesgo de personas y comunidades expuestas, así como los factores de vulnerabilidad subyacentes; proveer evidencia para mejorar el diseño y los lineamientos de nuestros procesos de toma de decisión y la generación de políticas públicas que conduzcan a una mayor resiliencia del entorno físico y social; contribuir al diseño, desarrollo, prototipado e implementación de las diferentes tecnologías necesarias para alcanzar un estado de mayor resiliencia; posicionar al país como un foco mundial para el I+D+i en resiliencia frente a desastres de origen natural;



innovar y generar una nueva industria basada en este elemento diferenciador del país; posicionar y ganar reconocimiento global para nuestra investigación en riesgo y resiliencia; y liberar suficientes recursos económicos que permitan financiar esta Estrategia en el largo plazo y así reasignar estos excedentes hacia un crecimiento continuo de la resiliencia y otras prioridades del país.

Respecto de la mirada global, esta propuesta se enmarca en la Estrategia Internacional para la Reducción de Desastres de las Naciones Unidas (UNISDR) acordada en 2005 en la discusión sobre el Marco de Hyogo, donde se proponen acciones para aumentar la resiliencia de las naciones y las comunidades ante los desastres. Ese mismo año, el Estado de Chile firmó este tratado, comprometiéndose a reducir de manera considerable las pérdidas que ocasionan los desastres, tanto en términos de vidas humanas como en cuanto a los bienes sociales, económicos y ambientales. Entre las recomendaciones de este acuerdo está la formulación de una Política Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres.

Dado lo anterior, y las falencias transversales demostradas por el terremoto y tsunami del 27 de febrero de 2010, el Estado de Chile decidió formar el año 2012 la Plataforma Nacional para la Reducción del Riesgo de Desastres liderada por la Oficina Nacional de Emergencia del Ministerio del Interior, ONEMI. Esta ha sido la encargada de elaborar la Política Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres, y de esta se ha derivado un Plan Estratégico Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres (2015-2018).

Los objetivos de la Política Nacional se derivaron directamente del Marco de Hyogo, que no contempla acciones directas relativas al descubrimiento científico y técnico. Sin embargo, durante la elaboración de estas propuestas, un nuevo marco de acción fue desarrollado en la Naciones Unidas para el periodo 2015-2030, el denominado Marco de Sendai para la Reducción del Riesgo de Desastres. Este segundo acuerdo, también firmado por el Estado de Chile, sí incluye de manera explícita el fomentar el conocimiento en desastres y garantizar su difusión promoviendo el acceso a datos fiables (Objetivo 1, Sendai). Estos compromisos también constituyen el marco en que se ha creado por mandato Presidencial la presente Comisión para el desarrollo de una Estrategia Nacional de I+D+i para la Resiliencia frente a Desastres de Origen Natural, **CREDEN**.

El trabajo aquí propuesto, por lo tanto, está fuertemente inspirado en la literatura mundial, y en particular en la estructura del documento *National Earthquake Resilience* del National Research Council (NRC) de Estados Unidos<sup>8</sup>, con las necesarias adecuaciones que permiten dar cuenta de más tipos de amenaza y, en especial, de las particularidades orgánicas e institucionales de nuestro país.

Como Comisión, la primera tarea que asumimos fue la construcción de una *visión* que fuera compartida y que se expresa en cuatro componentes: un conjunto de valores centrales que esta Estrategia mantuviera a través de su desarrollo en el tiempo, un propósito central, un conjunto de metas que siendo alcanzables fueran a la vez audaces, y una descripción viva del

8 National Research Council of the National Academies, *National Earthquake Resilience. Research, Implementation and Outreach*, 2011.

futuro que nos espera de alcanzar las metas de esta Estrategia (*futuro previsto*)<sup>9</sup>. Estos cuatro componentes definen la visión de CREDEN y que se transmite en el cuerpo de este documento.

Consecuentemente, nuestro propósito compartido es "hacer de Chile un país más resiliente frente a amenazas naturales mediante respuestas originales en el I+D+i que impacten positivamente a su desarrollo", y que se construyen sobre la base de los siguientes valores:

- Un I+D+i de excelencia sensible a los contextos físicos y sociales
- El compromiso con la calidad de vida y bienestar de las personas y comunidades expuestas
- La aspiración a la equidad de las personas expuestas a riesgos naturales
- El fomento a la participación responsable y significativa de todos los actores
- La generación de una cultura resiliente para nuestro país
- Un I+D+i que aporte a una gobernanza efectiva en la gestión de riesgos naturales

**El propósito compartido de esta Comisión es "hacer de Chile un país más resiliente frente a amenazas naturales mediante respuestas originales en el I+D+i que impacten positivamente a su desarrollo".**

Lograr un Chile más resiliente frente a desastres de origen natural es una tarea tremendamente compleja, pero más alcanzable si se involucra a todos y cada uno de sus habitantes, ecosistemas, sociedad civil, gobierno e industria. En definitiva, a todos quienes actúan sobre el entorno físico, social y ambiental de nuestro país. Adicionalmente, alcanzar una mayor resiliencia, implica un cambio

cultural profundo que abarca estilos de vida, competencias específicas en las comunidades, y el desarrollo de un mayor capital sociocultural entre muchos otros aspectos.

