

CIGIDEN

2012-2022

Centro de Investigación para la Gestión
Integrada del Riesgo de Desastres



MISIÓN

Generar conocimiento de excelencia para evitar que los eventos extremos de la naturaleza se transformen en desastres.

VISIÓN

Ser referente en investigación para la Reducción del Riesgo de Desastres y la resiliencia en América Latina.

OBJETIVOS

Generar evidencia y compartirla en forma activa para mejorar la toma de decisiones y el diseño de políticas públicas.

Expandir la presencia regional de CIGIDEN.
Colaborar con los mejores centros e institutos de investigación en desastres del mundo.

Fortalecer la formación interdisciplinaria.

Aumentar la resiliencia de Chile frente a sus amenazas naturales.

CIGIDEN 2012 - 2022

Centro de Investigación para la Gestión
Integrada del Riesgo de Desastres
Av. Vicuña Mackenna 4860, Macul.
Santiago de Chile.

Coordinación general: Débora Gutiérrez.

Elaboración: BigBang Productora de
Contenidos.

Textos: Ricardo Acevedo, Carmen Gloria Ramos
y Leyla Ramírez.

Diseño: Sandro Baeza.

Infografías: Roberto Ortega

Primera edición: enero de 2022.

Se imprimieron 300 ejemplares.

Impreso en Gráfica Andes, Santiago, Chile.

ÍNDICE

PRÓLOGO

CAPÍTULO 1

UNA HISTORIA DE CONSTRUCCIÓN Y RECONSTRUCCIÓN

CAPÍTULO 2

ASÍ NACIÓ CIGIDEN

Chile, naturaleza rebelde.

Columna: La vulnerabilidad no está en nuestra geografía.

CAPÍTULO 3

NUESTRO TRABAJO

La amenaza de las placas tectónicas.

Alerta en tiempo real.

Tecnología de exportación.

Los saberes locales ante la amenaza.

Fortaleciendo la resiliencia social.

El trabajo con las comunidades costeras.

CAPÍTULO 4

CIGIDEN EN LAS POLÍTICAS PÚBLICAS

Columna: Ciencia para la política pública con evidencia.

CAPÍTULO 5

TRABAJANDO JUNTO A LA COMUNIDAD

Ciencia de la memoria.

Mapeos participativos.

Encuentros ciudadanos.

Proyecto Kay Kay.

Chile, territorio en movimiento.

Columna: Lo que aprendimos de la gente.

PRÓLOGO



Rodrigo Cienfuegos
 Director CIGIDEN
 Académico de la Escuela de
 Ingeniería de la Pontificia
 Universidad Católica de Chile.

El terremoto y tsunami del 2010 dejó una gruesa cicatriz sobre una generación completa en Chile: en lo humano, lo psicológico, en las instituciones e, incluso, en lo afectivo; también, enormes pérdidas económicas y materiales en infraestructura, edificaciones, industrias y servicios. En resumen, todo el país experimentó en primera persona el desastre e inició un proceso de rehabilitación y reconstrucción.

El terremoto del Maule, de hace más de una década, puso también en evidencia la enorme distancia que existía entre el trabajo de investigación, desarrollo e innovación realizado en las salas y laboratorios de las universidades y el diseño e implementación de políticas y planes para la reducción del riesgo de desastres. Los puentes, caminos e incentivos para conectar estos mundos eran débiles o inexistentes.

Este diagnóstico fue consensuado al interior de los consejos de la entonces Comisión Nacional de Investigación Científica y Tecnológica, CONICYT. Estos consejos identificaron, además, la urgente necesidad de potenciar el trabajo multidisciplinario que el país requería para abordar no solo el último desastre, sino que los desafíos locales y globales que se anunciaban para las siguientes décadas.

De esta manera, en 2011, CONICYT realizó ajustes al Fondo de Financiamiento de Centros de Investigación en Áreas Prioritarias –FONDAP– y resolvió, por primera vez para este concurso, definir “problemas de gran relevancia para el país”, que debían ser abordados por grupos multidisciplinarios, generando redes nacionales e internacionales

y estableciendo lazos con las agencias gubernamentales y la sociedad.

El Centro de Investigación para la Gestión Integrada del Riesgo de Desastres, CIGIDEN, junto a otros cinco centros FONDAP, inició sus operaciones en diciembre de 2012. Durante el primer ciclo de cinco años, investigadoras e investigadores de cuatro universidades y de las más diversas disciplinas conformaron líneas de investigación con el objetivo de potenciar y alinear la investigación fundamental y aplicada en ciencias de la tierra, ingeniería, sicología, ciencias sociales, planificación urbana, comunicaciones y diseño, al alero del marco conceptual de la Gestión del Riesgo de Desastres (GRD).

La prioridad en esos primeros años estuvo centrada en los sistemas de alerta temprana frente a nuestras amenazas naturales, la respuesta de emergencia y los procesos de reconstrucción, con un foco especial en terremotos y tsunamis. Destacamos, en particular, el diseño, la implementación y la puesta en marcha del nuevo Sistema de Pronóstico y Alarma de Tsunamis (SIPAT), trabajo desarrollado en colaboración con el Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada de Chile (SHOA) y que contó con el apoyo de la Agencia de Cooperación Internacional Japonesa, JICA y del programa FONDEF de la ANID. El sistema fue reconocido en 2019 por las Naciones Unidas como uno de los cinco mejores del mundo. Esto permitió construir lazos entre las universidades y las agencias gubernamentales, aumentando significativamente las capacidades y recursos humanos del país.

A pesar de la urgente tarea de reconstruir el país y mejorar su preparación frente a terremotos y tsuna-

mis, apostamos tempranamente por abordar los fenómenos naturales desde una perspectiva multiamenaza, impulsando también la investigación en aluviones, marejadas, incendios y erupciones volcánicas.

De esta manera, establecimos una vocación única en el país por investigar las amenazas derivadas del clima y de la actividad tectónica de forma conjunta, para, desde ahí, apoyar los procesos de reducción del riesgo de desastres y adaptación al cambio climático.

También reconocimos desde un inicio la importancia de abordar la problemática de los desastres de manera holística, incluyendo la dimensión social y territorial, para disminuir el riesgo controlando la exposición y la vulnerabilidad. Potenciamos, por ejemplo, la creación de grupos de investigación que ponen en relieve la salud mental, las comunicaciones y el rol de los medios, además de aspectos de planificación territorial y urbana. La colaboración con el Ministerio de Salud (MINSAL) al alero de un proyecto JICA, por ejemplo, permitió generar protocolos y recomendaciones de intervención psicológica posdesastres que se han transformado en referencia.

Asimismo, el estudio integrado de potenciales escenarios de terremoto-tsunami en el norte de Chile permitió que el trabajo de todas las líneas de investigación pudiesen integrarse. A partir de la caracterización de la amenaza sísmica, la inundación por tsunami y sus impactos, se realizaron diagnósticos y recomendaciones especialmente para la preparación de la población y mejoras en los procesos de evacuación por tsunami.

En la etapa en que nos encontramos, hemos asu-

mido el desafío de la transdisciplina, construyendo sobre los vínculos generados entre investigadores e investigadoras de las ciencias de la tierra, las ingenierías, la planificación territorial y urbana, la educación y las ciencias económicas y sociales. Este desafío consiste en sintonizar mejor la investigación de excelencia, no solo con las instituciones gubernamentales, sino que también de manera amplia con comunidades y organizaciones de la sociedad civil, potenciando la vinculación en territorios específicos. Se trata de favorecer diálogos, intercambios de experiencias, conocimientos y evidencia científica, para así facilitar la co-construcción de soluciones tecnológicas, mejoras en procesos de toma de decisiones, proyectos de ley u orientaciones para políticas públicas.

En definitiva, el programa FONDAP nos ha permitido experimentar y consolidar nuevas formas de desarrollar ciencia, tecnología, conocimiento e innovación y, con ello, nuevas formas de generación de bienes públicos e impacto. Ese es el camino.

En esta memoria recogemos el trabajo de investigación de la ciencia con impacto de nuestro centro de excelencia, desde sus inicios en 2012 hasta el presente, período en el que hemos hecho un esfuerzo por sintetizar nuestra experiencia interdisciplinaria, nuestros aportes y desafíos en torno a la Gestión del Riesgo de Desastre, en la búsqueda de fortalecer la resiliencia país frente a sus amenazas naturales. Es un recorrido por investigaciones, aportes a la política pública, herramientas para la GRD, y esfuerzos de diálogo y difusión amplia de la ciencia. Es nuestra memoria como centro de investigación de excelencia.

CAPÍTULO 1

El primer registro de un gran sismo y tsunami en el territorio que hoy ocupa Chile data del siglo XV, cuando olas de hasta 24 metros de altura arrasaron con las costas entre Arica y Valparaíso, después de que un terremoto de magnitud 9,4 sacudiera las zonas norte y centro del país, a las 2 de la madrugada del 1 de septiembre de 1420.

Así es, Chile tiene un largo registro de recuperación y resiliencia, que ha moldeado el carácter, la cultura y las prácticas de sus pueblos a lo largo de la historia.

UNA HISTORIA DE
CONSTRUCCIÓN Y
RECONSTRUCCIÓN

SIGLOS

XV

XVI

XVII

1420, CALDERA

PRIMER REGISTRO DE TERREMOTO Y TSUNAMI EN CHILE

“Los desconcertados habitantes japoneses vieron que el mar se retiró nueve veces sin sentir sismo alguno”. Con esta afirmación, escribanos japoneses describían lo ocurrido el 1 de septiembre de 1420 en las costas de su país, cuando un tsunami arrasó con las localidades de Kawarago y Aiga, sin que supieran su origen. Eso, su origen, lo sabemos ahora, gracias al trabajo de un grupo de científicos de las universidades de Atacama y Huelva, que lo confirma como el primer desastre de origen natural del cual se tiene registro en Chile, incluso antes de la llegada de los españoles.

Los investigadores analizaron unos enormes bloques de roca, de hasta 40 toneladas, que existen en la zona de bahía Cisne, Región de Atacama, tierra adentro. Con la técnica de radiocarbono dataron las conchas que estaban bajo las rocas (fechadas entre los siglos XIII y XVII) y cotejaron sus resultados con datos de tsunamis de la época, hasta dar con el relato documentado de los japoneses y con registros en Hawái de daños causados por “una serie de olas inmensas” y que corresponden a la misma fecha. Con esos antecedentes y con estudios en terreno, calcularon que las inmensas rocas no eran sino pedazos de acantilados arrancados por este maremoto que generó olas de entre 18,5 y 24 metros de altura y que se originó en un megaterremoto (magnitud 8,8 a 9,4) que afectó, a eso de las 2 de la madrugada, la zona comprendida entre las actuales regiones de Arica y Parinacota y Valparaíso. Una hora después, el maremoto arrasaría con sus costas, afectando a los pueblos originarios que las habitaban.

1544, SANTIAGO

ALUVIONES POR LLUVIAS TORRENCIALES

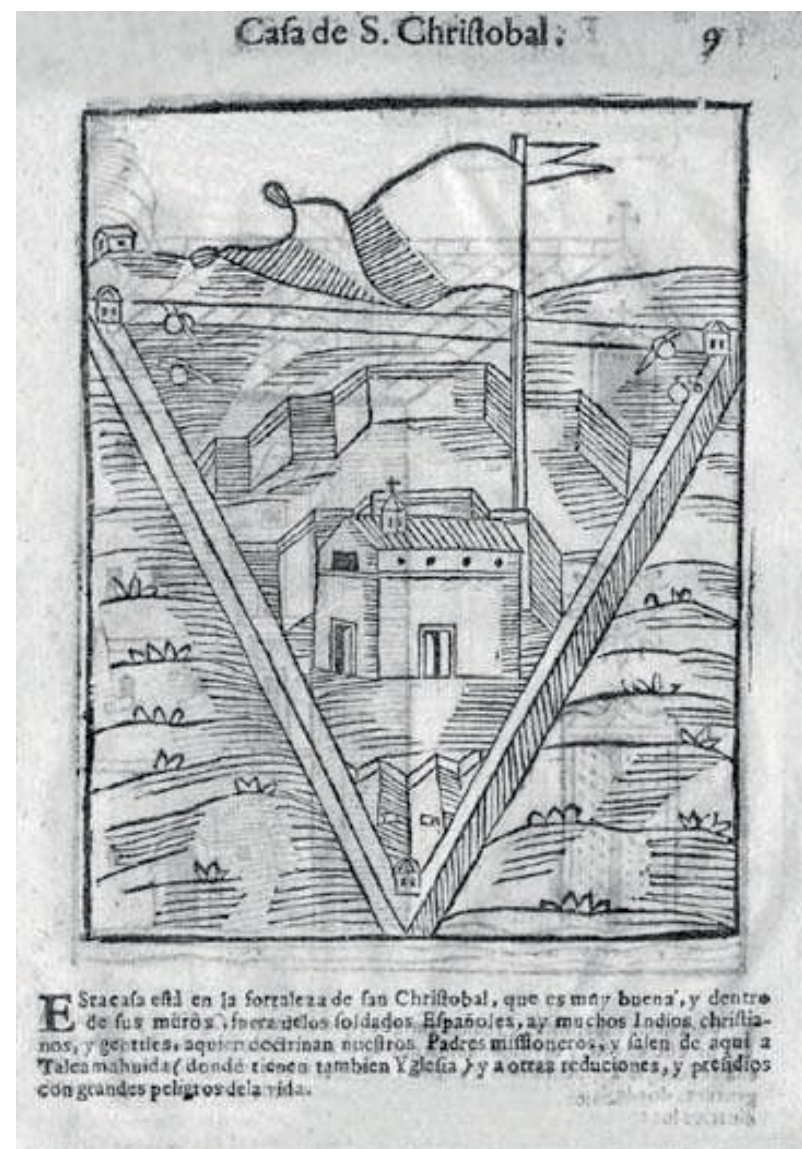
Lluvias torrenciales desencadenan una serie de aluviones en las actuales regiones Metropolitana y O’Higgins, con desborde de los ríos Mapocho y Maipo. Pedro de Valdivia lo relata al Rey Carlos I de España en sus cartas: *“En junio adelante, que es el riñón del invierno, le hizo tan grande y desaforado de lluvias y tempestades, que fue cosa monstruosa, y como es toda esta tierra llana, pensamos de nos ahogar. Y dicen los indios que nunca tal han visto, pero que oyeron a sus padres que en tiempo de sus abuelos hizo así otro año”.*

No serían las primeras ni las últimas inundaciones en el Santiago colonial. De hecho, en 1609, el gobernador Alonso García Ramón ordenó al agrimensor Ginés de Lillo la construcción de tajamares con el objetivo de evitar los continuos desbordes del río Mapocho, los que fueron destruidos por lluvias torrenciales en 1748, 1783 y 1877 y vueltos a reconstruir cada vez.

1647, SANTIAGO

MEGATERREMOTO DESTRUYE SANTIAGO

Su magnitud se calcula hoy en 8,5, mató a unas 600 personas y destruyó casi la totalidad de las construcciones levantadas en las actuales regiones Metropolitana, de Valparaíso, de O’Higgins, del Maule y del Biobío. El sismo del 13 de mayo de 1647 dejó, literalmente, en el suelo a Santiago. Junto a los problemas arrastrados por una prolongada sequía en la zona central, este desastre desencadenó una aguda crisis económica.



Prospectiva y planta de la ciudad de Santiago, antes del terremoto. Alonso de Ovalle. *Histórica relación del reino de Chile y de las misiones que ejercita en él la Compañía de Jesús*. Colección: Biblioteca Nacional de Chile, 1646.



Imagen del Señor de la Cruz de Mayo, 1900. Colección: Biblioteca Nacional de Chile.

CRISTO DE LA CRUZ DE MAYO

A mediados del siglo XVII, un terremoto era popularmente visto como un castigo divino. Si a eso se suma que una esfigie de Cristo sobrevivió intacta al terremoto, mientras los muros de la iglesia y todo a su alrededor se derumbaba, no es de extrañar que se instalara una festividad religiosa en honor al Cristo de Mayo o Señor de los Temblores, con una procesión cada 13 de mayo.

La imagen, apostada en la Iglesia San Agustín, resultó prácticamente ilesa, salvo por la corona de espinas que -de manera inexplicable- quedó alrededor del cuello. Se le considera la tradición más antigua del país.



Relación del terremoto que asoló a la ciudad de Santiago de Chile. Autor: Villarroel, Gaspar, 1587-1665. Propiedad intelectual: Patrimonio cultural común. Año: 1863.



El Gran terremoto. Capítulo XIX. Historia crítica y social de la ciudad de Santiago 1541-1868. Benjamín Vicuña Mackenna. Editorial Nascimento, Santiago. 1924.

Ilustración que muestra al Cristo de Mayo resultando ilesa al terremoto del 13 de mayo de 1647. Ilustración de Luis Fernando Rojas para el libro Episodios Nacionales (1948), en el artículo “El Señor de Mayo”.



TRES RELATOS HISTÓRICOS

Benjamín Vicuña Mackenna: “La destrucción de Santiago había sido completa, irremediable, verdaderamente horrible... Las pérdidas de vida fueron enormes... Perecieron casi todos los niños de la ciudad y el mayor número de los domésticos. La cifra oficial de muertos, según el cómputo del ayuntamiento rondó los seiscientos, pero Jerónimo de Quiroga lo hace subir al doble en todo el reino y la Real Audiencia a mil”.