## Resiliencia frente a Desastres de Origen Natural

De las diversas definiciones de Resiliencia<sup>10</sup>, CREDEN adaptó y adoptó de la literatura la siguiente: **"Las capacidades de un sistema, persona, comunidad o país expuestos a una amenaza de origen natural, para anticiparse, resistir, absorber, adaptarse y recuperarse de sus efectos de manera oportuna y eficaz, para lograr la preservación, restauración y mejoramiento de sus estructuras, funciones básicas e identidad"**.

Naturalmente, aumentar la resiliencia de un país frente a desastres de origen natural requiere de inversión económica.

Una parte de ella es la que conlleva la implementación de esta Estrategia de I+D+i que busca, en primer lugar, generar la información de base necesaria para el desarrollo de muy buenas políticas públicas en este ámbito, claramente fundamentadas en la evidencia científica y técnica, y en segundo lugar, propender al desarrollo de una nueva economía de la innovación en relación al tema de los desastres de origen natural. Motiva esta segunda innovadora aproximación el hecho de que no abundan los ámbitos en que Chile posee una ventaja innovadora sostenible en el tiempo tan pronunciada como lo es el tema de desastres de origen natural.



<sup>10</sup> Resiliencia es un concepto cuyo origen nace desde la ecología para representar la persistencia de las relaciones dentro de un sistema, midiendo la habilidad de estos sistemas para absorber cambio en sus variables de estado, de control y parámetros en general. Actualmente existe un gran número de definiciones de resiliencia, pero todas ellas poseen componentes comunes en relación a la capacidad de un sistema de absorber perturbaciones y reorganizarse mientras cambia para así mantener función, estructura, identidad y la capacidad de retroalimentación.

<sup>9</sup> JC Collins and JI Porras, Building your company's vision: Harvard Business Review, 2001.

## La Estrategia CREDEN

La Estrategia de I+D+i para la Resiliencia frente a Desastres de Origen Natural responde a los valores de la Visión y a los compromisos adquiridos por el Estado de Chile, principalmente el Marco de Sendai para la Reducción de Riesgo de Desastre, el cual promueve la inclusión, la protección de los Derechos Humanos, el enfoque de género, y la descentralización en la gobernanza.

Para ser efectiva, esta Estrategia se ha focalizado en aquellos fenómenos que, dado su alto impacto, pueden conducir a situaciones críticas. Además, se ha puesto énfasis en aquellas dimensiones en que existen las mayores brechas de conocimiento y capacidad de gestión. Así, las amenazas consideradas son solo seis y corresponden a las más relevantes en el caso de Chile en tiempos geológicos recientes: terremotos, tsunamis, erupciones volcánicas, aluviones, fenómenos climáticos extremos e incendios forestales.

Además de lo anterior, la Estrategia busca reconocer y dar cuenta de la naturaleza compleja de estos fenómenos, considerando que son multidimensionales, y que se expresan en las distintas fases del riesgo. Esta aproximación obliga a crear un marco conceptual interdisciplinario que conecte el estudio de la resiliencia del entorno físico con el estudio de la resiliencia del entorno psicosocial.

Para ello, la Estrategia se estructura como un conjunto integrado de catorce tareas específicas que generan y usan conocimiento básico, aplicado, asociativo e interdisciplinario relacionado al riesgo frente a desastres de origen natural, tanto en lo referido a las amenazas naturales, como a los ámbitos en que se manifiestan y evolucionan las vulnerabilidades y capacidades de resiliencia en nuestro país. Para mayor claridad y orden, las tareas se agrupan en torno a cuatro dimensiones clave para los propósitos de esta Estrategia: (i) la dimensión social de la resiliencia, (ii) la dimensión de proyección para el desarrollo, (iii) la dimensión de simulación y gestión del riesgo, y (iv) la dimensión física de las amenazas naturales y exposición.

Finalmente, para alcanzar los logros propuestos, se incluye complementariamente un conjunto de cinco condiciones habilitantes (CH), que representan elementos básicos para sostener una dinámica consistente en el largo plazo de la Estrategia de I+D+i, abordan las principales debilidades de la I+D+i en Resiliencia frente a Desastres en Chile y sustentan la asociación colaborativa del Estado, las Ciencias, la Tecnología y la Sociedad.

La Tabla RE.1 permite visualizar de manera más estructurada los elementos que conforman esta Estrategia.

A continuación, se resume muy brevemente cada una de las cinco condiciones habilitantes y las catorce tareas que integran la Estrategia en sus cuatro dimensiones.

### Condición Habilitante 1: Institucionalidad para el I+D+i en resiliencia frente a desastres de origen natural

Chile requiere de una institucionalidad del conocimiento y la innovación para la gestión de los riesgos siconaturales desencadenados por amenazas de origen natural adecuada a las características particulares del país, la que -en una estrategia de desarrollo descentralizada- permita identificar las diferentes amenazas naturales y los niveles de exposición y vulnerabilidad frente a estos riesgos en cada una de nuestras regiones.

Además, esta institucionalidad debe posibilitar el acceso y disponibilidad de datos pertinentes, confiables y fidedignos a objeto de elaborar las políticas públicas de mitigación-preparación, prevención, reacción y recuperación, que permitan la reflexión y construcción de políticas públicas de largo aliento; generar productos para la gestión territorial (mapas de peligro y riesgos siconaturales); incorpore e integre el aprendizaje a la práctica institucional; brinde la información a la sociedad civil para su análisis y reflexión; y coordine a los diversos actores involucrados en el I+D+i correspondiente.

Un aspecto estratégico de esta propuesta es reforzar y promover la construcción e instalación de capacidades y competencias locales tecnológicas, culturales, históricas y académicas, para la elaboración de las políticas públicas y la implementación de una adecuada gestión territorial y de desarrollo sostenible.

Para los propósitos de esta Estrategia, y como primer paso, se identificó la necesidad de crear un instituto, el que debería corresponder a un esfuerzo articulado del sector público donde el Ministerio del Interior deberá jugar un rol protagónico. Este instituto -que hemos denominado Instituto Tecnológico Público dedicado al I+D+i para la Resiliencia frente a Desastres de Origen Natural (ITRenD)- debería ser, en el mediano y largo plazo, la entidad articuladora y coordinadora de la infraestructura pública de datos (CH2), así como constituirse en la herramienta

impulsora del desarrollo y evaluación de programas de formación de capital humano avanzado (CH3), de la infraestructura pública para el descubrimiento científico e innovación (CH4), de la coordinación e implementación de un programa nacional de *outreach* para la resiliencia (CH5), y la implementación, seguimiento, control y constante actualización de las catorce tareas específicas definidas dentro de esta Estrategia, articulándolas y desarrollándolas consistentemente en el tiempo.

La definición administrativa y el modelo de gobierno trascienden a esta Estrategia. Sin embargo, resulta fundamental la vinculación de ITRenD con el Estado —actor clave en la política y gestión de los desastres de origen natural—, siendo crítico el rol de este

instituto para el desarrollo de políticas basadas en ciencia y evidencia, así como para el apoyo y acompañamiento a la gestión pública. Para ello, no solo es necesario I+D+i, sino que también la prestación de servicios sofisticados y expertos como parte de la estrategia y funciones de ITRenD.

El éxito de esta iniciativa en el largo plazo, requiere conformar un gobierno corporativo moderno y balanceado para el instituto, que incluya a los diferentes actores relacionados al tema de resiliencia, con representantes de instituciones de educación superior, ONEMI, del sector público, la industria privada, y la sociedad civil. Esta institucionalidad debe ser creada con el concurso de todos los actores que hoy juegan un rol frente a este desafío.

Tabla RE. 1: Elementos de la Estrategia de CREDEN

<b>PROPÓSITO</b>	Hacer de Chile un país más resiliente frente a amenazas naturales mediante respuestas originales en el I+D+i que impacten positivamente a su desarrollo			
<b>VALORES</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Un I+D+i de excelencia sensible a los contextos físicos y sociales</li> <li>• El compromiso con la calidad de vida y bienestar de las personas y comunidades expuestas</li> <li>• La aspiración a la equidad de las personas expuestas a riesgos naturales</li> <li>• El fomento a la participación responsable y significativa de todos los actores</li> <li>• La generación de una cultura resiliente para nuestro país</li> <li>• Un I+D+i para una gobernanza efectiva en la gestión de riesgos naturales</li> </ul>			
<b>DIMENSIONES</b>	Dimensión social de la resiliencia	Dimensión de proyección para el desarrollo	Dimensión de simulación y gestión del riesgo	Dimensión física de las amenazas naturales y exposición
<b>TAREAS</b>	<p><b>T1:</b> Resiliencia Social frente a Desastres de Origen Natural</p> <p><b>T2:</b> Resiliencia de Líneas Vitales e Infraestructura Crítica</p> <p><b>T3:</b> Proyectos Demostrativos de Resiliencia Regional y Comunitaria</p>	<p><b>T4:</b> Bienes Públicos y Políticas de Activación de la Demanda por Innovación en Resiliencia frente a Desastres</p> <p><b>T5:</b> Próxima Generación de Tecnologías, Materiales Sustentables, Componentes y Sistemas.</p> <p><b>T6:</b> Nuevas Aplicaciones de las TICC y otras Tecnologías Habilitantes</p>	<p><b>T7:</b> Escenarios de Desastres de Origen Natural</p> <p><b>T8:</b> Simulación de las Pérdidas y Evaluación del Riesgo y la Resiliencia frente a Desastres</p> <p><b>T9:</b> Evaluación y Mejoramiento de la Resiliencia del Entorno Construido</p>	<p><b>T10:</b> Física de los Procesos de Amenazas Naturales</p> <p><b>T11:</b> Sistema Nacional de Monitoreo y Reporte de Amenazas Naturales</p> <p><b>T12:</b> Modelos Nacionales de Amenazas Naturales</p> <p><b>T13:</b> Sistemas de Alerta Temprana</p> <p><b>T14:</b> Modelos Operacionales Predictivos de Respuesta frente a Desastres</p>
<b>CONDICIONES HABILITANTES</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Institucionalidad para el I+D+i en resiliencia frente a desastres de origen natural</li> <li>• Integración de datos e información</li> <li>• Desarrollo de capital humano avanzado en resiliencia</li> <li>• Desarrollo de infraestructura para el descubrimiento científico y la innovación en resiliencia</li> <li>• <i>Outreach</i> y diseminación científica</li> </ul>			

### Condición Habilitante 2: Integración de datos e información

Una de las principales debilidades estructurales identificadas por CREDEEN es la limitada disponibilidad, alta fragmentación, inconsistencia y falta de sistematización en la recolección, procesamiento y disponibilidad de datos en el país sobre las diversas fases del ciclo de riesgo frente a desastres de origen natural. Un ejemplo particular, entre muchos, es la recolección de información de campo única y perecible luego de un evento extremo.