Capítulo XIX de su libro Historia crítica y social de la ciudad de Santiago 1541-1868, titulado “El Gran terremoto”.

Diego Barros Arana: “El lunes 13 de mayo a las diez i media de la noche, sin que precediese ruido alguno, un repentino remezón que se prolongó durante algunos minutos, sacudió la tierra con una violencia extraordinaria... Solo las personas que pudieron salir de sus habitaciones en los primeros momentos habían hallado su salvación en las calles o en los huertos de las casas; pero entre las ruinas quedaban sepultados millares de individuos, muertos unos, heridos i estropeados los otros, lanzando estos últimos gritos desgarradores para pedir socorro o para implorar del cielo el perdón de sus culpas”.

Fragmento del tomo IV de la Historia Jeneral de Chile.

Miguel Luis Amunátegui: “La ciudad arruinada ofrecía el más lúgubre i aterrador de los aspectos... Todo se hallaba envuelto en la más negra i profunda oscuridad... Los que agonizaban aplastados bajo ellas, imploraban con voces quejumbrosas i apagadas el amparo de los vivos. I mientras tanto, los que eran instados desde las entrañas de la tierra para que suministrasen socorro, sobre hallarse desatentados por una tan violenta i aterradora convulsión de la naturaleza, no disponían de otras herramientas, que de las manos. Aquello era horrible”.

El terremoto del 13 de mayo de 1647. Capítulo XII. Página 304, Santiago 1882.

SIGLOS XVIII y XIX

1730, 1751 y 1835, Concepción

Concepción fue fundada en 1539 por Pedro de Valdivia, en la zona de Penco (por eso el gentilicio es penquistas). Allí permaneció por 200 años, pese a que las crónicas históricas dan cuenta de cómo la naturaleza se ensañó desde sus inicios con esta ciudad del centro-sur de Chile, la que fue sacudida por grandes terremotos y tsunamis en los años 1570, 1657 y 1730.

Tras cada tragedia, volvía la discusión de si mover la ciudad a otro lugar, pero sin acuerdo. Sin embargo, la devastación que dejó el terremoto de 1751 terminaría por convencer a las autoridades. Tras un proceso de 14 años después del sismo, la población fue trasladada desde Penco hacia el sector del valle de la Mocha, donde actualmente se emplaza. Era una forma de aceptar las condiciones adversas del territorio y replicar la ciudad destruida en un lugar menos expuesto. Pero, claramente, la exposición no radicaba en el lugar. La naturaleza no esperó mucho para volver a sacudir a Concepción.

En 1835, la nueva ciudad penquista fue destruida completamente por un terremoto de magnitud 8,2, lo mismo que a Talcahuano y Chillán, que luego sería trasladada desde lo que hoy es Chillán Viejo a su ubicación actual. En la historia, a este evento se le conoce como “La Ruina” y su alcance fue tan grande que generó un tsunami que llegó al archipiélago Juan Fernández. Aunque se calcularon unos 500 muertos en total, los registros muestran que las personas corrieron a los cerros para salvarse del tsunami, tras aprender de las experiencias de 1730 y 1751.

El naturalista inglés Charles Darwin, que se encontraba en Valdivia en el momento del sismo, viajó a Concepción y documentó sus efectos. Sus apuntes sobre el evento fueron un aporte sustancial en la configuración de la biología moderna y las ciencias de la tierra.

“En Concepción, cada fila de casas, cada mansión aislada, formaba un montón de ruinas bien distinto; en Talcahuano, al contrario, la ola que había seguido al terremoto y que inundó la ciudad no había dejado al retirarse sino un confuso montón de ladrillos, tejas y vigas, y aquí y allá alguna pared aún en pie”.

“Que ni una casa en Concepción, ni en Talcahuano, (el puerto) estaba en pie; que setenta pueblos fueron destruidos; y que una gran ola casi arrasó las ruinas de Talcahuano... De este último hecho pronto vi abundantes pruebas; toda la costa estaba cubierta de maderas y muebles, como si mil grandes barcos naufragasen...”.

CHARLES DARWIN, *DARWIN EN CHILE (1832-1835): VIAJE DE UN NATURALISTA ALREDEDOR DEL MUNDO*. SANTIAGO. EDITORIAL UNIVERSITARIA, 2009, PÁG. 193.

“El efecto más notable (o quizás hablando más correctamente, la causa) de este terremoto fue la elevación permanente de la tierra... La elevación del terreno a la cantidad de algunos pies durante estos terremotos, parece ser un movimiento paraxístico, en una serie de pasos menores e incluso insensibles, por los cuales toda la costa oeste de América del Sur se ha elevado por encima del nivel del mar”.

RICHARD V. LEE, UNIVERSIDAD ESTATAL DE NUEVA YORK EN BUFFALO, EE. UU.: *EL TERREMOTO DE DARWIN*.



Mapa antiguo de Concepción cuando estaba en Penco.



Ruinas de la Catedral de Concepción, 1835. John Clements Wickham (1798-1864). Engraving: S. Bull fl. 1838-1846.

1730, Valparaíso

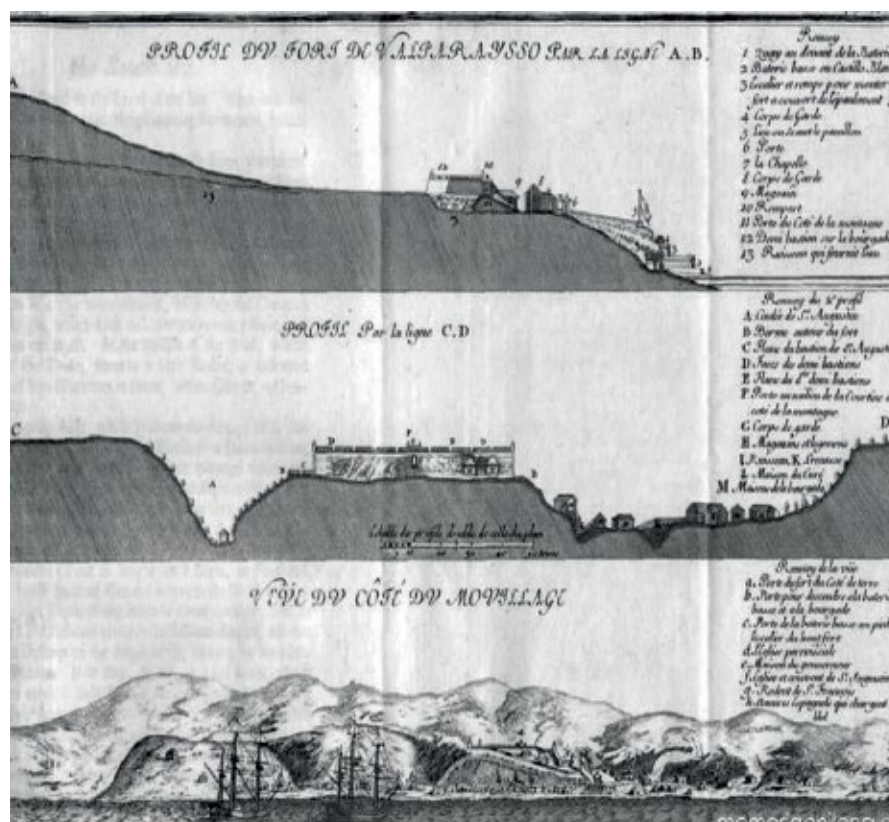
Es el segundo terremoto con tsunami más grande de la historia de Chile, después de Valdivia (1960). La madrugada del 8 de julio de 1730 un sismo de magnitud superior a 9, con epicentro en Valparaíso, dañó gravemente la infraestructura de esta ciudad y de Santiago, La Serena y Concepción. El maremoto fue tan intenso y destructivo, que alcanzó las costas de Perú y Japón.

Aunque habían registros de su ocurrencia, no se sabía mucho de su magnitud. Un grupo de investigadores de la Escuela de Ciencias del Mar de la Universidad Católica de Valparaíso (PUCV) y del Centro de Investigación para la Gestión Integrada del Riesgo de Desastres (CIGIDEN), a través del análisis de registros históricos y geológicos, creó un modelamiento matemático que permitió estimar que la ruptura de las placas fue de entre 600 y 800 kilómetros y que la magnitud del terremoto fluctuó entre los 9,1 y 9,3.

También descubrieron que el tsunami que ocurrió posteriormente, solo en Valparaíso tuvo una altura máxima de 7 a 8 metros y de alrededor de 8 metros en Concepción. Sus efectos abarcaron desde Callao, en Perú, hasta Valdivia; incluso, el nivel del mar en las costas japonesas aumentó en dos metros.

El modelamiento permitió establecer que si hoy se repitiera el terremoto de 1730, en Viña del Mar las olas llegarían a la antigua población Vergara, hasta la base del cerro Sausalito, y el agua ingresaría primero por el estero Marga Marga. En Valparaíso, el agua llegaría hasta donde se inicia la subida Santos Ossa. Toda esa zona, el Congreso, el sector El Almendral, estarían en riesgo.

En ese entonces, Valparaíso no era una ciudad propiamente tal; más bien, un lugar donde estaban las bodegas de los comerciantes que vivían en Santiago. Los registros dicen que se perdieron 80 mil sacos de trigo que estaban listos para irse a Perú. Viña del Mar, prácticamente, no existía. Pese a eso, murieron 3 mil personas.





1868, Arica

Aunque en 1868, Arica aún era una ciudad boliviana, este terremoto de magnitud 8,6 y su posterior tsunami la devastó de tal forma, que sus efectos aún eran visibles para finales del siglo XIX, cuando este lugar ya integraba el territorio chileno, tras la Guerra del Pacífico. Los cálculos oficiales cifraron en 600 los muertos, de los cuales un tercio eran marineros que estaban en barcos en la bahía al producirse el maremoto. El evento también afectó a Iquique, donde hubo 150 fallecidos y numerosos daños. El tsunami que precedió al megasismo arrasó las costas peruanas entre Pisco e Iquique, afectando incluso a California, Hawái, Filipinas, Australia, Nueva Zelanda y Japón. Se le considera uno de los mayores eventos sísmicos del siglo XIX.



Arica después del terremoto (1868).

Repositorio: División de Impresiones y Fotografías de la Biblioteca del Congreso. Washington, D.C. 20540 Estados Unidos. Dominio público.



Temeroso terremoto y maremoto en Arica, Sudamérica. Grabado en madera publicado en el puesto ilustrado de Melbourne. 9 de noviembre de 1868. Winter, C. T.

1854, Antuco

“De vuelta de este viaje reventó el volcán de Angol con admiración de todos, vomitando embueltas en fuego espesas nubes de ceniza y avenidas de piedra, azufre y piedra pómez, sin algunos peñascos que vomitó su cruda indigestión, durando más de ocho días este prodigio, avisando a todos que temiesen la divina indignación que por estas vocas del infierno amenaza a tragarse a los malos”. Así es la primera descripción de una erupción en territorio chileno, escrita en 1624 por el cronista jesuita Diego de Rosales, en *Historia Jeneral del Reyno de Chile*. Allí describe al Angol, que se cree que actualmente corresponde al volcán Antuco.

El volcán tuvo erupciones sucesivas. En 1752 una erupción formó los campos de lava en la ladera norte del volcán, que actualmente son atravesados por el camino internacional hacia el paso Pichachén. El 1 de febrero de 1820 se produjo una gran erupción que generó un gran lahar frío que escurrió hacia el valle del río Laja. Pero la mayor erupción en el siglo XIX, fue en 1853, evento que elevó el nivel de la laguna Laja en veinte metros debido al apresamiento en el sector del desagüe.



Visita al volcán de Antuco al momento de una erupción de gas. 1 marzo de 1839. *Atlas de la historia física y política de Chile*. Claudio Gay, París. Imprenta de E. Thunot, 1854. Dos volúmenes de láminas en color.



Ilustración del libro *Atlas de la historia física y política de Chile* de Claudio Gay, que muestra una caza de guanacos con el volcán Antuco en actividad de fondo.

1877, Iquique

La noche del 9 de mayo de 1877, la ciudad de Iquique, entonces capital del Departamento de Tarapacá, en Perú, se convirtió en el epicentro de un devastador terremoto, de magnitud 8.5, que ocasionó un tsunami que asoló parte de Perú y Bolivia, incluyendo las ciudades de Arica, Tocopilla, Mejillones, Calama y Antofagasta, todas hoy parte del territorio chileno. “El mar barrió todo el tramo de la costa desde la Puntilla hasta el Morro. Casi cinco kilómetros cubiertos antes por magníficos edificios, grandes bodegas, establecimientos industriales, centros poderosos de comercio, animación y vida, presentaban el aterrante espectáculo de montones de ruina mezclados con los despojos que el mar no cesaba de arrojar a la playa”. (Barros van H., Alonso: *Tsunami en Bolivia y Perú: El terremoto y salida de mar del 9 de mayo de 1877*. Revista de Ciencias Sociales (CI), núm. 24, 2010. Universidad Arturo Prat. Tarapacá, Chile).

SIGLOS XX y XXI

1905, Norte Chico

Mayo de 1905 resulta particularmente lluvioso desde el Norte Chico a Santiago. En varios poblados de la Región de Coquimbo se produjeron desbordes de río, interrupciones en la vía férrea y destrucción de viviendas. En Paihuano, el río desbordado arrastró parte del poblado, también en Diaguitas, Montegrande y La Unión el agua destruyó casas, escuelas y graneros. El río Choapa creció más de nueve metros en varios sectores, inundando terrenos cultivados, viviendas y caminos; se produjeron estancamientos y aluviones. La crecida del río Copiapó destruyó gran parte de la línea del ferrocarril entre Tres Puentes y San Antonio. Copiapó terminó con 51 mm de lluvia ese año, La Serena con 308 mm y Coquimbo con 330 mm.

“La crecida del río Copiapó en el año 1905 destruyó mucha parte de la vía, habiendo quedado abandonada la sección Tres Puentes a San Antonio, cuya longitud era de 13 kilómetros.” Yunge (1910).



1914, Valparaíso



Imagen de calle Condell, durante la inundación que afectó al puerto ese año.

1906, Valparaíso

El 16 de agosto de 1906, un sismo de magnitud 8,2 a 8,6, se produjo frente a la costa de Valparaíso. Comenzó a las 19:48 horas y los 45 segundos de movimiento provocaron graves daños en la zona central desde Illapel a Talca. Destruyó casi por completo el puerto de Valparaíso y causó alrededor de 3.800 fallecidos, 20 mil heridos y pérdidas por 260 millones de dólares. El maremoto posterior que provocó se registró también en Hawái, Japón, Estados Unidos e Islas Marquesas. Las consecuencias del movimiento motivaron la creación del Servicio Sismológico, actual Centro Sismológico Nacional.



Interior de la Iglesia de la Merced, Valparaíso tras el terremoto de 1906. Disponible en Memoria Chilena, Biblioteca Nacional de Chile.



Misa al aire libre, Llay-Llay, 1906. Disponible en Memoria Chilena, Biblioteca Nacional de Chile.



Calle Blanco esquina Edwards, Valparaíso, tras el terremoto de 1906. Disponible en Memoria Chilena, Biblioteca Nacional de Chile.



Plaza Echaurren de Valparaíso, 1906. Disponible en Memoria Chilena, Biblioteca Nacional de Chile.

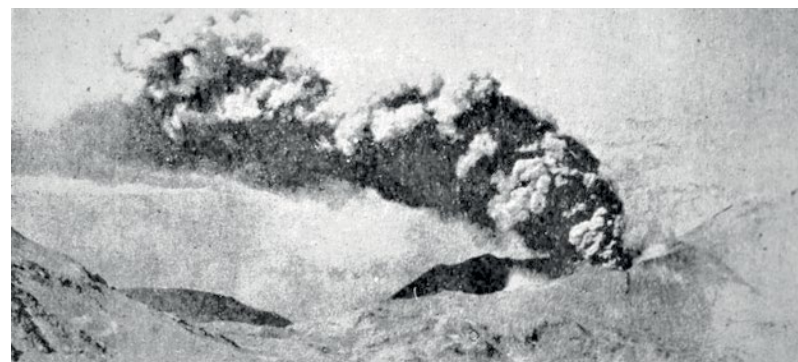
1932, San Clemente

A las 14 horas del 10 de abril de 1932 el volcán Quizapu (complejo volcánico cerro Azul-Quizapu) ubicado en la comuna de San Clemente, Región del Maule, inició una potente erupción: una de las más fuertes registradas del siglo XX en el mundo, y la mayor en Chile hasta la del Chaitén.

La columna eruptiva alcanzó más de 30 km de altura. Las cenizas cubrieron Curicó, Rengo, San Fernando, Rancagua, Molina, San Vicente y otras localidades de la zona, inutilizando hasta hoy miles de hectáreas que quedaron cubiertas por el material volcánico sólido expulsado por la erupción del Quipazú (cenizas, piedras, escorias, etc.), principalmente en las provincias de Talca, Curicó y la Pampa argentina. Su erupción fue tan grande que expulsó más material volcánico que lo expulsado por la suma de todas las erupciones chilenas que lo siguieron. Menos de dos semanas más tarde, la nube de tefra estaba en Sudáfrica. Tan grande fue, que se estima que cayó ceniza en un área de alrededor de 2 millones de kilómetros cuadrados solo en Sudamérica.

La revista *Zig-Zag* (1932) señaló que “el lunes 11 de abril comenzó a oscurecerse a las 13 horas en Curicó, igual cosa ocurrió en Rengo, San Fernando, Rancagua, Molina, San Vicente y otras localidades de esa zona sobre las cuales caía una prolongada lluvia de cenizas blancas”, actividad que estuvo acompañada en todo momento por ondas expansivas audibles.