La falta de datos pertinentes, confiables y fidedignos, con control de calidad, homogéneos y estandarizados para la generación de información de alta calidad, afecta negativamente prácticamente todos los aspectos del I+D+i propuesto en las catorce tareas de esta Estrategia, el desarrollo de buenas políticas públicas basadas en evidencia y que busquen aumentar la resiliencia, y también la imagen país de Chile como Laboratorio Natural de desastres de origen natural.

Consecuentemente, se considera un esfuerzo transversal para impulsar el desarrollo de una importante iniciativa de clase mundial que permita construir una infraestructura pública abierta (acceso libre) de datos para el I+D+i en resiliencia frente a desastres de origen natural. Este ecosistema de datos y metadatos debe asegurar la calidad y completitud de observaciones de diferente naturaleza, a partir de lo cual se genera información para la política pública en riesgos y desastres, así como garantizar el acceso de los mismos a las instituciones pertinentes del Estado, la academia, el sector privado y la sociedad.

La infraestructura de datos debe, además, ser capaz de centralizar la data histórica y nueva relacionada con los distintos aspectos de la resiliencia y la unicidad de nuestros fenómenos, y dar acceso a cualquier investigador, desarrollador e innovador en Chile y el mundo. La iniciativa será continuamente alimentada por la nueva investigación y desarrollo tecnológico local e internacional, y contribuirá a mejorar la resiliencia a través de proveer datos e información confiable y de alta calidad a todos los actores involucrados en las distintas fases del ciclo de riesgo.

### Condición Habilitante 3: Desarrollo de capital humano avanzado en resiliencia

En 2012, Chile tenía una proporción de 0,9 personas involucradas en I+D por cada mil trabajadores, cifra que está bajo el promedio de 7,6 personas en los países de la OECD, y de 15,9 en Finlandia<sup>11</sup>. Es evidente que como país tenemos una debilidad estratégica estructural en la falta de investigadores, desarrolladores tecnológicos e innovadores que impactará fuertemente el adecuado desarrollo no solo de esta Estrategia en el largo plazo, sino del país como un todo. Esto motiva a que esta condición habilitante necesite ser incorporada como un aspecto crítico y urgente, dado los ciclos que requiere la formación de especialistas capaces de avanzar el conocimiento y crear valor a partir de él. La escasez de capital humano avanzado afecta todos los aspectos de la Estrategia y requiere ser abordada.

Para ayudar a resolver esta preocupación, esta Estrategia presenta tres grandes propuestas complementarias que deberían funcionar como pilotos que permitan establecer estrategias futuras más agresivas en el país. Estas propuestas tienen una clara intencionalidad y generan externalidades positivas para el país, que van más allá de la formación especializada o beneficio propio del individuo.

En primer lugar, se propone crear y financiar un programa especial de dobles doctorados denominados "2+2" con prestigiosas universidades a nivel mundial en el campo de la resiliencia frente a desastres de origen natural. El nombre 2+2 proviene de que el programa considera doctorandos que se becan por el Gobierno de Chile para pasar dos años en una universidad extranjera de mucho prestigio y dos años en programas de doctorado en universidades chilenas, bajo convenios de doble titulación entre la universidad nacional y la internacional. El esquema es similar al de los CDT (*Centers for Doctoral Training*) que se han implementado en el Reino Unido, y que contienen requisitos importantes para el cumplimiento de metas. La externalidad positiva en este caso es el fortalecimiento de los doctorados nacionales, que constituyen una de las grandes debilidades estructurales del sistema de I+D+i de nuestro país.

11 Consejo Nacional de Innovación para el Desarrollo CNID, Un Sueño Compartido Para El Futuro De Chile. Informe a la Presidenta de la República, Michelle Bachelet. Comisión Presidencial Ciencia para el Desarrollo de Chile, 2015.

En segundo lugar, CREDEN propone crear un Programa Postdoctoral en el extranjero financiado por el Gobierno de Chile con el propósito de absorber el conocimiento mundial, a través de la generación de investigación aplicada e innovación tecnológica en el área de resiliencia frente a desastres de origen natural.

El programa considera internados colaborativos de uno y dos años en institutos y centros tecnológicos y de innovación de frontera, e industrias mundiales altamente especializadas que lideren en soluciones para la resiliencia. Una externalidad positiva será el desarrollo de un mayor volumen de todo tipo de propiedad intelectual y la incubación desde Chile de nuevos emprendimientos tecnológicos globales en el área.

En tercer lugar, se busca mejorar las capacidades técnicas y profesionales nacionales, condición clave para la transferencia de conocimiento, herramientas y tecnologías desde y hacia la sociedad. Para ello se propone, por un lado, fortalecer el desarrollo de competencias locales, a través de un Plan Nacional de Formación que contempla el diseño y difusión de cursos masivos *on line*, la adecuación de mallas curriculares de carreras afines y la reconversión de profesionales e investigadores que se desempeñan en otras áreas. Y por otro, complementar estas ca-

pacidades con investigadores y profesionales extranjeros destacados, a través del desarrollo de un plan de atracción de capital humano avanzado en resiliencia.

**Las condiciones habilitantes representan elementos básicos para sostener una dinámica consistente en el largo plazo de la Estrategia de I+D+i, abordan las principales debilidades de la I+D+i en Resiliencia frente a Desastres en Chile y sustentan la asociación colaborativa del Estado, las Ciencias, la Tecnología y la Sociedad.**

#### **Condición Habilitante 4: Desarrollo de infraestructura para el descubrimiento científico y la innovación en resiliencia**

Otro aspecto central para favorecer el desarrollo de esta Estrategia es la disponibilidad de infraestructura experimental y de prototipaje de primer nivel en el país, que sea rápidamente reconocida y validada internacionalmente, permita el desarrollo de investigación de frontera e innovación de impacto global, y sea capaz de atraer el talento nacional e internacional.