Miles de animales (vacunos y caprinos), además de fauna silvestre murieron por efecto de las cenizas. No se registraron personas fallecidas.



Cráter del volcán Quizapu en erupción. Disponible en Memoria Chilena, Biblioteca Nacional de Chile.



Estudio sobre la crisis volcánica de la Cordillera de los Andes: Exploraciones aéreas sobre el Volcán Quizapú en erupción / Julio Bustos Navarrete.

1939, Chillán

A las 23:32 horas del 24 de enero de 1939, un sismo de 8,3 se originó en Quirihue, 72 km al oeste de Chillán, siendo percibido desde Valparaíso a Temuco, además de Mendoza y Buenos Aires, en Argentina. Se trató de un sismo intra-placa, es decir, se produjo al interior de la placa de Nazca, no en la interfaz entre las placas de Nazca y Sudamericana (subducción).

Los fallecidos llegaron a 24 mil -se cifran incluso en 30 mil-, siendo la tragedia que más víctimas ha causado en Chile. Solo 5.685 fueron identificados.

De las 15 mil viviendas que se registraban en Chillán, el 95% quedó seriamente afectada. Los daños materiales se estimaron en aproximadamente 3 mil millones de pesos de la época.



Calle Lincoyán, Concepción, tras el terremoto de 1939. Disponible en Memoria Chilena, Biblioteca Nacional de Chile.



Camino de Chillán a Concepción destruido por el terremoto de 1939. Disponible en Memoria Chilena, Biblioteca Nacional de Chile.



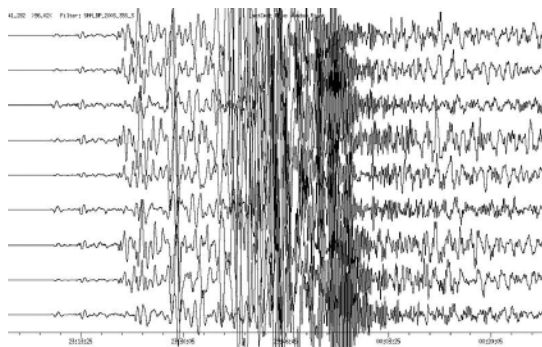
Mercado de San Carlos destruido tras el terremoto de 1939. Disponible en Memoria Chilena, Biblioteca Nacional de Chile.



Calle de Chillán tras el terremoto de 1939. Disponible en Memoria Chilena, Biblioteca Nacional de Chile.



Tren desrielado en la estación de Lontué (San Carlos) tras el terremoto de 1939. Disponible en Memoria Chilena, Biblioteca Nacional de Chile.



1960, Valdivia

El 22 de mayo de 1960 a las 15:11 horas, un terremoto de magnitud 9,5 azotó la ciudad de Valdivia, irrumpiendo con ruido subterráneo y movimiento por alrededor de cinco minutos. Es, hasta ahora, el mayor terremoto registrado en la historia.

Su fractura sísmica se extendió por cerca de 1.000 km, desde la península de Arauco (Región del Bío-bío) hasta la península de Taitao (Región de Aysén), con un hipocentro (lugar de ruptura) discutido por la ciencia, que hoy se establece frente a las costas de Lebu. Provocó el desplazamiento de la falla en un promedio de 20 metros, alcanzando los 40 metros en algunos sectores.

Con el terremoto de Concepción, que lo precedió por un día, fueron afectadas 109 localidades. Murieron más de 2.000 personas y 2,5 millones quedaron damnificadas. Se destruyeron más de 169 mil casas y se estiman pérdidas del orden de 500 a 700 millones de dólares.

El enorme movimiento dio origen a un maremoto con olas de hasta 25 metros, que asoló todos los puertos entre Concepción y Chiloé, afectando también a Aysén. La onda expansiva se desplazó por el Pacífico, alcanzó Hawái, Japón, Rusia, Filipinas, Nueva Zelanda y Australia, entre otros. En Japón, Filipinas y Hawái el tsunami generó 230 víctimas y pérdidas equivalentes a 125 millones de dólares. Cambió completamente la geografía de la zona: se hundieron zonas, otras se elevaron, aparecieron islas, otras desaparecieron.

A un año del megaterremoto se habían registrado 56 réplicas con magnitudes entre 5,6 y 7,5.

A raíz de este megaterremoto de Chile, en 1965 se creó el Sistema de Alerta de Tsunamis, que ha sido clave para su detección a nivel mundial. Antes de ese terremoto no se explicaba cómo ocurría un sismo en una falla que no fuera visible. En este terremoto se descubrió que existen las zonas de subducción, lo que significó el nacimiento de la tectónica de placas, uno de los mayores descubrimientos de la geología.



Vista de una calle en el centro de Valdivia tras el maremoto del 22 de mayo de 1960.
Autor: Pierre St. Amand.



Erupción del volcán Cordón Caulle, Chile, 1960. Dos días después de megaterremoto en Valdivia.
Fotógrafo: Pierre St. Amand.



Imágenes de Hawái tras tsunami originado por megaterremoto de Valdivia, 1960.
Author: US Navy.



1971, Villarrica

La actividad del Villarrica comenzó el 29 de octubre de 1971, intensificándose un mes después cuando una columna de lava apareció en el borde del cráter. La actividad aumentó entre el 3 y 20 de diciembre, eyectando flujos de lava y culminó a las 23:45 horas del 29 de diciembre, cuando el cono superior del cráter central se fracturó, lanzando una lámina de lava que cortó la cubierta de hielo, provocando su fusión inmediata y generando lahares (aluviones) al norte, oeste y sur del volcán.

Los flujos se desplazaron a 80 km/h arrasando troncos, rocas y piroclásticos, además de trozos de hielo, en una mezcla de barro y agua temperada. En menos de una hora fueron cortados los puentes de los ríos Turbio, Narquimalal, Correntoso y Chaillupén, arrasando bosques, casas e instalaciones agrícolas.

Las erupciones efusivas del Villarrica (1908, 1948-1949, 1963, 1964 y 1971) han provocado la muerte de más de 100 personas, un desconocido número de desaparecidos y severos daños a la infraestructura pública y privada.



El volcán Villarrica durante la violenta fase explosiva del 1 de enero de 1949. Disponible en Memoria Chilena, Biblioteca Nacional de Chile.



Villarrica. Creado el 1 de octubre de 2008. Autor: idobi. Licencia: CC BY-SA 3.0.

1982, Santiago

Un intenso temporal ocurrido en junio de 1982 provocó las peores inundaciones en Santiago, que incluyeron el desborde del río Mapocho y la salida de cauces como el zanjón de la Aguada y el canal San Carlos. Más de 15 mil personas quedaron damnificadas, 800 heridas, mientras que 15 murieron. El 27 de junio los desbordos provocaron inundaciones en el sector oriente de la capital, también se registraron seis rodados de nieve y tierra en Las Vizcachas y Romeral, Cajón del Maipo.

1985, San Antonio

El terremoto que más damnificados ha provocado en Chile se produjo el 3 de marzo de 1985 a las 19:46 horas, en San Antonio. De magnitud 8,0, seguido de un tsunami instrumental, dejó 178 muertos, 2.575 heridos y 986.544 damnificados.

Se reportaron daños alrededor de 200 km, desde Quintero a San Fernando. Más de 100 mil viviendas resultaron dañadas y 86.900 destruidas, principalmente en la Región de O'Higgins, debido a su construcción con adobe. Las pérdidas económicas llegaron a 2.106 millones de dólares.



Calle 21 de Mayo destruida tras el terremoto. Archivo General Histórico del Ministerio de Relaciones Exteriores. Creado el 13 de marzo de 1985.

1988, Lonquimay

A las 15:30 horas del 25 de diciembre de 1988, el volcán Lonquimay inició un nuevo ciclo eruptivo que duró nueve meses. Desde principios de diciembre se registraron varios sismos de intensidad variable, aunque las peores consecuencias se debieron a los gases volcánicos y cenizas. La caída de esta última causó la destrucción parcial de bosques, praderas y huertos, y tuvo efectos catastróficos para los seres humanos, animales y vegetación. Se alteró el curso hídrico y la composición del agua de los ríos Cautín y Naranjo, y se generó una intoxicación letal en el ganado de la zona. Los menores de edad fueron evacuados a Temuco durante el invierno de 1989 y la población adulta experimentó conjuntivitis irritativas, afecciones en las vías respiratorias, problemas digestivos y alteraciones en el sistema nervioso, aunque sin víctimas fatales.



Archivo General Histórico, Minrel.

Casas en calle José Manuel Balmaceda, afectadas por el terremoto en San Antonio.



Memoria Chilena, BNC.

Vivienda y techumbre destruida por el terremoto, Las Cruces, marzo de 1985.

1991 Hudson

El volcán Hudson inició una erupción explosiva el 8 de agosto de 1991, aproximadamente a las 18:20 horas, que duró 16 horas y depositó un manto milimétrico de ceniza en Puerto Chacabuco y Puerto Aysén.

El 9 de agosto se observó la emisión de lava a partir de una fisura, lo cual produjo la formación de jökulhaups (eventos violentos producidos por el contacto entre las erupciones volcánicas y los glaciares) hacia el río Huemules. Entre el 11 y el 15 de agosto se produjo otra erupción altamente explosiva, cuyo peak el 12 de agosto produjo una columna de hasta 18 km de altura que cubrió entre 80 mil y 150 mil km², llegando a las islas Malvinas.

Más de 750.000 hectáreas resultaron directamente dañadas, impactando en el largo plazo al 47% de la masa ganadera de la zona.



Volcán Cerro Hudson, Chile
Photo by Norm Banks, August 23, 1991 (U.S. Geological Survey).

1991 Antofagasta

Los días 17 y 18 de junio de 1991 un fuerte temporal de viento y lluvias afectó a gran parte del centro-norte de Chile, alcanzando la costa de la Región de Antofagasta. Una repentina y violenta lluvia cayó sobre su capital entre la medianoche y las tres de la madrugada del 18 de junio, provocando fuertes aluviones media hora después que afectaron principalmente, los sectores ubicados pendiente abajo de las quebradas (Salar del Carmen, La Cadena y La Negra, El Ancla, Baquedano, Uribe y El Toro, Jardines del Sur y El Huáscar). Como resultado se registraron 101 muertes y 48 desaparecidos, unas 400 viviendas fueron destruidas y se estimaron daños por 7 millones de dólares.

1993, Quebrada de Macul

El 3 de mayo de 1993, aluviones provenientes de las quebradas de San Ramón y de Macul arrasaron con poblaciones en las comunas de Peñalolén y La Florida, Región Metropolitana, dejando 26 muertos, ocho desaparecidos y más de 30 mil personas damnificadas.

La intensa precipitación que provocó el flujo de detritos desde las quebradas se produjo con una elevación de la isoterma 0 de 3.000 m, lo que aumentó el caudal para la quebrada de Macul.

Alrededor de 400 viviendas resultaron destruidas y más de 5.000 con daños diversos. Las pérdidas materiales se estimaron en 5 millones de dólares. Debido al impacto que generó el evento, en 1994 se construyeron siete piscinas de decantación en la parte baja de la quebrada de Macul para contener posibles aluviones.

2008, Chaitén

El ciclo eruptivo del volcán Chaitén, entre 2008 y 2011, fue uno de los más explosivos en la historia volcánica reciente de Chile, emitiendo entre 1 y 3 km³ de cenizas a la atmósfera, lo cual originó el crecimiento de un nuevo domo de lava sobre el domo de lava antiguo, que incluyó colapsos estructurales, explosiones y lahares.

Entre los efectos producidos por la erupción en las áreas próximas estuvo la evacuación preventiva de cerca de 5.000 residentes de la localidad de Chaitén y el establecimiento de dos radios de seguridad que alcanzaron una distancia de 30 y 50 km del volcán; la caída de cenizas en comunas cercanas como Futaleufú y Palena; las inundaciones y lahares desencadenados sobre la ciudad; la cancelación de vuelos comerciales entre Chile y Argentina; pérdidas para actividades ganaderas, acuícolas y turísticas; efectos valorizados en 48 millones de dólares. Aunque el gobierno prohibió el repoblamiento de Chaitén, varias personas regresaron al lugar y levantaron nuevamente sus moradas en el sector.

Se le considera la erupción más violenta ocurrida en Chile desde el Quizapú.



Erupción de volcán Chaitén, 2009. Disponible en Memoria Chilena, Biblioteca Nacional de Chile.



2010, Maule

El terremoto del 27 de febrero de 2010 comenzó a las 3:34 horas y duró aproximadamente tres minutos. De magnitud 8,8, se originó debido al desplazamiento de la placa de Nazca bajo la placa Sudamericana, que alcanzó los 20 metros. El epicentro se situó a lo largo de la costa de la Región del Maule, aproximadamente 8 km al oeste de Curanipe y 115 km al nor-este de Concepción.

Afectó 450 km de longitud, desde la península de Arauco hasta el norte de Pichilemu y causó daños entre las regiones de Valparaíso y La Araucanía, donde habita cerca del 80% de la población del país. Murieron 521 personas. Se estima que alrededor de 440.000 viviendas resultaron con algún tipo de daño y, en términos económicos, produjo daños estimados en 30 mil millones de dólares, equivalentes al 18% del PIB nacional.

El tsunami, que posteriormente asoló la costa chilena como resultado del terremoto, afectó también al archipiélago Juan Fernández y generó una alerta para el Pacífico que se extendió a 53 países de la cuenca del Pacífico, entre ellos Perú, Ecuador, Colombia, Panamá, Costa Rica, Nicaragua, la Antártica, Nueva Zelanda, la Polinesia Francesa y la costa de Hawái.

Durante los primeros tres meses de ocurrido el evento se registraron más de 283 réplicas con magnitud superior a 5,0 y 22 con magnitud igual o superior a 6,0, además de varios miles de réplicas de menor magnitud, en general no sentidas por la población.



Atilio Leandro/ Dominio público



Autor: Juan Orellana/ Dominio público.



Autor: Pategila T1/ Dominio público.



Autor: Claudio Núñez. Dominio Público.



Autor: Caritas Chile.



2014, Iquique

Con epicentro frente a las costas de Iquique y Pisagua, el terremoto del 1 de abril de 2014 tuvo una magnitud de 8,2. El movimiento, que comenzó a las 20:46 horas, fue percibido en las regiones de Arica y Parinacota, Tarapacá, Antofagasta, el sur de Perú y parte de Bolivia.

Una de sus principales características fue la gran actividad precursora registrada en la zona epicentral, donde destacó un sismo de magnitud 6,7, ocurrido 15 días antes. La sismicidad histórica hacía probable la ocurrencia

de un megaterremoto, ya que la zona no era afectada por un gran sismo desde 1877. Sin embargo, el terremoto del 1 de abril no fue el gran evento esperado, pues no toda la región acoplada se activó en esta ocasión.

El resultado de este terremoto fue de 9.780 viviendas dañadas en la Región de Tarapacá y se estimó que 38.100 personas fueron afectadas, en diferentes grados. Un tsunami, ocurrido algunos minutos después del sismo, produjo inundaciones menores en el borde costero.

2015, Illapel

El 16 de septiembre de 2015, a las 19:54 hrs., un sismo de magnitud 8,4, con epicentro en el mar frente a la costa de Illapel, Región de Coquimbo, produjo una ruptura de alrededor de 200 km, entre Punta Lengua de Vaca (extremo norte de la península de Talinay) y Los Vilos. El movimiento produjo un deslizamiento de la placa de Nazca respecto de la Sudamericana del orden de 6 metros y fue seguido por un tsunami.

Provocó 11 fallecidos, una persona desaparecida y 27.722 personas damnificadas; 2.440 viviendas fueron destruidas y 2.705 presentaron daños severos. El costo de la reconstrucción llegó a 30.500 millones de pesos.



Embarcaciones varadas en la avenida Costanera de Coquimbo. Autor: Sfs90.



Autor: Sfs90 / Dominio público.



Autor: Felicio Antonio / Dominio público.



2015, Chañaral

Entre el 24 y 27 de marzo de 2015 se produjo un evento de precipitación de características históricas e inusuales para las regiones del norte del país en más de 75 años. La activación de quebradas secas causó 18 aluviones a lo largo de los ríos Salado y Copiapó, y en Taltal y Antofagasta. En la cuenca del Salado las localidades más afectadas fueron Chañaral, Diego de Almagro y El Salado; mientras que en la de Copiapó, las más afectadas fueron Tierra Amarilla, Paipote y Copiapó. 31 personas murieron, 16 resultaron desaparecidas y 35.086 damnificadas. 2.071 viviendas fueron destruidas y 6.253 quedaron con daño mayor.

En las tres horas consecutivas más lluviosas este evento superó lo observado en promedio cada 30 años.

Se estimó un costo inicial de 1.500 millones de dólares para la reconstrucción de la zona, de los cuales 250 millones serían para la emergencia y 1.250 millones para reconstrucción.

Autor: leonel600 / Dominio público.



Imágenes de aluvión en Copiapó un mes después del desastre. Fotos: David Hormazábal.

1908

Instituto Sismológico de Chile

Tras el terremoto de devastó Valparaíso en 1906, el gobierno de Pedro Montt, a petición del entonces rector de la Universidad de Chile, Valentín Letelier, fundó el Servicio Sismológico, el 1 de mayo de 1908. Se ubicó en el cerro Santa Lucía y su primer director fue el sismólogo francés Ferdinand Montessus de Ballore, quien instaló la primera estación sismológica con registro del movimiento del suelo y de tiempo. Luego esa red se extendió a Tacna, Copiapó, Osorno y Punta Arenas, a los que le siguieron otras 29 estaciones de menor complejidad. En 1927 la institución pasó a depender de la Universidad de Chile, cambiando el nombre a Servicio Sismológico Nacional (SSN).

1929

Ley sobre Construcciones Asísmicas

Luego del terremoto que destruyó Talca en 1928, y que dejó al descubierto el mal estado de las construcciones, así como la ineficacia de la normativa urbanística vigente a la época, se aprobó la Ley N° 4.563 sobre Construcciones Asísmicas, que estableció que "las municipalidades que cuenten dentro de su territorio con una ciudad de más de veinte mil habitantes, someterán al Ejecutivo, dentro del plazo de seis meses, un anteproyecto de transformación de esas ciudades. Sobre la base de este anteproyecto, el Presidente de la República ordenará confeccionar un proyecto definitivo, el cual, una vez aprobado, servirá para dar las líneas de edificación".

1935-1939

Ley y Ordenanza General de Construcciones y Urbanización y Corfo

La ley de 1929 sirvió de base para que en 1935 se promulgara la Ley y Ordenanza General de Construcciones y Urbanización, cuerpo legal que institucionalizó las primeras normas de diseño y construcción antisísmicas en Chile. Cuatro años después, el gran terremoto de Chillán –que devastó la zona centro-sur y generó la mayor cantidad de muertos registrados por un sismo en Chile (24 mil)– llevó al presidente Pedro Aguirre Cerda a fundar la Corporación de Fomento de la Producción (CORFO), el 24 de abril de 1939, con el objetivo de estimular la actividad productiva nacional y su industrialización.

HITOS

1996-2010

Ajuste de Normas Antisísmicas

En 1996 se actualizó la norma NCH433 de diseño sísmico a partir de la experiencia adquirida en los terremotos de 1985 en la zona central y 1995 en Antofagasta. El 2003 se oficializaron las normas técnicas NCH2369 de diseño sísmico de estructuras e instalaciones industriales y la NCH2745 de análisis y diseño sísmico de edificios con aislación sísmica. Después del terremoto del 2010 nuevamente se ha revisado y actualizado la NCH433, para añadir mayores niveles de exigencias, sobre todo respecto de la clasificación de suelos.

1996

Servicio Nacional de Geología y Minería

Trabaja elaborando cartas que incluyen la actividad volcánica histórica, probabilidad de ocurrencia y trayectoria crítica de diversos volcanes de Chile, y estableciendo un sistema de monitoreo volcánico con el objetivo de anticiparse a los eventos y decretar la evacuación de los habitantes en riesgo.

2007

Centro Sismológico Nacional

Tras el sismo ocurrido el 21 de abril de 2007 en la Región de Aysén y dada la necesidad de contar con una red sísmológica que cubriera el territorio nacional, comienza a gestarse la idea de un Centro Sismológico Nacional, continuador del Servicio Sísmico Nacional. El megaterremoto de 2010 aceleró el proyecto y en 2013 se crea el Centro Sismológico Nacional (CSN). Esto significó un vuelco en la misión del SSN, que tenía un diseño y vocación académica, que al convertirse en CSN pasó a ser una entidad clave en el sistema de alerta sísmica nacional.

2009

Red Nacional de Vigilancia Volcánica

La erupción del Chaitén de 2008 –que concluyó con la evacuación total de la población de la ciudad y destruyó por completo la zona– tuvo como consecuencia directa la creación de la Red Nacional de Vigilancia Volcánica por parte del Servicio Nacional de Geología y Minería (Sernageomin) con el fin de coordinar el monitoreo permanente de los 43 volcanes más peligrosos, considerando, por una parte, la frecuencia e intensidad de sus erupciones y, por otra, su cercanía con pueblos o infraestructura pública. El plan incluyó en su listado al Hudson, Lonquimay y el mismo Chaitén, por los episodios registrados en los últimos 25 años y se puso un plazo de cuatro para instalar dispositivos de monitoreo de los últimos ocho volcanes de la red: siete en el norte y uno en el sur.

1965

Centro de Alerta de Tsunamis del Pacífico

El tsunami de Valdivia, en 1960, no solo arrasó con las costas chilenas, sino que con varias localidades a lo largo del Pacífico. Ello impulsó a las Naciones Unidas a solicitar la creación de un sistema de alertas global que avisara de la ocurrencia de fenómenos similares. Fue así como en 1965 nace Pacific Tsunami Warning Center o PTWC, localizado en Honolulu, Hawái.

1972

Norma Cálculo Antisísmico

En 1972 se aprobó la norma chilena N°433, de cálculo antisísmico de edificios, basada en la observación de los terremotos de las Melosas en 1958, Valdivia en 1960 y La Ligua en 1965.

1974

ONEMI

El megaterremoto y tsunami de Valdivia obligó al Estado chileno a crear el Plan Nacional de Emergencias para hacer frente a la catástrofe. Sin embargo, este plan se mantuvo operativo hasta muchos años después, dando origen en 1974 a la Oficina Nacional de Emergencia (ONEMI), dependiente del Ministerio del Interior y Seguridad Pública, cuyo fin es “planificar, coordinar y ejecutar las acciones destinadas a prevenir o solucionar los problemas derivados de catástrofes naturales y otras emergencias”.

2012

Nace CIGIDEN

Tras el terremoto y tsunami de 2010, se vuelve imprescindible contar con una iniciativa de investigación integradora e interdisciplinaria en Chile, donde se aborden los problemas que se originan a partir de graves eventos naturales. Es así como, en diciembre de 2012, nace el Centro de Investigación para la Gestión Integrada del Riesgo de Desastres (CIGIDEN), cuyo objetivo es desarrollar, integrar, y transferir conocimientos que permitan crear en Chile un sistema para responder -eficazmente- frente a un fenómeno natural extremo, a través de las diferentes fases de preparación, respuesta, recuperación y mitigación. Se trata de un centro de excelencia FONDAP-ANID, integrado desde sus inicios por cuatro universidades chilenas: Católica de Chile, Técnica Federico Santa María, Andrés Bello y Católica del Norte, cuya primera etapa fue de cinco años: 2012-2017.

2016

CREDEN inicia su trabajo

En 2016, un grupo transversal de más de 80 expertos -académicos, investigadores, profesionales de la industria y representantes del gobierno- se reunieron al alero del Consejo Nacional de Innovación para el Desarrollo (CNID), con el fin de proponer una estrategia que contribuyera al desarrollo de un Chile más resiliente frente a los desastres, mediante la creación de nuevas capacidades y formas de investigación. Fue así como nació la Comisión para la Resiliencia Frente a Desastres de Origen Natural (CREDEN). Su objetivo: fortalecer y acelerar el desarrollo de las capacidades que Chile tiene 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 posicionar al país como un foco mundial para el I+D+I en resiliencia frente a desastres de origen natural. En 2019 se crea el Instituto para la Resiliencia ante Desastres (Itrend).

2018-2022

CIGIDEN se renueva

Luego de cinco años de exitoso y prolífero trabajo (2012-2016) y de convertirse en un componente clave de la estrategia de mitigación de desastres de Chile, CIGIDEN se adjudica en 2018 la renovación del centro por un nuevo período (2018-2022). En esta nueva etapa, los ámbitos de acción del centro se amplían y enriquecen a través de colaboraciones con investigadores de otras instituciones, como la Universidad de Concepción, Sernageomin, Universidad de Valparaíso, Universidad Católica de la Santísima Concepción, Universidad del Desarrollo y Universidad de Chile, entre otras. El resultado para 2022, son 10 años de estudios, propuestas para actualizar normativas, mapeos de riesgo en todo Chile y plataformas que ya se están usando y que buscan fortalecer la toma de decisiones y las políticas públicas para reducir y controlar el riesgo de desastres.

CAPÍTULO 2

Chile ha ido aprendiendo en el camino. A través de la investigación y la academia; de la experiencia y los procesos de reconstrucción. Cada nuevo desastre nos fue acercando a fórmulas para enfrentar los impactos.

Pero en 2010, muchas cosas fallaron y 521 personas murieron en el terremoto de magnitud 8,8, y el posterior tsunami que inundó pueblos y caminos. Se hizo evidente que hacía falta mucho más para aspirar a un Chile más resiliente a sus amenazas naturales. El conocimiento se estaba acumulando en los centros de investigación mundiales, sin embargo, ya era hora de que permeara las políticas públicas, y partir de las realidades locales y con una mirada integradora, enfrentar las amenazas futuras.

Así nació CIGIDEN

Tras la catástrofe que significó el terremoto y posterior tsunami del 27F, se volvió más evidente que nunca la necesidad de contar con un centro de excelencia destinado al estudio de los eventos naturales extremos con una mirada interdisciplinaria. Ese fue el punto de partida de las seis líneas de investigación del Centro de Investigación para la Gestión Integrada del Riesgo de Desastres. Una década después, su trabajo está sentando las bases para una gobernanza del riesgo inédita en el país, donde confluyen la ciencia, las comunidades locales y los tomadores de decisiones.



Un volcán es una entidad geológica. Pero también es un ancestro. Que un grupo de ingenieros, geólogos, geofísicos, matemáticos, antropólogos y sociólogos entienda que una mirada es tan importante como la otra, no es nada fácil. Por lo mismo, fue uno de los grandes desafíos con que CIGIDEN asumió la tarea de subsanar el déficit estructural en el tema de desastres.

Porque, pese a nuestra larga historia de eventos naturales extremos, pese a todos los muertos y heridos víctimas de esta historia, pese a la destrucción y las pérdidas materiales, Chile seguía afrontando estos episodios como emergencias a los que se reaccionaba lo mejor posible. Hasta la madrugada del sábado 27 de febrero de 2010, cuando muchas cosas salieron mal.

A las 3:34 horas de ese día se gestaba el último de los megaterremotos en Chile, una suerte de ayuda memoria para las nuevas generaciones,

muchas de las cuales no habían vivido jamás un fenómeno de estas características. El más reciente que recordaban los chilenos, los mayores, se había registrado en la zona central en marzo de 1985. Pero en aquella oportunidad, si bien hubo impactos significativos, no se generó una catástrofe de las proporciones como la que implicó el sismo y posterior tsunami al comenzar la segunda década del milenio.

Este evento radical de la naturaleza no solo recordó al país que la sismicidad está siempre presente en nuestra geografía, también significó el punto de partida para el trabajo de todas las líneas de investigación del Centro de Investigación para la Gestión Integrada del Riesgo de Desastres. A partir de la evidencia y los diversos impactos generados por el 27/F, se inició una labor que ha permitido entender como nunca antes los desastres de origen natural y pavimentar el camino a políticas públicas que reduzcan sus

impactos: desde las víctimas, hasta la infraestructura, pasando por la importante labor de crear comunidades atentas, resilientes y preparadas para enfrentar estos peligros.

En efecto, ese mismo año, el Fondo de Financiamiento de Centros de Investigación en Áreas Prioritarias (FONDAP) se abrió, por primera vez, a la creación de una instancia de excelencia para abordar el tema de catástrofes de origen natural con una mirada integral. Un grupo de ingenieros de la Pontificia Universidad Católica de Chile aceptó el reto y convocó a otras disciplinas a participar. Un año después nació CIGIDEN, un centro de investigación asociativa dirigida a identificar y resolver problemas concretos.

“Ya no se trataba solo de responder las preguntas fundamentales que se plantea la investigación científica o de publicar un paper y ser citados. El Estado nos pedía colaborar más allá de nuestras escuelas y facultades para lograr



cambios sustantivos en la manera en que el país anticipa y responde frente a las amenazas naturales”, comenta Rodrigo Cienfuegos, director del centro.

Este ingeniero civil y doctor en Ciencias de la Tierra es parte del grupo fundador de CIGIDEN, que también integran Juan Carlos de la Llera, Paula Repetto y Gabriel González. Aún recuerda ese primer viaje que realizó, junto a expertos extranjeros que vinieron a estudiar los efectos del mega terremoto y tsunami, a la zona que sufrió los embates del 27/F. El objetivo era levantar datos: observar marcas del agua, áreas inundadas, entrevistar gente para reconstruir los tiempos, tipo de daños, los arribos tardíos de oleaje; pero, lo que más le impresionó, fueron los relatos de las personas, las historias de gente que lo había perdido todo. “La investigación que teníamos que hacer cobraba otro sentido”, agrega.

CONOCER PARA ENTENDER Y ANTICIPAR

Comprender este cambio de perspectiva en la investigación hizo posible que distintas disciplinas, que nunca antes se habían sentido a conversar, lograran conectarse para generar un método de trabajo posiblemente inédito en Chile. Porque los procesos naturales son parte de los diversos sistemas complejos con los que interactuamos. Un aluvión en la cordillera o una marejada en la costa no son fenómenos aislados; una comuna no es solo una división administrativa, es un espacio ecológico. Por lo tanto, para lograr un país resiliente, es imprescindible que la investigación integre todas las condiciones que nos vuelven vulnerables. Como señala Cienfuegos: “Poner el conocimiento al servicio de entender y anticipar. Con ese conocimiento, trabajar para que los eventos naturales no se transformen en desastres”.

Algo que, lamentablemente, en Chile ya es habitual. Nuestra geografía nos mantiene bajo una constante amenaza. Porque esto de ser una larga y angosta faja de tierra tiene sus consecuencias. Los 4.329 kilómetros que convierten a Chile en el país más largo del planeta, asociado a factores como la circulación atmosférica y la oceánica, generan una amplia variedad de climas: desde

los subtropicales y áridos del norte hasta los subpolares y polares del extremo austral. Sus apenas 180 kilómetros de ancho promedio inciden en su morfología diversa, con altitudes de entre cero y 5 mil metros. Por eso, los ríos que fluyen desde la cordillera de los Andes hacia el mar tienen un alto potencial erosivo. Por eso, los sistemas frontales, sucesivos e intensos, son una amenaza permanente de desbordes de cauces e inundaciones, de anegamientos en zonas de bajas pendientes y de deslizamientos en laderas de fuertes pendientes, de intensas marejadas que impactan el borde costero de Arica a Punta Arenas, de aluviones y de avalanchas de nieve en la zona cordillerana.

Eventos que se agravan con los fenómenos climáticos de El Niño y La Niña: en el primero, el aumento de la temperatura superficial del océano Pacífico frente a las costas chilenas incrementa las precipitaciones; en el segundo, la temperatura superficial del mar se enfría y ocasiona sequía en gran parte del territorio chileno, lo que se traduce en emergencias agrícolas y más incendios forestales. A lo que se suma la megafalla que forma el contacto entre las placas de Nazca y Sudamericana, que se extiende desde el norte de Colombia hasta la península de Taitao en el extremo sur de Chile y que es la responsable de los terremotos de subducción que cada cierto tiempo remecen al país.

Estas son algunas de las amenazas a las que nos expone nuestra geografía y que ahora, en el contexto del cambio climático, tenderán solo a agudizarse. Pero la fragilidad de nuestro país no radica en las amenazas de nuestra naturaleza rebelde; son las condiciones que nosotros hemos creado (ocupación de los territorios con escasa planificación, una economía que se sustenta casi exclusivamente en la explotación de recursos naturales, insuficiente conocimiento, innovación y tecnología, una institucionalidad y gobernanza del riesgo débiles), las que nos vuelven vulnerables.

Lo primero, entonces, fue llenar los vacíos de conocimiento: del proceso físico de terremotos y tsunamis, comenzando con los datos recopilados del 27F y validados con los eventos de Iquique

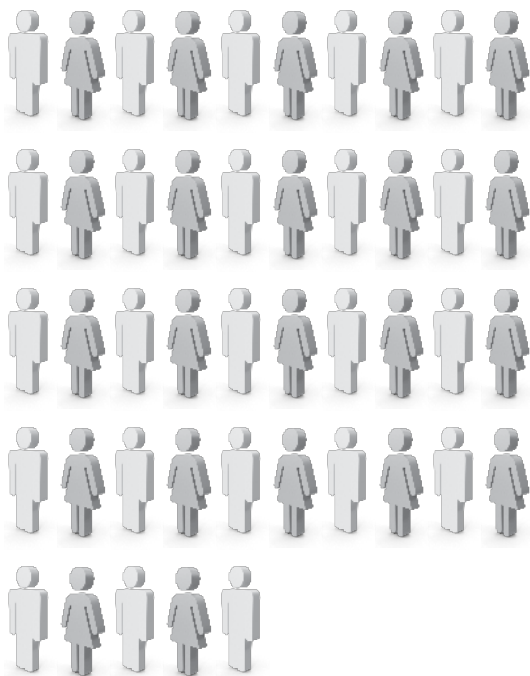
que en 2014 y de Illapel en 2015, gracias a una red de sensores de GPS y mareógrafos mucha más densa, recopilar antecedentes y desarrollar metodologías; de lo que necesitamos para construir una infraestructura resiliente y asegurar las redes críticas; de los procesos de evacuación; del riesgo que permanece latente en la tres lagunas sísmicas identificadas, con el potencial de desencadenar movimientos sísmicos de magnitud 8,5 o más. Y a partir de este conocimiento, transitar desde el estudio de las amenazas naturales y la respuesta de emergencia, hacia una perspectiva centrada en la reducción del riesgo y la construcción de resiliencia.