Para abordar esta condición, proponemos crear un fondo nacional para equipamiento mayor e instalaciones experimentales sofisticadas, de uso abierto y compartido, con el objetivo de: (i) desarrollar al menos un laboratorio nacional de clase mundial por disciplina en resiliencia; (ii) avanzar el conocimiento y la publicación de los resultados de investigación en resiliencia en las mejores revistas científicas de investigación científica y aplicada del mundo; (iii) probar teorías, construir modelos físicos, ejecutar simulaciones híbridas (i.e., computacionales y experimentales), realizar instrumentación y sensorización exhaustiva para estudios de amenazas naturales, reproducir condiciones de terreno de manera realista, etc.; (iv) permitir el prototipado y prueba de productos innovadores, sofisticados y novedosos; y (v) atraer talento global a través de la disponibilidad de infraestructura física altamente sofisticada y vinculada a la geografía y demografía de nuestro país.

Como parte de esta propuesta se considera el desarrollo de los siguientes laboratorios nacionales de clase mundial: (a) laboratorio de terremotos, volcanes e infraestructura física; (b) laboratorio de cambio climático, incendios y sustentabilidad ambiental; (c) laboratorio de tsunamis y fenómenos de remoción en masa; (d) observatorio social de vulnerabilidad y resiliencia; y (e) laboratorio de manufactura, sensorización y tecnologías de la información, control y comunicaciones (TICC) para la resiliencia.







Por Darryl Baulista/Feature Photo Service for IBM, CC BY-SA



Por Comicyt, Dominio Público

### Condición Habilitante 5: Outreach y diseminación científica

Es un consenso de la Comisión que esta Estrategia de I+D+i requiere de un programa muy activo de *outreach* hacia los distintos actores sociales y que asegure la activa participación ciudadana en la generación y transferencia del conocimiento y las tecnologías que se desarrollen. Este debe alcanzar transversalmente a las comunidades expuestas y a la sociedad chilena en general. En adición a las publicaciones científicas, capital humano avanzado, y el conjunto de otros bienes públicos generados por el I+D+i, es evidente la criticidad de que todo el trabajo científico, tecnológico y de innovación realizado involucre y se lleve a cabo en una relación bidireccional equitativa con las personas y las comunidades expuestas que participen o sean objeto de estos estudios. En ello, los aspectos éticos juegan un rol central y deben ser no solo resguardados cuidadosamente, sino que promovidos con insistencia en cualquier actividad realizada.

La relación con instituciones, comunidades y personas debe ser percibida como una situación de beneficio mutuo, y no como un tránsito unidireccional con el objeto de obtener datos e información que nutra la investigación, el desarrollo y la innovación propuesta. Consecuentemente, es un objetivo requerir a todos los proyectos financiados dentro de los lineamientos de esta Estrategia que contemplen diferentes maneras para que los resultados generados vuelvan hacia

quienes contribuyeron en su generación, incluyendo comunidades, organizaciones, industria, autoridades del gobierno central y local, tomadores de decisión en general, y personas para quienes esta información puede ser crítica en un evento natural extremo.

En un programa exitoso, la información debe no solo llegar a todos estos actores, sino hacerlo de manera oportuna, siendo clave que el programa de *outreach* favorezca una relación de trabajo fluida entre todos los involucrados. Otro resultado importante, es estimular el conocimiento público y el entusiasmo por el tema de resiliencia, que nos permita contar con una población más informada, preparada, activa, y orgullosa de su saber y del aporte que podemos hacer como país al mundo.

Nuestra hipótesis es que una parte sustantiva de la resiliencia de Chile en el futuro se juega, no solo en una infraestructura física y un ambiente construido resiliente, sino también en el interés, conocimiento y habilidad de cada chileno para enfrentar estos futuros eventos de forma adecuada como individuos y como comunidades.

A estas cinco condiciones habilitantes descritas, se suman las catorce tareas específicas de la Estrategia, agrupadas en cuatro dimensiones, que conforman el corazón de esta propuesta. Estas tareas se resumen brevemente a continuación y se explican con mayor profundidad en la Sección 4.

## Dimensión social de la resiliencia

### **Tarea 1: Resiliencia Social frente a Desastres de Origen Natural**

Propósito: Apoyar investigación básica y aplicada asociativa en las ciencias sociales en temas relacionados a las distintas dimensiones de vulnerabilidad social, la comprensión de las motivaciones individuales y organizacionales para la resiliencia, y el estudio de las capacidades de anticipación, mitigación, respuesta y recuperación social frente a los desastres de origen natural, su evolución en el tiempo, y su implementación.

### **Tarea 2: Resiliencia de Líneas Vitales e Infraestructura Crítica**

Propósito: Apoyar la investigación básica y aplicada asociativa con el propósito de caracterizar de mejor forma la vulnerabilidad y resiliencia de las distintas redes de líneas vitales e infraestructura crítica del país, considerando su distribución geográfica y sus interdependencias con otras redes y sistemas públicos y privados, que pueden resultar en impactos imprevistos y efectos en cascada, enfatizando el desarrollo de estándares adecuados e implementaciones piloto que recorran todas las etapas del desarrollo y consideren las restricciones físicas, sociales, económicas, ambientales y territoriales reales.