A través de megaproyectos y de intervenciones acotadas a ciertos territorios, las seis líneas de investigación de CIGIDEN realizaron un trabajo colaborativo que les permitió recrear escenarios por medio de simulaciones computacionales, que utilizan tecnología de última generación. ¿Qué pasaría si...? fue la pregunta de inicio y la respuesta incluyó no solo las características que tendría un terremoto y posterior tsunami; también, un inventario de la infraestructura dañada, las condiciones en que quedarían las redes críticas, el impacto económico y hasta el número de muertes. Esta información representa evidencia científica sólida para los cambios necesarios en las políticas públicas y entrega una metodología para evaluar riesgos que puede ser replicada en todo Chile.

No es todo. El trabajo con las comunidades es un sello de CIGIDEN. Incorporar a la comunidad, con sus décadas de experiencias en desastres, con su percepción de la amenaza, con su conocimiento del entorno y de cómo se comporta su territorio, ha sido fundamental. Pronto comenzaron los congresos, seminarios y las participaciones en ferias científicas, que fueron sumando más gente y relevaban el interés de las personas por construir un modelo de gestión del riesgo participativa. Se trata de una gobernanza inédita, que conjuga el conocimiento de la ciencia, el saber de las comunidades, la experiencia de los municipios. “Será uno de los legados de CIGIDEN, superar brechas y generar confianzas. La democracia hoy es más importante que nunca”, dice Cienfuegos.

EN CIFRAS:**55****Investigadores**

integran las seis líneas de trabajo de CIGIDEN provenientes de las universidades UC, UCN, USM y UNAB, más otras instituciones como la UCSC, U. de Valpo, U. del Desarrollo, U. de Chile y UIA.

**25****Proyectos**

ha puesto en marcha CIGIDEN en su primera década de existencia. Algunos se han traducido en contribuciones de política pública y de transferencia tecnológica.

30.000

personas, como promedio anual, han sido alcanzadas por el trabajo de CIGIDEN, gracias a su participación en ferias científicas, encuentros ciudadanos y exposiciones en colegios.

500**Publicaciones científicas**

contienen el conocimiento generado por los investigadores de CIGIDEN, incluyendo colaboraciones internacionales.

+100**Seminarios**

y congresos se han realizado en estos 10 años. Incluyendo eventos online de 2020 - 2021, con más de 10.000 reproducciones y visualizaciones.

Chile, naturaleza rebelde

Nuestro país está expuesto por su geografía, geología y clima a una serie de eventos naturales que pueden generar serios problemas a la población. Aquí te mostramos una breve radiografía de esta naturaleza rebelde y los desastres históricos asociados a las amenazas naturales.

Tipos de amenazas



Aluviones



Erupciones



Inundaciones



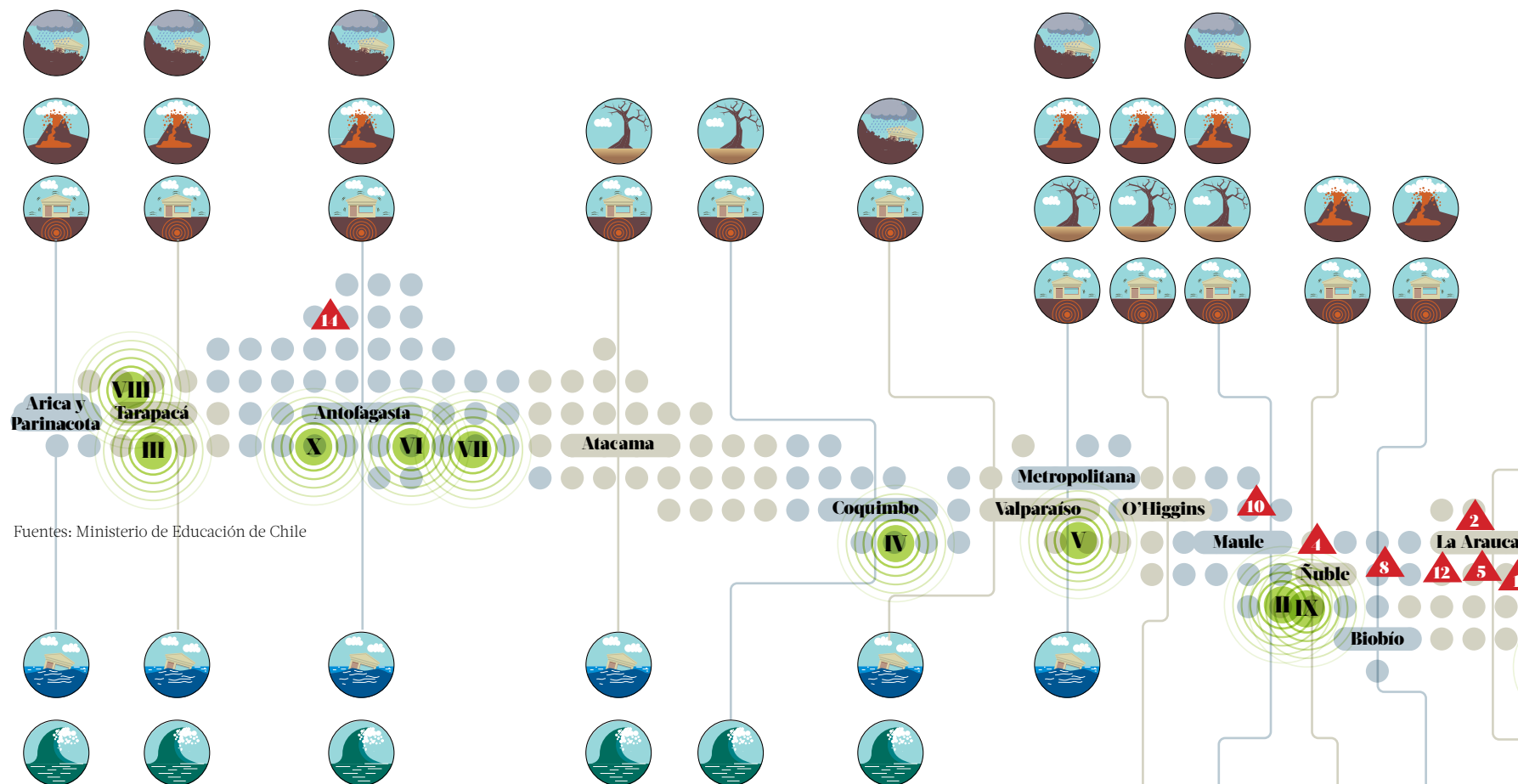
Tsunamis



Sequías



Sismos



Fuentes: Ministerio de Educación de Chile

Terremotos y Tsunamis

34

sismos de magnitud mayores a 7 se han registrado en Chile entre 1960 y 2020. Mientras que 11 eventos se han registrado en el mismo período con una magnitud entre 7,6 y 9,5.

Fuente: Centro Sismológico.

6

tsunamis con olas superiores a 4 metros se han registrado en Chile entre 1990 y 2021.

Fuente: SNAMChile.

Terremotos en Chile con magnitud sobre 7.5 (1960 - 2020)

- | | |
|----------------------------------|-----------------------------------|
| I Valdivia (1960): 9.5 | VI Antofagasta (1995): 8.0 |
| II Cobquecura (2010): 8.8 | VII Taltal (1966): 7.8 |
| III Iquique (2014): 8.2 | VIII Tarapacá (2005): 7.8 |
| IV Coquimbo (2015): 8.2 | IX Angol (1975): 7.7 |
| V Algarrobo (1985): 8.0 | X Tocopilla (2007): 7.7 |

Fuente: Centro Sismológico Nacional.

Ranking de volcanes chilenos de muy alta peligrosidad 2020

00 Volcanes tipo I: Sistemas volcánicos con muy alto nivel de riesgo específico. Han tenido actividad reciente sobre IEV4.

- | | |
|---|---------------------------------------|
| 1 Villarrica: La Araucanía, Los Ríos | 8 Antuco: Biobío |
| 2 Llaima: La Araucanía | 9 Carrán-Los Venados: Los Ríos |
| 3 Calbuco: Los Lagos | 10 Cerro Azul-Quizapu: Maule |
| 4 Nevados de Chillán: Ñuble | 11 Chaitén: Los Lagos |
| 5 Puyehue-Cordón Caulle: Los Ríos, Los Lagos | 12 Lonquimay: La Araucanía |
| 6 Osorno: Los Lagos | 13 Hudson: Aysén |
| 7 Mocho-Coshuencho: Los Ríos | 14 Láscar: Antofagasta |

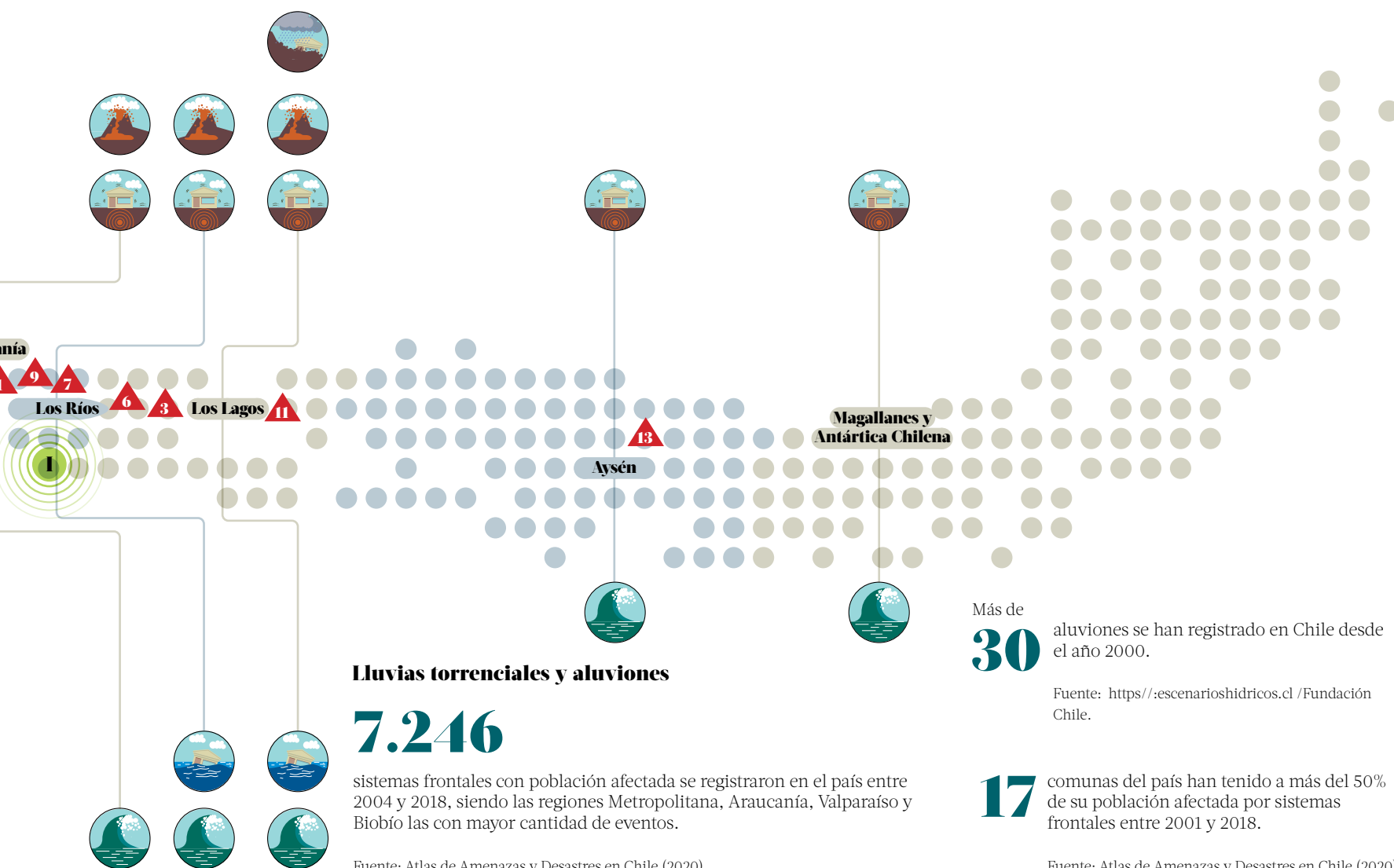
Más de

2.000 volcanes tiene Chile, con cerca de 500 considerados geológicamente activos y unos 60 con registro eruptivo histórico, incluidos dos de los más activos de Sudamérica: Villarrica y Llaima.

90

volcanes son considerados potencialmente activos actualmente y la mitad tiene vigilancia en tiempo real. De estos últimos, 30 son considerados de alta o muy alta peligrosidad.

Fuente: (Ovdas, 2009).

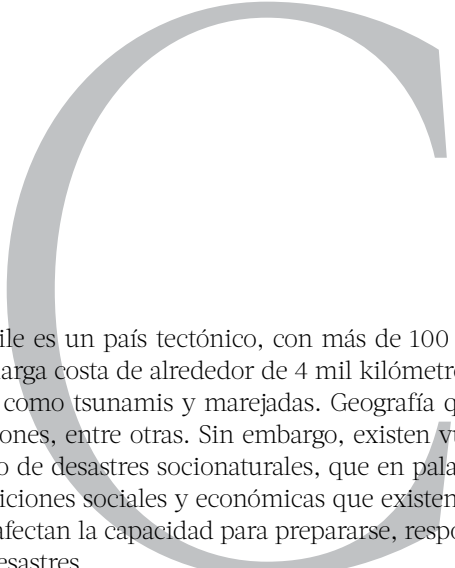


La vulnerabilidad de Chile no está en su geografía



Carolina Martínez

Investigadora principal de CIGIDEN.
Directora del Observatorio de la Costa.
Académica del Instituto de Geografía de la
Pontificia Universidad Católica de Chile.



Chile es un país tectónico, con más de 100 volcanes activos, sumado a una larga costa de alrededor de 4 mil kilómetros asociado a peligros naturales como tsunamis y marejadas. Geografía que incluye amenazas como aluviones, entre otras. Sin embargo, existen vulnerabilidades asociadas al riesgo de desastres siconaturales, que en palabras simples se refiere a las condiciones sociales y económicas que existen previamente en un lugar y que afectan la capacidad para prepararse, responder y recuperarse frente a los desastres.

Por lo tanto, esa vulnerabilidad de Chile a los desastres de origen natural no solo interactúa con las placas tectónicas o con la morfología de la costa, también con características propias de la población, respecto a cómo habitan, ocupan el territorio, perciben las amenazas y se relacionan entre sí, para poder enfrentar a los eventos extremos. En CIGIDEN estamos trabajando la vulnerabilidad desde una perspectiva de multiamenaza y a diferentes escalas.

Lo que hoy sabemos, por estudios liderados por el investigador principal de CIGIDEN y vicerrector académico UNAB, Nicolás Bronfman, es que el factor principal de vulnerabilidad frente a desastres siconaturales a nivel nacional según datos de los tres últimos censos, son los ingresos económicos. Según esa investigación, los altos niveles de vulnerabilidad frente al riesgo de desastres se encuentran asociados al estatus socioeconómico, pero también al aumento de población en condición de discapacidad y de población adulta mayor.

En las localidades costeras, lo que hemos estudiado en CIGIDEN, es que esa vulnerabilidad también está asociada a un tema económico, pero difiere entre las áreas rurales versus las áreas urbanas por una dimensión nueva: la ideológica cultural. Es así como existen en la ruralidad grupos humanos con sesgo religioso que en 2010 no evacuaron frente al riesgo de tsunami, por considerar ese evento un castigo divino o designio de Dios y decidieron asumir la expiación. Ese “sesgo” significó la muerte de muchas personas.

Esa misma ideología cultural en los pueblos originarios es un factor protector y no de riesgo. En los pueblos lafkenche, huilliche y otros, la cosmovisión les juega a favor en la gestión del riesgo de desastres, pues está en su naturaleza ancestral y cosmovisión considerar las amenazas naturales como parte normal de habitar el planeta. Por lo tanto, conviven naturalmente

con ellas. Si bien en áreas urbanas de la costa el nivel de ingreso es la variable principal que explica la vulnerabilidad frente a desastres siconaturales, también influye el modelo económico actual y la inequidad inherente al modelo, que es traspasado a ese tipo de variables. Aquí también cumple un rol el llamado índice de bienestar social, que en el contexto de la pobreza, se traduce en el acceso a cierto tipo de información y servicios básicos como el agua, por ejemplo.

Al nivel de ingreso se suman hoy otras variables que están emergiendo, como las migraciones. En Cartagena, ciudad costera donde actualmente CIGIDEN realiza investigación interdisciplinaria, los migrantes provenientes de países como Colombia y Haití, a falta de oportunidades, hacen uso irregular de ciertos territorios en zonas de riesgo. A esto se suma la variable género, asociada a mujeres jefas de hogar a cargo de familias con bajos niveles de ingreso.

La educación formal y no formal, de acuerdo a nuestras investigaciones también constituye un factor de riesgo o factor protector frente a las amenazas naturales. Hablamos de educación de calidad con profesores preparados en la Gestión del Riesgo de Desastre, que permita transmitir de manera adecuada información para manejar la emergencia y, saber por ejemplo, cuándo evacuar en caso de tsunami.

Un estudio realizado en colegios privados, subvencionados y públicos en el golfo de Arauco postterremoto de 2010, demostró que muchos profesores no estaban actualizados en conocimientos sobre reducción del riesgo de desastres y entregaban información errónea del tipo “frente a los tsunamis no podemos hacer nada”. El mayor acceso de canales de información, la educación formal y aquella que incorpora saberes locales en el caso de áreas rurales, sigue siendo un pilar fundamental en la Reducción del Riesgo de Desastre.