### **Tarea 3: Proyectos Demostrativos de Resiliencia Regional y Comunitaria**

Propósito: Apoyar el desarrollo de proyectos piloto para la resiliencia desde las comunidades y en distintas regiones del país con el propósito de mejorar la conciencia de las personas, evaluar la efectividad de algunas de las acciones del Plan Estratégico Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres, y de la Estrategia de I+D+i.

## Dimensión de proyección para el desarrollo

### **Tarea 4: Bienes Públicos y Políticas de Activación de la Demanda por Innovación en Resiliencia frente a Desastres**

Propósito: Promover desde el Estado la innovación a través de instrumentos no tradicionales que faciliten la incorporación de nuevas tecnologías y prácticas en ámbitos clave para la Resiliencia, tales como la generación y actualización de normas, estándares y mecanismos de verificación, e incorporación de criterios de resiliencia en las compras públicas.

### **Tarea 5: Próxima Generación de Tecnologías, Materiales Sustentables, Componentes y Sistemas**

Propósito: Impulsar desde el I+D+i el desarrollo de una industria nacional de alto valor agregado en nuevas tecnologías, materiales y servicios asociados a generar un entorno construido, económico y social más resiliente. Esto a través de portafolios de políticas, abordar retos nacionales a través de concursos públicos y promover una imagen global de la industria chilena en desastres de origen natural. Parte del presupuesto asociado a esta tarea se considera dentro de la condición habilitante CH4 (Infraestructura para el descubrimiento).

### **Tarea 6: Nuevas Aplicaciones de las Tecnologías de la Información, Control y Comunicaciones y otras Tecnologías Habilitantes**

Propósito: Transformar en una oportunidad para todo tipo de organizaciones y comunidades, el desarrollo tecnológico y la innovación para la resiliencia, mediante el uso de TICC y de otras tecnologías habilitantes (p.ej., Internet de las cosas, sistemas de alerta temprana, ciencia de datos). Esto aprovechando la infraestructura de datos propuesta y el gran volumen de información que se haría disponible desde los sensores distribuidos, instrumentos físicos, imágenes, redes sociales y otros medios.

## Dimensión de simulación y gestión del riesgo

### Tarea 7: Escenarios de Desastres de Origen Natural

Propósito: Desarrollar escenarios complejos de desastres ocasionados por múltiples amenazas que integren las ciencias sociales, ciencias de la tierra y la ingeniería en contextos geográficos y sociales reales de forma que los gestores directos del riesgo y las comunidades puedan participar y percibir directamente los impactos del I+D+i a través de medidas concretas que apunten a mejorar su resiliencia como comunidades y organizaciones.

### Tarea 8: Simulación de las Pérdidas y Evaluación del Riesgo y la Resiliencia frente a Desastres

Propósito: Desarrollar el I+D+i que permita construir los modelos y capacidad de simulación para la estimación acertada de las eventuales pérdidas económicas, ambientales y sociales como resultado de distintos escenarios de desastres de origen natural, la evaluación del riesgo y la resiliencia de distintas comunidades y redes (infraestructura, líneas vitales, etc.) frente a las amenazas consideradas, y la simulación de los complejos procesos de recuperación considerando las interdependencias entre sistemas. Esta tarea se conecta con la condición habilitante CH4 (Infraestructura para el descubrimiento), específicamente con la capacidad computacional de alto rendimiento (HPC), y su conexión con el Sistema Nacional Integrado de Información para el I+D+i en desastres de origen natural (condición habilitante CH2).

### Tarea 9: Evaluación y Mejoramiento de la Resiliencia del Entorno Construido

Propósito: Desarrollar un programa de I+D+i colaborativo para la evaluación, reforzamiento y mejoramiento estructural de infraestructura (pública y privada), redes de servicios críticos y líneas vitales, considerando su interdependencia funcional, e incluyendo la natural obsolescencia de la infraestructura. Esta iniciativa debe considerar el necesario escalamiento espacial desde el nivel de sistemas individuales a redes, comunas y zonas urbanas completas con el propósito de evaluar la resiliencia del conjunto, e intervenir integralmente al entorno construido para mejorar su resiliencia bajo la premisa de que son sistemas complejos interrelacionados, cuyas dependencias debe ser cuidadosamente evaluadas.

## Dimensión física de las amenazas naturales y exposición

### Tarea 10: Física de los Procesos de Amenazas Naturales

Propósito: Apoyar el I+D+i orientada a mejorar la comprensión de la física de los procesos de las amenazas naturales, tanto de manera individual, como en configuraciones de multiamenaza. Esto, a través de mejores bases de datos de eventos naturales históricos y de la adaptación y calibración de modelos, con el fin de mejorar su capacidad predictiva.

### Tarea 11: Sistema Nacional de Monitoreo y Reporte de Amenazas Naturales

Propósito: Enriquecer la cobertura espacial y temporal de las distintas amenazas naturales con un monitoreo continuo, que se base en la integración de las distintas redes existentes de observación nacional, la incorporación de nuevas capacidades satelitales de observación continua del territorio, la inclusión de nuevas redes masivas de sensores de muy bajo costo, y la conexión del conjunto de redes internacionales desplegadas en el país, entre otras alternativas. (El presupuesto descrito más adelante en esta Estrategia deja fuera explícitamente las redes de instrumentos de alto costo, p.ej. acelerómetros, sismómetros, GPS, debido a que ya existen distintos servicios nacionales a cargo de estas redes, por lo que es a través de sus presupuestos que se deberían canalizar una mayor cobertura y densificación).

### Tarea 12: Modelos Nacionales de Amenazas Naturales

Propósito: Desarrollar el I+D+i que permita consensuar los criterios y valores para el desarrollo de los modelos y mapas nacionales de las distintas amenazas naturales, considerando la caracterización de multiamenazas y sus correlaciones espaciotemporales. Adicionalmente, se debe ampliar la cobertura nacional de la investigación de estos fenómenos y traducirla en mapas de amenaza, exposición y riesgo, en especial para las comunidades potencialmente más expuestas. En este sentido, es clave mejorar la calidad de la información contenida en ellos, priorizar el desarrollo de microzonificaciones a lo largo del territorio, e incluir por ejemplo, mapas urbanos de distintas amenazas naturales.

### Tarea 13: Sistemas de Alerta Temprana

Propósito: Desarrollar sistemas de alerta temprana pre y post evento para distintos tipos de amenaza de forma de poder anticipar, por una parte, en tiempo real la ocurrencia u otras características de estos eventos, y por otra, en tiempo casi-real (horas) sus consecuencias en el entorno construido y social. Un aspecto central de este trabajo es que una vez conocido el evento, es posible anticipar muy rápidamente las eventuales consecuencias sobre el entorno construido y social en función de la información instrumental y satelital, la información preliminar de intensidad y daño (p.ej., desde redes sociales), y el trabajo de asociatividad con otros escenarios pre-analizados, entre varias otras estrategias. Esta actividad se relaciona con la condición habilitante CH4 (Infraestructura para el descubrimiento), y con el desarrollo de los escenarios pre-analizados de la Tarea 7.

### Tarea 14: Modelos Operacionales Predictivos de Respuesta frente a Desastres

Propósito: Desarrollar el I+D+i necesario para, por una parte, entregar a las comunidades información autorizada sobre la evolución en el tiempo de las distintas amenazas, incluyendo un conjunto de escenarios determinísticos que cubran el corto y el largo plazo; y por otra, mejorar la resiliencia a través de comprender el impacto de estas amenazas sobre decisiones operativas vinculadas a, por ejemplo, el desarrollo de distintos escenarios de evacuación masiva, o el tiempo de interrupción de diversas actividades productivas en diversas industrias o servicios, o la necesaria coordinación operativa entre los distintos agentes del gobierno central, gobiernos regionales, municipalidades, industria y sociedad civil.



## Presupuesto

Para el desarrollo del presupuesto de la Estrategia se utilizaron dos metodologías cuyos resultados se contrastaron para llegar a un producto final que fuera coherente, tanto con la experiencia internacional en proyectos similares, como con las particularidades propias del caso chileno y su enfoque multiamenaza.

La primera consistió en una estimación de la inversión requerida para implementar los diferentes elementos de la Estrategia, sobre la base de una serie de supuestos anclados en la experiencia acerca del presupuesto disponible para proyectos de este nivel, a través de concursos a fondos de investigación existentes en la actualidad.

La segunda fue a partir de la transformación a escala chilena, del presupuesto observado por el NRC de Estados Unidos para llevar a cabo una agenda similar a la planteada, pero acotada a terremotos. Para ello se realizó una serie de transformaciones que reconocen las diferencias en la población expuesta a riesgo, precios relativos, entre otros.



Tabla RE.2: Presupuesto a 3 y 20 años para las condiciones habilitantes de la Estrategia

CONDICIONES HABILITANTES	PRESUPUESTO AÑOS 1-3 (US\$ MM/AÑO)	PRESUPUESTO AÑOS 4 -20 (US\$ MM/AÑO)	TOTAL 20 AÑOS (US\$ MM)
Institucionalidad de I+D+i	1,5	1,5	30,6
Integración de Datos e Información	2,9	0,9	24,6
Capital Humano Avanzado	4,5	2,3	52,8
Infraestructura para el Descubrimiento y la Innovación en Resiliencia frente a Desastres de Origen Natural	19,2	1,7	86,5
<i>Terremotos e infraestructura sustentable</i>	6,0	0,3	23,4
<i>Cambio climático y ambiente</i>	5,0	0,3	19,5
<i>Tsunamis y procesos de remoción en masa</i>	4,0	0,2	15,6
<i>Observatorio nacional para la resiliencia comunitaria</i>	0,2	0,7	12,4
<i>Manufactura y TICC</i>	4,0	0,2	15,6
Outreach y Divulgación Científica	8,9	5,5	120,0
<b>TOTAL</b>	<b>37,1</b>	<b>11,9</b>	<b>314,3</b>