Esta realidad que probablemente se repite en otras localidades, nos indica que la Gestión del Riesgo de Desastre requiere urgentemente ser incorporada en las mallas curriculares de los establecimientos educacionales en Chile, así también trabajar con las comunidades fortaleciendo sus capacidades de colaboración y redes comunitarias, e invirtiendo para preparar a la población desde edades tempranas y así aumentar la resiliencia país frente a eventos extremos.

CAPÍTULO 3

Chile es uno de los países de la OCDE más expuestos a desastres de origen natural, con casi la totalidad de su superficie y población con peligro de sufrir una o más amenazas como terremotos, tsunamis, erupciones volcánicas, inundaciones, sequías, incendios forestales, deslizamientos, marejadas, trombas marinas y fenómenos como la “marea roja”.

El trabajo de las seis líneas de investigación de CIGIDEN se ha traducido en herramientas concretas para evaluar el riesgo, anticipar la respuesta y mitigar los impactos de estos eventos extremos de la naturaleza.

La amenaza de las placas tectónicas

Los estudios de este grupo de investigación están ayudando a comprender como nunca antes la física de los terremotos. Gracias al uso de GPS, pudieron analizar cómo inciden los sismos precursores en la generación de un movimiento sísmico mayor. Con esta información simularon los impactos de un gran terremoto para la zona norte, un trabajo que podrá aplicarse para generar simulaciones en otras regiones del país.

Los esfuerzos de esta línea de investigación están concentrados en comprender las amenazas naturales, siempre presentes en un país con una geografía rebelde como la chilena. Pero también es la línea con que CIGIDEN comenzó su trabajo, con dos énfasis muy concretos y medibles: investigar para mejorar el conocimiento sobre la amenaza y generar herramientas para anticipar su impacto. En este caso, de erupciones volcánicas, de aluviones y, por supuesto, de terremotos y cómo estos influyen en las características que puede exhibir un posterior tsunami.

Gabriel González es geólogo, con especialidad en comprensión de fenómenos naturales, específicamente terremotos. “Ahora, he debido incorporar conocimientos de amenazas en general. Ha sido un cambio relevante en mi desarrollo profesional”, dice

este investigador, de la Universidad Católica del Norte, y director de la Línea 1 de investigación, Amenazas por procesos de tierra sólida.

Explica que el desafío más importante fue entender los tres elementos que componen un terremoto: cómo se produce, cómo reaccionar rápidamente una vez ocurrido y sus impactos en la población e infraestructura. Esto implica investigar sobre el proceso físico en el cual se desarrolló, dimensionar el modo de ruptura de un terremoto. “Un sismo es un deslizamiento sobre una superficie. Y esa superficie tiene lugares, donde dos bloques colindantes se deslizan uno respecto del otro. Entender el patrón de deslizamiento de un terremoto es muy importante. Saber cómo, cuánto y dónde deslizó hoy es posible gracias a los GPS”, agrega González. Luego, construir modelos para conectar este conocimiento con el proceso de generación de tsunamis, dato cla-

ve para medidas de mitigación, y definir potenciales lugares de ruptura donde no ha habido un terremoto grande, de modo de anticipar su impacto.

Se armó, entonces, un equipo multidisciplinario que dirigió su mirada a zonas que potencialmente pudieran generar desplazamientos de placas similares al que se presentó en el área afectada por el terremoto y tsunami de 2010, un terremoto de subducción que abarcó desde la península de Arauco hasta el norte de Pichilemu.

“Elegimos como foco el norte de Chile, ya que es una zona considerada como laguna sísmica desde la década de los setenta, que reúne condiciones para un terremoto parecido al de 2010. El último de estos grandes terremotos registrado en esta zona data de 1877”, explica Gabriel González. Cuatro años después del 27/F, se registraron dos eventos sísmicos importantes en esa zona, que fueron utilizados para investigar y validar las herramientas generadas: el de Iquique en 2014 y el de Illapel en 2015.

Clave para estos estudios resultó la incorporación del uso de GPS, a partir de lo cual se pudo caracterizar los eventos sísmicos en el norte con un detalle nunca antes visto, observando las deformaciones generadas a los pocos minutos de ocurrido el terremoto. De esta forma, el equipo científico pudo determinar desplazamientos pequeños y conocer mejor qué sucede antes, durante y después de estos eventos de origen natural.

Una de las primera indagaciones apuntaban a que las premisas físicas bajo las cuales se modelaban los terremotos en nuestro país podían estar erradas, ya que simplificaban el problema al considerarlos como una falla de desplazamiento homogéneo. “Pero la evidencia en el mundo, que fue confirmada por nuestras investigaciones, señalaba que la distribución de desplazamiento de las placas tenía un carácter más bien heterogéneo, lo que influye de manera importante en las características de un eventual tsunami construir modelos para”, explica González.

SISMOS “PREDICTORES”

Otro análisis importante que se generó dice relación con los sismos precursoros. El estudio del terremoto de 2014 en la ciudad de Iquique permitió establecer que estos movimientos terrestres -a veces imperceptibles- comenzaron unas dos sema-

nas antes del evento principal, ocurrido a las 20:46 horas de un día martes 1 de abril y alcanzando una magnitud de 8,2. “Hicimos un estudio detallado de relocalización de los sismos precursoros; para sorpresa, descubrimos que estos sismos no se encontraban en la falla de subducción sino que en la placa superior, inmediatamente arriba del contacto interplaca”, explica Gabriel González.

Como resultado, CIGIDEN consiguió el primer registro de transferencia de esfuerzos desde estructuras que rodean a una zona de ruptura. “Lo que se observó es que los sismos precursoros del terremoto de Iquique de 2014 acusaron movimiento en fallas de la placa superior que cargaron de esfuerzos la falla de subducción, desencadenando el terremoto principal, algo por vez primera observado en una zona de subducción”, dice González. Este trabajo fue publicado en una prestigiosa revista científica internacional.

Hace un par de décadas, un terremoto era analizado como epicentro y magnitud. Lo que pasaba antes o después, era terreno desconocido. Con los años, creció el conocimiento y se fueron desarrollando técnicas de modelamiento capaces de medir desplazamientos milimétricos. Ahora se sabe que, después de un terremoto, la fractura sigue relajándose, con lentos desplazamientos que, en los casos de Iquique 2014 e Illapel 2015, llegaron a longitudes de un metro en seis meses, sin radiación de energía sísmica.

A partir de los estudios llevados a cabo por este grupo de CIGIDEN se ha podido hacer un balance de cuanta energía hay remanente en el norte de Chile para producir un futuro evento sísmico. Además de mejorar la comprensión sobre los terremotos, este grupo de investigación pudo generar un modelo con el impacto que tendría un terremoto y posterior tsunami en las ciudades del norte de Chile, incluyendo Arica, Iquique, Antofagasta, Mejillones y Tocopilla. Se estima que dicho sismo podría ocurrir en un período que va de entre los 10 y 50 años.

INVENTARIO DE DAÑOS Y VÍCTIMAS

Pero esta vez los resultados no serán como el 27/F. En conjunto con los expertos de otras líneas de investigación de CIGIDEN (líneas 3 y 5, particularmente), lograron estimar los daños que causaría un evento de estas características, modelando la capa-



“Nuestro desafío es que el Estado desarrolle un programa nacional para el mapeo de multiamenazas en Chile”.

Gabriel González.

ciudad de resistencia y fragilidad ante un terremoto como el que se podría esperar en Iquique.

Se elaboró un posible escenario sísmico de magnitud de momento de 8,9, con epicentro al sur de la ciudad de Iquique y a una profundidad de 21 km. La duración del terremoto se estimó en 200 segundos, generando un tsunami cuya máxima onda, de 5,5 metros de altura, se generaría 110 minutos después de ocurrido el evento. Las simulaciones numéricas estiman que sectores bajos de la zona norte de la ciudad serían inundados por una primera onda antes de transcurridos 20 minutos. Adicionalmente, los mapas de inundación generados permiten predecir la infraestructura crítica que sería inundada.

Toda esta información, junto a los hallazgos de otras líneas de investigación que analizaron dimensiones sociales de estos problemas, se tradujo en la publicación del documento “Escenario sísmico en Iquique: Caracterización de un posible terremoto y sus consecuencias en el entorno físico y social”, que constituye una herramienta de planificación para establecer estrategias que permitan minimizar las potenciales consecuencias de un terremoto.

El documento anticipa un escenario de estas características con un nivel de detalle inédito, incluyendo un inventario de daños y potenciales víctimas, y ya fue entregado a tomadores de decisiones, autoridades y la comunidad de Iquique; un ejemplo de transferencia de resultados de investigación científica a la comunidad, parte fundamental también del trabajo que desarrolla CIGIDEN como centro de investigación en áreas prioritarias.

No es todo, porque a partir de estas conclusiones, desde 2019 se está desarrollando una plataforma piloto que permitirá hacer estimaciones de impacto de terremotos y tsunamis para otras ciudades, utilizando un modelo computacional. Dicha plataforma recoge todos los resultados de las investigaciones, incluyendo la modelación en computador de terremotos y tsunamis, efectos en infraestructura, alternativas de evacuación y potenciales víctimas. “Las autoridades, en cualquier parte de Chile, podrán tener de forma rápida una evaluación de potenciales impactos, lo que resulta fundamental para activar los sistemas de ayuda”, dice Gabriel González.

LAS MULTIAMENAZAS: SEGUNDA PARTE

Además del estudio de estos terremotos de

10

año atrás, un terremoto era analizado como epicentro y magnitud. Hoy se sabe que la fractura sigue relajándose, con lentos desplazamientos, que cargan con energía a zonas aledañas, la que eventualmente se libera en un nuevo sismo.



a partir del conocimiento generado, desde 2019 se desarrolla una plataforma que modela escenarios sísmicos y de tsunamis para diferentes ciudades. El objetivo es que las autoridades de cualquier parte de Chile cuenten, de forma rápida, con una estimación del impacto.

subducción, en una segunda fase el grupo de investigación comenzó a analizar otras amenazas sismogénicas, como aquellas que se generan a baja profundidad: si los primeros pueden generarse a unos 50 kilómetros bajo el suelo, las segundas pueden ubicarse a 10 kilómetros, causando gran impacto por su mayor cercanía con la superficie. Hasta ahora, este tipo de fallas, como la de San Ramón en la Región Metropolitana, no han sido atendidas por la normativa sísmica, debido a la dificultad para identificarlas y al hecho de que generan terremotos cada cientos o miles de años. En 2019, la Línea 1 publica un primer trabajo identificando estas zonas sismogénicas en el país.

Toda esta información sirve como insumo para uno de los grandes objetivos generales de esta línea, que apunta a la creación del primer mapa de multiamenazas para Chile, incluyendo aluviones, volcanes, terremotos, tsunamis, incendios forestales y trombas marinas. “Tenemos una serie de eventos naturales vinculados a la geografía del país y, hasta ahora, no existe una mirada sistémica. Vemos que muchas veces estos fenómenos están conectados, generando impactos y destrucción. Buscamos desarrollar la metodología para avanzar hacia el concepto de multiamenazas en las grandes conurbaciones del país”, explica Gabriel González.

Como parte de un proyecto financiado por FONDEF, a través de la Agencia de Investigación y Desarrollo (ANID), se comenzó a crear este mapa para la Región Metropolitana, un proyecto de investigación y desarrollo iniciado en 2020, que mejora la resiliencia de esta región ante desastres de origen natural y que contempla una transferencia directa a ONEMI y Sernageomin. Esta iniciativa también genera nuevas capacidades de investigación para el país. “Nuestro desafío es que el Estado desarrolle un programa nacional para el mapeo de multiamenazas en Chile”, dice González, porque -en última instancia- el aporte de esta línea de investigación apunta a proporcionar información científica para el desarrollo de políticas públicas más efectivas. Esto incluye instrumentos de planificación territorial que contemplen una mirada homogénea, basada en la evidencia.

PROYECTOS DESTACADOS

1

Iquique y el terremoto que podría esperar

PROYECTO: Modelar escenario sísmico para la ciudad de Iquique.

OBJETIVO: Establecer qué efectos tendría un terremoto y posterior tsunami en esa zona, de modo de planificar una mejor respuesta ante la emergencia.

CONTEXTO: En esta zona existe una de las lagunas sísmicas más grandes del Pacífico y que no ha tenido un terremoto de magnitud mayor a Mw 8,5 desde 1868.

RESULTADOS:

TERREMOTO: A partir de las investigaciones de transferencia de esfuerzo y otros datos históricos, los científicos estimaron que la energía sísmica acumulada en esta zona podría generar un terremoto de magnitud 8,9, con una duración potencial estimada en 200 segundos, una profundidad de 21 kilómetros y un área de ruptura de 108.000 km². Se estimó una magnitud máxima de réplica esperada en 8,3 y dentro de los 10 primeros días después del evento principal.

El modelo predijo que el 40% de las viviendas de la ciudad experimentarían pérdida total y que el 27%, 20% y 28% de los establecimientos comerciales, educativos e industriales, respectivamente, se ve-

rían seriamente dañados y eventualmente colapsados. El 10% de las escuelas de Iquique tendría un daño mayor al 90%, lo que dejaría a, aproximadamente, 6.500 estudiantes sin acceso a la educación y a otros servicios prestados por las escuelas públicas, como alimentación y refugio en casos de emergencia.

TSUNAMI: De acuerdo con las características del terremoto modelado, se calculó que el tsunami posterior, con olas sobre los 5,5 metros, ocurriría 110 minutos después del sismo principal. Sin embargo, las simulaciones numéricas estiman que sectores bajos de la zona norte de Iquique serían inundados por una primera ola antes de 20 minutos tras el terremoto, dejando la península completamente aislada. Una de esas zonas es Cavancha, que se inundaría antes de 10 minutos transcurrido el sismo. Lo mismo para la ZOFRI, en el norte de la ciudad y el puerto en el noroeste, donde se estiman tiempos de evacuación que superarían los 30 minutos en un escenario optimista y de inundación entre los 60 y 90 minutos. Los mapas de inundación generados por CIGIDEN permiten predecir la infraestructura crítica que quedaría inutilizable, tomar medidas para su traslado o reforzamiento y definir planes de mitigación que incluyan evacuación vertical.

2

Amenazas para la cuenca del Maipo

PROYECTO: Crear un mapa de multiamenazas para la cuenca hidrográfica del río Maipo, el primer registro de este tipo en Chile.

OBJETIVO: Estudiar la cuenca desde la cordillera hasta la costa, en la desembocadura del río Maipo, abordando las diferentes amenazas presentes en la zona, como erupciones volcánicas, terremotos, remociones en masa, aluviones, caídas de rocas, deslizamientos, incendios forestales, tsunamis y marejadas en la costa.

CONTEXTO: La cuenca del río Maipo, que abarca casi la totalidad de la Región Metropolitana y parte de Valparaíso y O'Higgins, tiene más de 15.000 Km² de superficie y concentra las zonas más densamente pobladas del país.

RESULTADOS: Este proyecto incluye el estudio y levantamiento de datos para situaciones como: 1) las erupciones volcánicas en el Cajón del Maipo, sus lahares y las remociones en masa de los ríos conectados con los volcanes Tupungatito, San José y el Maipo; 2) las quebradas de la cuenca, como Cajón del Maipo, El Arrayán, Mapocho, de Macul y Aguas de Ramón, y sus riesgos de aluviones, incendios y terremotos (falla de San Ramón); 3) el factor climático y su impacto en eventos naturales, como las inundaciones por lluvias en la capital. La información recabada permitirá desarrollar un mapa de riesgos multiamenazas de toda la cuenca, con una metodología clara, que pueda ser usado por instituciones públicas, como ONEMI y Sernageomin. La idea es entregar recomendaciones al mundo público, enfrentar mejor las emergencias y que se planifique el territorio considerando la nueva información de los eventos naturales.

3

Volcanoms

PROYECTO: La primera plataforma científico-co-laborativa de monitoreo volcánico satelital de Latinoamérica.

OBJETIVO: Monitoreo de volcanes por medio de imágenes satelitales Landsat en alta resolución. Gracias a este sistema, es posible la observación y estudio de las variaciones de la actividad termal en el volcán y registrar su evolución, sin depender de sobrevuelos ni estudios en terreno. Con el uso de imágenes desde el espacio, se accede al espectro infrarrojo y registrar mediciones de temperaturas desde los 90 °C a más de 500 °C, lo que permite detectar anomalías termales de los volcanes activos como presencia de fumarolas calientes, flujos y domos de lava.

CONTEXTO: Chile tiene entre 90 y 100 volcanes activos, muchos de los cuales son compartidos con Argentina y de muy difícil acceso. Se trata de una plataforma científica colaborativa inédita en Latinoamérica. Al igual que diversos instrumentos de monitoreo habilitados en Estados Unidos y Europa, Volcanoms se retroalimenta colectivamente de información y está dirigida a tres tipos de usuarios: público en general, con acceso a la información de cada volcán; un usuario semiespecializado, que puede procesar datos relacionados a algún volcán; y, un usuario especializado que alimenta la base de datos, en general, tesisas, memoristas, doctorantes, académicos y trabajadores de observatorios vulcanológicos, que serán capacitados.

RESULTADOS: La plataforma es de acceso gratuito y ya cuenta con información en tiempo real de los volcanes Lascar, Villarrica, Nevados de Chillán en Chile, y Stromboli en Italia. Está en curso la incorporación del Peteroa y del Chaitén. Como existen imágenes satelitales desde 1970, se podrá estudiar también el comportamiento volcánico hacia el pasado y obtener patrones. El conocimiento que se generará debe ser un insumo para la Red Nacional de Vigilancia Volcánica de Sernageomin, de manera de fortalecer las alertas tempranas para este tipo de eventos.



En 2020, esta línea de investigación comenzó con uno de sus proyectos más ambiciosos: el primer mapa de amenazas para Chile, incluyendo aluviones, volcanes, terremotos, tsunamis, incendios forestales y trombas marinas. El punto de partida es el mapa de multiamenaza para la cuenca del Maipo, que contempla transferencia directa a la ONEMI y Sernageomin.





Comprender para prevenir

En Chile ocurren, en promedio, cuatro desastres por año, ubicando al país en el lugar 14 de las naciones OCDE con más desastres. Esto hace que las amenazas naturales tengan un alto impacto social y económico que compromete su desarrollo.

Para responder a este desafío, los investigadores de la LI de CIGIDEN abordaron el problema desde dos perspectivas. Por una parte, desarrollaron un conocimiento profundo de las condiciones físicas responsables de que los terremotos ocurran y, por otra, generaron escenarios prospectivos para evaluar el impacto, tanto de la agitación sísmica como de los tsunamis asociados. Esto implicó instalar capacidades de simulación computada de los procesos de generación y propagación de terremotos.

Estos elementos de ciencia fundamental entregaron luces para simular escenarios de tsunamis, comprender en detalle el proceso de réplicas y los procesos presísmicos que derivan en grandes terremotos, en particular, el vínculo entre el destrabe de la falla de subducción y la actividad de fallas geológicas de la placa superior. Mucho de este conocimiento se generó con el estudio de los eventos inmediatamente después de ocurridos, lo que implicó una intensa explotación de datos y formación de fuerzas de tareas de rápida respuesta para caracterizar los tsunamis de 2014 y 2015. A la vez, los investigadores pusieron en marcha estudios geotécnicos para entender los efectos de sitio que influyen en la amplificación sísmica. Estos estudios fueron claves también para comprender y modelar el impacto de los terremotos sobre la infraestructura de las ciudades.

Finalmente, se comprometieron esfuerzos para la generación de un sistema de monitoreo volcánico, de bajo costo y de acceso libre. Este estudio pionero fue complementado con el desarrollo de un proceso automatizado de clasificación de sismos de origen volcánico, que dará mayor eficiencia a los sistemas de alerta. Uno de nuestros desafíos más recientes es el análisis de la dimensión multiamenaza, con la elaboración de una metodología para el estudio integrado y su transferencia a instituciones del Estado.

En resumen, la oportunidad dada por FONDAP, ha permitido dotar al país de una nueva generación de geocientíficos, que está aprovechando la condición de “Chile laboratorio natural” para crear conocimiento, oportuno y transferible, y de esta manera evitar que las amenazas naturales se conviertan en desastres.

Gabriel González

Subdirector de CIGIDEN y académico de Geología de la Universidad Católica del Norte.

Alertas en tiempo real

Investigaron la conexión entre el clima, la hidrología y las inundaciones, un área poco estudiada en Chile, que históricamente ha prestado más atención a fenómenos geofísicos como terremotos y erupciones volcánicas. Hoy el grupo está en condiciones de desarrollar sistemas de alerta de aluviones, a lo que se suman alerta de tsunamis que ya han sido implementadas por el SHOA. Además, han llevado a cabo una importante labor desarrollando propuestas para evacuación vertical, así como avances en el entendimiento de los tsunamis, las inundaciones aluvionales y los impactos de marejadas.

Tuvieron la misión fundamental de repensar el sistema de alerta de tsunamis tras el terremoto del 27 de febrero de 2010. Aquella madrugada, las herramientas con que contaba el Servicio Hidrológico de la Armada (SHOA) fueron incapaces de predecir el fenómeno que provocó un tercio de las 521 víctimas fatales causadas por el 27/F. Porque ese día se había producido algo inusual en el conocimiento popular: la ola más dañina no fue la primera. Tampoco existía una explicación científica, había que estudiarlo.

“La primera ola no siempre es la más grande; puede ser rápida, pero no necesariamente es la que llegará más lejos. Se quedaron tranquilos después de la primera ola. Las autoridades dudaron. Estaban esperando reportes del nivel del mar, pero en ese entonces no existía sistema

que informara cada 10 minutos”, dice Rodrigo Cienfuegos, director de CIGIDEN e investigador principal de esta línea de estudio.

Por eso, a partir de todo el conocimiento que genera el trabajo en conjunto con la Línea 1, una de las primeras misiones que se propuso este grupo fue desarrollar un nuevo sistema de alerta de tsunami. Un trabajo que ya dio frutos a través de una plataforma que fue integrada al SHOA y que permite evaluar en tiempo récord las posibilidades de maremoto, para así despejar zonas específicas de la costa, sin necesidad de realizar una evacuación indiscriminada de toda la costa nacional.

ALERTAS MÁS PRECISAS

El sistema creado por expertos de CIGIDEN, denominado “Soporte de Decisiones de Tsunami, (SIPAT)”, surgió como resultado de un pro-

yecto financiado por la Agencia Nacional de Investigación y Desarrollo, a través de su Programa FONDEF y la colaboración internacional con investigadores japoneses gracias a JICA, llevado a cabo entre los años 2012 y 2015.

Hoy se encuentra plenamente operativo: gracias a esto, actualmente, se puede generar una evacuación sectorizada a 30 segundos de obtener una caracterización de un sismo, como sucedió tras el terremoto registrado en Chiloé en 2016, que tuvo una magnitud de 7,6. En esa ocasión, el SHOA decretó alerta de tsunami solo para el tramo sur de la Región de Los Lagos y estado de precaución entre las regiones del Biobío y de Aysén; no hubo que evacuar toda la costa del país.

De acuerdo al investigador principal de CIGIDEN y académico de la Universidad Federico Santa María, Patricio Catalán, para lograrlo se adaptó un método que se conoce como base de datos de escenarios precalculados. “Se incorporaron cientos de eventos posibles, de manera tal, que cuando ocurra un tsunami, se puede buscar en esa base de datos el más parecido al real. De esta forma, no se invierte tiempo en hacer cálculos, sino que simplemente en evaluar e informar a la población”, explica el experto. Estos escenarios precalculados se alimentan de la información entregada por el estudio y modelamiento de los terremotos de 1960, 1985, 2010, 2014 y 2015.

Pero este logro fue solo el punto de partida para los investigadores de la Línea 2. En los años siguientes, el grupo se dedicó a mejorar la capacidad de evaluación inicial y monitoreo existente en el SIPAT, con la finalidad de incorporar mejoras al actual Sistema de Soporte de Decisiones del Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada.

El nuevo proyecto, llamado “Fortalecimiento del Sistema de Soporte de Decisiones de Tsunamis a través de Modelado en Tiempo Cercano al Real”, busca lograr el modelamiento de tsunamis, incorporando datos que son recogidos en tiempo real por una red de boyas instaladas en el piso marino, estaciones de nivel del mar y datos sísmicos, que dejan en un segundo pla-

no los escenarios precalculados. Hablamos de avanzados sistemas computacionales que ponen a nuestro país a la vanguardia en la generación de sistemas de alerta para este tipo de catástrofes.

“Este nuevo modelo de alerta de tsunami será un trabajo bastante complejo, que implica múltiples aspectos de comprensión. Por eso, el objetivo de la primera fase será implementar estos nuevos criterios de una manera más exploratoria, antes que entren a una fase de operación”, aclara Catalán.

EVACUACIÓN VERTICAL

Rodrigo Cienfuegos comenta que otro de los proyectos llevados adelante por el grupo que encabeza, siempre en estrecha interacción con otras líneas de investigación de CIGIDEN (en especial, las líneas 3 y 6), es el desarrollo de estudios para evaluar la opción de incorporar estrategias de evacuación vertical en el borde costero, frente a los protocolos de evacuación convencional y que implican tener que desplazarse horizontalmente a lugares seguros. Este trabajo recopila reveladores resultados de investigación y se tradujo en la publicación del *policy paper* “Evacuación vertical como medida de mitigación del riesgo de tsunamis en Chile”.

Algunos de estos hallazgos, por ejemplo, identifican cuáles son las comunas de Chile con mayor vulnerabilidad frente a amenazas costeras: nueve ciudades tienen más del 10% de su población expuesta a la amenaza de tsunamis: Talcahuano (42,7%), Iquique (29,4%), Arica (21,8%), Penco (16,3%), Hualpén (14,6%), Cartagena (14,6%), Lota (13,3%), Constitución (11,8%) y Viña del Mar (10,5%). “CIGIDEN ha estudiado con mayor detalle los posibles efectos de terremotos y tsunamis en Iquique y Viña del Mar, haciendo cruces entre variables de intensidad de estas amenazas con las condiciones de evacuación, debido al gran número de personas potencialmente expuestas”, dice Cienfuegos.

En Viña del Mar, los investigadores realizaron una simulación considerando qué ocurriría si se enfrenta a un terremoto similar al que afec-



“Se incorporaron cientos de eventos posibles, de manera tal, que cuando ocurriera un tsunami, se puede buscar en esa base de datos el más parecido al real. De esta forma, no se invierte tiempo en hacer cálculos, sino que simplemente en evaluar e informar a la población”.

Patricio Catalán.

tó en 1730 a la zona, un megasismo con una magnitud de entre 9,1 y 9,3. Las profundidades de inundación esperadas superarían los seis metros en la zona del casino de Viña del Mar y Concón, penetrando hasta 5,5 km en el humedal del río Aconcagua y 4 km en el cauce del estero Marga Marga. En Valparaíso, las profundidades modeladas tienden a ser algo menores y la inundación podría extenderse hasta 1 km.

Los resultados muestran que un número significativo de personas ubicadas en las áreas costeras de la Población Vergara de Viña del Mar serían alcanzada por el tsunami antes de llegar al punto de evacuación más cercano. Más aún, durante los 20 primeros minutos de ocurrido el terremoto, alrededor del 38% de la población no alcanzaría la zona de seguridad. A lo que se suma que las rutas de escape pueden estar obstruidas hasta en 12% por elementos, como autos mal estacionados, veredas deterioradas o con mobiliario de restaurantes y tiendas, aumentando los tiempos de evacuación.

Los investigadores de CIGIDEN evaluaron, entonces, los resultados de incluir a 14 edificios de la Población Vergara para evacuación vertical, aplicando un modelo de simulación computacional. Esta vez, se mostró una reducción significativa de los tiempos requeridos de evacuación, permitiendo bajar la posible tasa de fallecidos a 0% y logrando que toda la población llegue a zona segura en los primeros 20 minutos después de ocurrido el terremoto.

PELIGRO DE ALUVIÓN

Pero el trabajo de la Línea 2 va más allá de los maremotos. Junto con el aporte realizado para entender la conexión entre terremotos y tsunamis que ha permitido mejorar los sistemas de alerta, el grupo trabaja en un área completamente inexplorada en Chile: la conexión entre el clima, la hidrología y las inundaciones. Aluviones como el de Antofagasta en 1991 o, más recientemente, el de Atacama en 2015, tomaron por sorpresa a los habitantes de esas regiones, causando un saldo de decenas de víctimas fatales y desaparecidos.

Rodrigo Cienfuegos comenta que el grupo se

9

ciudades en Chile tienen a más del 10% de su población expuesta a la amenaza de tsunamis.

38

% de los residentes de Población Vergara no llegaría a lugar seguro antes de ser alcanzados por las olas, durante una evacuación tradicional. La cifra resulta de una simulación de terremoto y posterior tsunami en Viña del Mar, similar al al ocurrido en 1730.

trasladó a la zona para investigar estos eventos y las condiciones bajo las cuales se había visto afectada la población local. El problema, explica el científico, radica en la poca conciencia del peligro de aluviones, en especial, cuando largos períodos de sequía mantienen caudales bajos durante mucho tiempo. “Se tiende a invisibilizar el riesgo, de manera tal que la gente comienza a ocupar lugares como quebradas o cercanías de ríos. Puede haber un cauce que parece inofensivo, porque llueve poco, pero cuando viene un temporal, esos cauces se activan para evacuar las crecidas y el material arrastrado”, señala.

Para abordar y combatir este problema, los expertos comenzaron a desarrollar un proyecto piloto de sistema de alerta temprana de aluviones en la quebrada de Ramón, en la Región Metropolitana, donde se comenzó a investigar con una red de sensores que permite medir en tiempo real distintas variables hidrológicas, como temperatura y humedad. Gracias a esta integración de sensores, que almacena datos en la nube y los combina con información meteorológica, se evalúa la posibilidad de generar alertas tempranas de posibles aluviones en el área de La Reina.

Cristian Oberli, investigador de CIGIDEN que trabaja en el proyecto, explica que se estiman caudales y se pronostican lluvias fuertes a distintas escalas de tiempo. “Con eso se va generando una estimación de riesgo de crecida, lo que permitiría emitir una alerta temprana, incluso con días de anticipación”, asegura.

Rodrigo Cienfuegos sostiene que, hasta ahora, los riesgos de aluviones se han calculado con estadísticas de datos históricos, pero que gracias a este sistema se están midiendo datos en tiempo real. “Hemos iniciado una labor tendiente a generar las capacidades y herramientas necesarias que permitan entender todas las vulnerabilidades y así poder desarrollar estudios de probabilidad de inundación por aluviones en distintas cuencas del país”, dice.

Estas tecnologías permitirán generar mapas de inundación, que podrían ser una herramienta muy valiosa para elaborar políticas públicas tendientes a prevenir los impactos de estas catástrofes. No obstante, Cienfuegos enfatiza que el principal problema es que todavía no existe en Chile una institucionalidad que permita tomar estos resultados para operar un sistema de alerta de aluviones a nivel nacional, en coordinación con los organismos de emergencia pertinentes. De hecho, el proyecto fue desmantelado en búsqueda de una institución que lo gestione y ejecute a largo plazo.



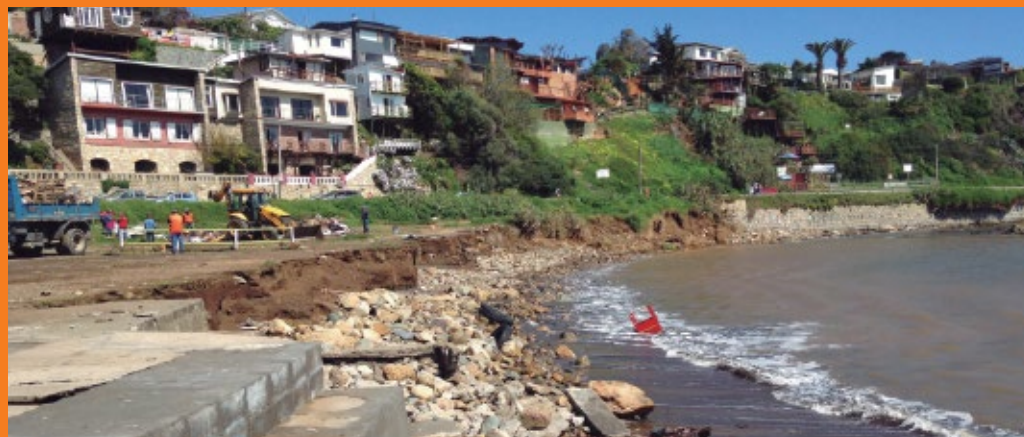
Un proyecto piloto se está desarrollando en la quebrada de Ramón, en Santiago. Variables hidrológicas y climáticas se miden en tiempo real, a través de una red de sensores, para generar un sistema de alerta temprana de aluviones.



Para que los aluviones no se conviertan en desastres

A través de una red de sensores, que miden en tiempo real distintas variables hidrológicas, los expertos de esta línea de investigación trabajan en un proyecto piloto en la quebrada de Ramón, en la Región Metropolitana. Los registros son almacenados en la nube y cruzados con información meteorológica, lo que permite generar alertas tempranas de aluviones, incluso con un par de días de anticipación.

“El problema es que todavía no existe en Chile una institucionalidad que permita tomar estos resultados para operar un sistema de alerta de aluviones a nivel nacional, en coordinación con los organismos de emergencia pertinentes”, dice Rodrigo Cienfuegos.



PROYECTOS DESTACADOS

1

Sistema de monitoreo in situ de tsunamis

PROYECTO: Fortalecer el actual Sistema Integrado de Predicción y Alarma de Tsunamis (SIPAT), lanzado en 2016 y que proporciona una evaluación detallada y rápida del peligro de tsunami una vez que se produce un sismo. Este sistema discrimina entre cuatro niveles de peligro y proporciona una respuesta espacial a lo largo de Chile continental, insular y antártico.

OBJETIVO: Ampliar la capacidad de evaluación inicial y monitoreo del actual sistema. Para ello, se pretende lograr el modelamiento de tsunamis en tiempo cercano al real, incorporando a través de modelos computacionales información de las boyas DART, de estaciones de nivel del mar y datos sísmicos.

DIAGNÓSTICO: Chile es un país de grandes terremotos con tsunamis. Los primeros proyectos se

enfocaron en crear un sistema que permitiera, de manera rápida y precisa, determinar qué zonas del país se podrían ver afectadas por un tsunami. Se crearon escenarios precalculados que son muy útiles para evacuar en los primeros cinco minutos tras el evento. Sin embargo, nuevas técnicas y estudios permiten pasar a una nueva etapa, que incluye modelar escenarios en tiempo real, más fidedignos a la hora de proteger a las personas.