Tabla RE.3: Presupuesto a 3 y 20 años para las tareas de la Estrategia

TAREA	PRESUPUESTO AÑOS 1 -3 (US\$ MM/AÑO)	PRESUPUESTO AÑOS 4 - 20 (US\$ MM/AÑO)	TOTAL 20 AÑOS (US\$ MM)
T1: Resiliencia Social frente a Desastres de Origen Natural	1,5	1,1	22,5
T2 :Resiliencia de Líneas Vitales e Infraestructura Crítica	1,7	0,8	18,8
T3: Proyectos Demostrativos de Resiliencia Regional y Comunitaria	1,0	0,8	17,1
T4: Bienes Públicos y Políticas de Activación de la Demanda por Innovación en Resiliencia frente a Desastres	1,5	0,2	7,3
T5: Próxima Generación de Tecnologías, Materiales Sustentables, Componentes y Sistemas	3,5	2,5	52,6
T6: Nuevas Aplicaciones de las Tecnologías de la Información, Control y Comunicaciones y otras Tecnologías Habilitantes	2,8	1,5	34,1
T7: Escenarios de Desastres de Origen Natural	0,4	1,9	33,9
T8: Simulación de las Pérdidas y Evaluación del Riesgo y la Resiliencia frente Desastres	3,2	2,1	45,2
T9: Evaluación y Mejoramiento de la Resiliencia del Entorno Construido	2,6	2,9	57,9
T10: Física de los Procesos de Amenazas Naturales	20,8	9,2	218,7
T11: Sistema Nacional de Monitoreo y Reporte de Amenazas Naturales	0,9	0,7	14,5
T12: Modelos Nacionales de Amenazas Naturales	0,8	1,9	34,7
T13: Sistemas de Alerta Temprana	2,3	1,1	25,6
T14: Modelos Operacionales Predictivos de Respuesta Frente a Desastres	1,7	0,7	16,9
<b>TOTAL</b>	<b>44,7</b>	<b>27,4</b>	<b>599,8</b>

## Impacto de la propuesta

El presupuesto se plantea en dos horizontes, uno de muy corto plazo (3 años) y uno de mediano-largo plazo (20 años). Las Tablas RE.2 y RE.3 resumen el presupuesto requerido en ambos horizontes para la implementación de la Estrategia nacional, tanto de las condiciones habilitantes como de las catorce tareas descritas.

El costo que alcanza la Estrategia, en promedio, es de 45.7 millones de dólares al año. Si bien este número es importante, se ha estimado que esta inversión está asociada a una razón de costo-beneficio de al menos 2,3; por lo que se espera que la propuesta cada año, en promedio, represente un ahorro al país cercano a los 106 millones de dólares, a través de las menores pérdidas ocasionadas por los desastres de origen natural. Este ahorro es menos del 4% de los más de 2.800 millones de dólares al año de costo promedio que representan los desastres de origen natural en Chile. Sin embargo, CREDEN considera que de concretarse el nivel de beneficios que se espera de esta propuesta, es razonable pensar en escalarla una vez alcanzado un cierto nivel mínimo de su desarrollo.

Es importante notar que existen beneficios adicionales que no se consideran en este cálculo, tales como los asociados al desarrollo de una nueva industria tecnológica de carácter global para Chile en el tema de resiliencia, pero que hacen aún más atractiva la implementación de la propuesta para el bienestar del país.

Esta Estrategia de I+D+i es una gran apuesta para el país, pues, de lograrse los objetivos planteados e ir alcanzando mayores niveles de resiliencia, de bienestar y equidad, indefectiblemente se producirían también más recursos que pueden destinarse a otros proyectos de alto impacto social tanto o más relevantes. Debe ser entendida como una inversión social que hemos estimado tiene una razón beneficio/costo de 2,3. Lograr materializar esta magnitud de beneficios requiere de la transferencia del I+D+i generado hacia políticas públicas que se traduzcan en cambios concretos en las capacidades de las comunidades para prepararse, responder y recuperarse ante desastres de origen natural, conduciendo en

definitiva a una sociedad más resiliente frente a estos fenómenos. Los grandes desastres de origen natural le significan a Chile hoy anualmente cerca de un 1,2% del PIB, sin siquiera considerar el drama psicosocial que acompaña a las devastadoras consecuencias y externalidades negativas en la vida de las personas, especialmente de aquellas familias y comunidades más desfavorecidas y marginadas por el desarrollo de nuestra sociedad.

El análisis crítico realizado por el Panel Asesor Internacional —conformado por seis destacados expertos mundiales en los temas de riesgo y resiliencia, de distintas disciplinas y perspectivas— relevó la oportunidad y potencial que Chile tiene para llevar adelante exitosamente esta Estrategia y producir realmente el impacto que se ha propuesto a nivel nacional y global. Se valora especialmente la unicidad

de la propuesta, y se recomendó resaltar la importancia de entender la resiliencia integralmente, esto es, no solo desde el impacto en los sistemas, sino también desde los procesos, la cultura y la interdisciplina.

Desplegar esta Estrategia de I+D+i para la Resiliencia en el territorio es un imperativo moral, que a la vez trae consigo una gran oportunidad para el desarrollo de nuestra

sociedad. Chile ha sido, es y será uno de los países más afectados en el mundo por los grandes eventos de origen natural. Es parte de nuestro *ethos*, y por ende tenemos una oportunidad de servir como piloto para el desarrollo de avanzadas tecnologías e innovación que impacten a otros países y territorios expuestos a similares condiciones de desastres. Consecuentemente, el gran desafío de esta Estrategia es doble: por un lado, avanzar en dominar y minimizar los impactos que nuestra loca geografía impone regularmente sobre cada habitante, y por otro, transformar este flagelo en una oportunidad para el desarrollo sostenible de Chile mostrando al mundo las capacidades de resiliencia que como país hemos sido capaces de construir y compartir. Chile debería servir

como un Laboratorio modelo de resiliencia frente a eventos extremos de origen natural, para que otros países, con eventos similarmente dañinos, pero menos frecuentes, puedan aprender de nuestra experiencia.

**Desplegar esta Estrategia de I+D+i para la Resiliencia en el territorio es un imperativo moral que, a la vez, trae consigo una gran oportunidad para el desarrollo de nuestra sociedad.**