RESULTADOS: Se mejorará la manera en que se obtiene la información del terremoto inicial y, rápidamente, calcular qué es lo que va a ocurrir con el tsunami en el territorio nacional. Actualmente, el único criterio que se utiliza para iniciar la evacuación es observar tres olas consecutivas que no superen la barrera de los 30 centímetros y eso significa que, fácilmente, se espera una hora para bajar la alerta de tsunami.

2

Evacuación Vertical

PROYECTO: Uso de mecanismos de evacuación vertical en el borde costero en las alertas de tsunami, trabajo que se tradujo en la publicación en 2019 del *policy paper*: “Evacuación vertical como medida de mitigación del riesgo de tsunamis en Chile”.

OBJETIVO: Identificar las comunas con mayor vulnerabilidad frente a amenazas costeras y desarrollar un análisis que valide el uso de mecanismos de evacuación vertical frente al sistema de evacuación convencional, que implica el desplazamiento hacia zonas seguras.

CONTEXTO: Nueve ciudades tienen más de 10% de su población expuesta a la amenaza de tsunamis: Talcahuano (42,7%), Iquique (29,4%), Arica (21,8%), Penco (16,3%), Hualpén (14,6%), Cartagena (14,6%), Lota (13,3%), Constitución (11,8%) y Viña del Mar (10,5%).

RESULTADOS: Entre las comunas más vulnerables, se trabajó particularmente con Iquique y Viña del Mar. En esta ciudad se simuló un terremoto y posterior tsunami similar al ocurrido en la zona en 1730. Durante una evacuación tradicional de la Población Vergara, por ejemplo, el 38% de las personas no llegaría a lugar seguro antes de que las alcancen las aguas. La evacuación vertical redujo esta cifra a 0%. Las situaciones analizadas en el estudio efectivamente dan cuenta de la necesidad de avanzar en normativas y estándares que incorporen la evacuación vertical dentro de las opciones de mitigación del riesgo ante tsunamis.



El nuevo proyecto de esta línea busca lograr el modelamiento de tsunamis, incorporando datos que son recogidos en tiempo real por una red de boyas instaladas en el piso marino, estaciones de nivel del mar y datos sísmicos.



Hacia un desarrollo sustentable y seguro

Comprender los factores gatillantes de aluviones, tsunamis y marejadas, y modelar la propagación de inundaciones fluviales y costeras, han sido pasos fundamentales para el desarrollo y operación de sistemas de alerta temprana, así como las metodologías y herramientas para identificar zonas de peligro y su probabilidad de inundación.

Este trabajo se ha nutrido de colaboraciones intensas con otras líneas de investigación y de un fuerte compromiso público: activa participación en mesas de trabajo, generación de documentos de referencia, desarrollo de nuevas metodologías e innovaciones para la educación y concientización de la población.

La investigación en tsunamis se ha fortalecido significativamente gracias al trabajo de nuestros investigadores e investigadoras, posicionando a nuestro país como uno de los generadores de conocimiento y transferencias más importantes de América Latina. Nuestros esfuerzos por mejorar la preparación del país frente a aluviones y crecidas rápidas en torrentes de montaña, han permitido desarrollar un conocimiento clave acerca de la conexión entre fenómenos climáticos, las precipitaciones, la hidrología, la propagación de crecidas y el transporte de sedimentos. El despliegue de una red de sensores en la quebrada de Ramón, ubicada en la precordillera de Santiago, permitió el desarrollo de un sistema piloto de alerta de crecidas aluvionales en colaboración con el Instituto Nacional de Hidráulica. Este sistema, inédito en Chile, logró una integración de tecnologías de captura, procesamiento y comunicación de datos, con modelos de base física y estadística, para pronosticar la probabilidad de crecidas aluvionales y contribuir así a la toma de decisiones.

Luego del foco inicial en sistemas de alerta, en los últimos años hemos abordado la problemática de inundaciones de manera integral, desarrollando conocimientos y metodologías para dotar al país de herramientas que permitan conectar fenómenos geofísicos como los tsunamis, con aquellos de origen climático como aluviones y marejadas. De esta manera, hemos priorizado esfuerzos para cuantificar la probabilidad de inundación en cuencas naturales y así contribuir a enfrentar los desafíos de diseño de infraestructura crítica y planificación territorial en un contexto de cambio global.

Rodrigo Cienfuegos

Director de CIGIDEN y académico de Ingeniería de la Pontificia Universidad Católica de Chile.

L3. Riesgo y resiliencia en sistemas complejos y redes

Tecnología de exportación

La línea de investigación desarrolló sistemas de protección sísmica que hoy son empleados en edificios, viviendas sociales, obras públicas y patrimoniales. Sus estudios han permitido modificar los estándares de construcción y estudiar el riesgo en la infraestructura crítica de ciudades en caso de terremotos.

Edificios colapsados, como el Alto Río en Concepción, que se desplomó completamente, se cuentan entre las imágenes más impactantes que dejó el sismo del 27 de febrero de 2010. Pocos se enteraron, sin embargo, que este tipo de daño no afectó solo a dos o tres edificios, sino que fueron decenas los que sufrieron problemas similares. Las causas de dicha falla fue uno de los primeros hallazgos realizados por los investigadores de esta línea de investigación, enfocada en los efectos que generan las distintas amenazas de origen natural sobre el entorno construido, incluyendo edificios, hospitales, redes críticas tales como la eléctrica, el agua potable y el transporte, que son vitales para el funcionamiento del país.

Siempre coordinados con otras líneas de in-

vestigación del centro, el grupo inició su trabajo estudiando el impacto del terremoto de 2010 y las implicancias de la brecha sísmica de la zona norte del país, en las ciudades de Iquique y Alto Hospicio. Estos trabajos permitieron influir en la próxima normativa sísmica, estudiar el problema de evacuación en zona inundable por tsunami, y crear los primeros mapas de riesgo para modelar lo que ocurriría en las ciudades y su infratestructura en caso de terremotos. Se suma a esta labor más científica, la transferencia tecnológica y de conocimiento que también ha generado importantes frutos.

En el caso del 27/F, los estudios descubrieron que las tensiones verticales por carga axial en los muros en los edificios que habían colapsado, en ciudades desde Santiago a Concepción, fueron excesivas, lo que afectó la estabilidad

de la estructura. “Encontramos una serie de patrones repetitivos en las construcciones que presentaron fallas estructurales. Esos problemas no estaban considerados por la normativa sísmica actual”, explica Juan Carlos de la Llera, investigador principal de esta línea de investigación. “Ese fue nuestro primer gran salto a nivel científico”, agrega, en alusión a los primeros resultados obtenidos por su grupo.

A partir de estos estudios surgió uno de los primeros aportes concretos, ya que se pudo influir en la mejora de normas y criterios para las construcciones, además de mejorar sustantivamente la caracterización del movimiento sísmico en los distintos suelos de Chile. La importancia del suelo donde se construye es vital, señala de la Llera, ya que condicionan completamente el comportamiento de las estructuras. “Los suelos estaban pobremente clasificados en la normativa previa. Un ejemplo, es la consecuencia en edificios altos, que, en general, tienden a presentar problemas en suelos más blandos. Ahora, con los nuevos decretos y criterios, se asocia mejor la intensidad sísmica a los distintos tipos de suelos”.

En efecto, los Decretos Supremos 60 y 61, y sus estudios posteriores, incorporan información relevante obtenida durante el terremoto de 2010. Utilizando todo este conocimiento, se trabaja actualmente en actualizaciones de las normativas NCh433 y NCh2745, las que impactarán a todas las construcciones en Chile con y sin protección sísmica.

ESTIMACIÓN DEL RIESGO

Una segunda área de trabajo de este grupo de investigación ha sido el desarrollo de metodologías muy avanzadas para evaluar el impacto que los sismos producen en la infraestructura crítica de un país. A diferencia de los primeros estudios, donde se analizaron estructuras individuales, en este caso se incorporaron sistemas complejos que involucran muchas estructuras, como la red de transmisión eléctrica, los sistemas de agua potable, la red hospitalaria y la red vial. “Investigamos sistemas complejos que no se habían estudiado, para así entender



“Investigamos sistemas que no se habían estudiado a nivel internacional, para entender cómo responderían ante un evento natural extremo y cómo se recuperarían”.

Juan Carlos de la Llera.

qué ocurriría luego de un gran evento y cómo dichos sistemas se recuperarían”, cuenta de la Llera.

Tal vez uno de los sistemas más complejos ha sido la red de salud de emergencia. Se han evaluado cuáles serán los servicios más demandados y qué pasará con los procesos de derivación, atención y sobrevivencia de pacientes una vez que la infraestructura ha sido dañada. El foco está puesto sobre los servicios de salud de las regiones Metropolitana y de Valparaíso, considerando sus interdependencias.

En el caso de la electricidad, se cuantificó la pérdida de energía suministrada, la que afectaría a hogares e industria, analizando los impactos a nivel del Sistema Interconectado, en particular, con la posible falla de distintas subestaciones eléctricas. “Hoy podemos responder cuánto tiempo tardará el sistema en recuperar su capacidad y el costo que tendrá para el país”, dice de la Llera.

Este trabajo fue realizado de forma interdisciplinar con otras líneas de investigación desde los primeros años del centro, y está basado en la generación de “escenarios sísmicos”, que permiten simular el efecto que tendría un potencial terremoto en lugares específicos del territorio. Fue clave también para la elaboración del documento “Escenario sísmico en Iquique: Caracterización de un posible terremoto y sus consecuencias en el entorno físico y social”.

De la Llera cuenta que el proyecto está ahora enfocado en la zona central del país, estudiando impactos que incluyen también a redes críticas al interior de las ciudades, investigando, por ejemplo, qué pasaría en las redes urbanas con la falla de puentes y pasarelas. “Estamos analizando las redes y sus interdependencias para ver qué impacto tendría un futuro terremoto en la zona central de Chile”.

TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA

La línea también ha generado aportes significativos a través del desarrollo y mejora de tecnologías de aislamiento sísmico y disipación de energía en estructuras, enfocados en

2

soluciones de bajo costo que, a grandes rasgos, permiten que el suelo transmita la menor energía posible a las estructuras. Estos aisladores sísmicos y disipadores de energía ya son empleados en edificios, viviendas sociales, obras públicas y patrimoniales, constituyendo un ejemplo de transferencia tecnológica desde la academia hacia la sociedad.

En lo inmediato, estas tecnologías ya fueron adoptadas por el Ministerio de Salud y están siendo aplicadas para mejorar la seguridad en la mayoría de los hospitales del país. El grupo también las incorporó como piloto en viviendas sociales de la zona de Santa Cruz, y en la recuperación de la Basílica del Salvador, en Santiago; dañada, especialmente, por el terremoto de 1985 y luego, por el de 2010.

Gran parte de los resultados obtenidos por esta línea han convergido en una plataforma de evaluación del riesgo, que recoge el trabajo resultante de la interacción entre las distintas líneas de investigación de CIGIDEN. Consti-

decretos supremos específicos fueron ya promulgados gracias al aporte de esta línea. Estos norman las construcciones de acuerdo con la caracterización de los suelos y del movimiento sísmico.

tuye un repositorio de algoritmos, modelos y datos que permiten calcular el riesgo y resiliencia de cualquier sistema.

No es todo, CIGIDEN también realizó un importante aporte para un trabajo realizado desde 2016, en el cual más de 80 expertos nacionales se reunieron al alero de CNID para proponer una estrategia que contribuyera al desarrollo de un Chile más resiliente ante desastres, con una estrategia de investigación, desarrollo e innovación. Ese trabajo, liderado por Juan Carlos de la Llera, condujo a la creación de la Comisión para la Resiliencia ante Desastres de Origen Natural, y más recientemente, a la creación del Instituto para la Resiliencia ante Desastres, Itrend. Gracias a todas estas investigaciones de CIGIDEN y la nueva institucionalidad, Chile se levanta como un gran “laboratorio natural” en resiliencia ante desastres de origen natural. “Podemos influir no sólo en el ámbito local, sino ser un aporte a nivel mundial”, concluye de la Llera.

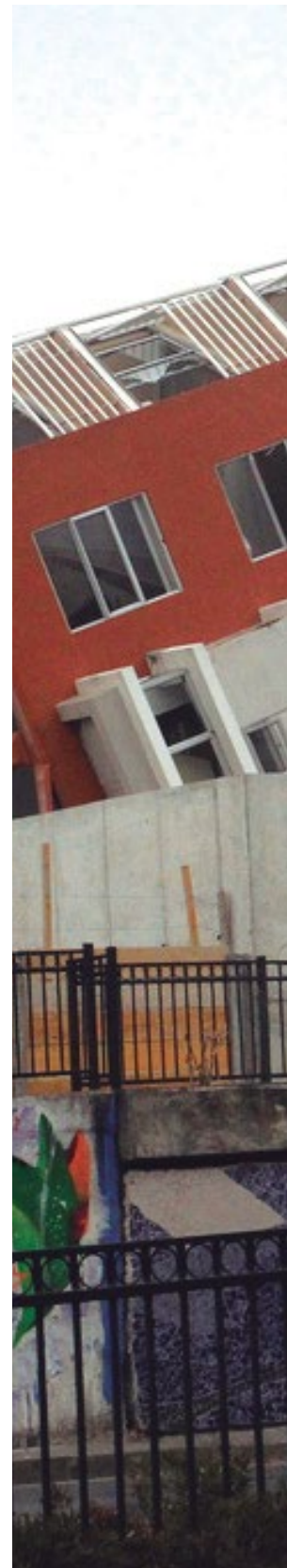
PROYECTO DESTACADO

1

Estudio de resistencia de estructuras tras el terremoto 2010

Los edificios residenciales de concreto reforzado en general resistieron de buena forma durante el terremoto de 2010. Sin embargo, algunos tuvieron daño por fragilidad en los muros estructurales de hormigón armado. El daño en dichos muros provino del aplastamiento del hormigón inducido por flexo-compresión, pandeo fuera del plano, y fractura del refuerzo longitudinal y pérdida del confinamiento del hormigón. Esto se vio en la fractura de la enfierradura principal en

las cabezas de muros con desprendimiento del hormigón. Científicos de la línea estudiaron teórica y experimentalmente esta falla, y reprodujeron experimentalmente el modo de falla por flexo-compresión observado durante el terremoto de 2010. Los resultados: las pruebas mostraron que el aumento en las tensiones axiales redujo la capacidad máxima de desplazamiento, ductilidad y capacidad de disipación del muro.





El edificio Alto Río, de 15 pisos y ubicado en el centro de Concepción, colapsó a menos de un año de su inauguración, siendo una de las imágenes más emblemáticas del terremoto.

PROYECTO DESTACADO

2

Vulnerabilidad sísmica de estructuras coloniales

PROYECTO: Estudiar iglesias y barrios patrimoniales para evaluar su vulnerabilidad sísmica. Un trabajo de CIGIDEN y la Universidad de Florencia.

OBJETIVO: Investigar el comportamiento sísmico de edificios patrimoniales construidos con mampostería tradicional de tierra y responder por qué algunos colapsan y otros resisten megaterremotos.

DIAGNÓSTICO: Chile tiene varios edificios coloniales a lo largo de su territorio que arriesgan desaparecer, entre otras cosas, por los grandes terremotos. La mampostería simple, no reforzada, es una técnica constructiva tradicional que constituye buena parte de los edificios de nuestros cascos históricos. A finales del siglo pasado, se documentó que alrededor del 30% de la población mundial (50% en los países en vías de desarrollo) vivía en edificios hechos de tierra. La historia nos ha propor-

cionado edificios de tierra de gran valor arquitectónico, algunos de los cuales son parte del Patrimonio Mundial de la UNESCO.

RESULTADOS: Los expertos confirmaron que la iglesia San Judas Tadeo y otras construcciones coloniales sobrevivieron a varios terremotos con magnitudes sobre 8, como el evento del 27/F, sin presentar colapsos locales típicos en estructuras de mampostería no reforzada. La razón: la implementación de elementos tradicionales de refuerzos de madera insertados en los muros de tierra. El uso de dispositivos de madera, como esquíneros, escalerillas y el tímpano, demostraron ser una solución eficaz contra la activación de mecanismos de colapso local causados por terremotos. La investigación reconoce el rol crucial de los elementos de refuerzo de madera en la respuesta a acciones horizontales, especialmente en áreas de alto peligro sísmico.



Otro de los proyectos de esta línea es investigar el comportamiento sísmico que presentan los edificios patrimoniales construidos con mampostería tradicional de tierra y responder por qué algunos colapsan y otros resisten megaterremotos.

Estudio de resistencia estructuras 2010 en barrio Yungay

En este sector de Santiago, CIGIDEN creó un mapa comunitario que ayudará a gestionar el riesgo sísmico y de incendio, especialmente, en este barrio histórico que tiene varios edificios dañados por el 27/F y que no han sido reparados. Este mapa fue posible gracias al estudio que CIGIDEN realizó en la zona.



Cuantificando el riesgo y la resiliencia

El impacto de las grandes amenazas naturales se puede ver amplificado por la creciente complejidad de los sistemas físicos y sus interdependencias, muchas veces, muy complejas de modelar. Por esta razón, las líneas 3 y 5 han trabajado conjunta y arduamente en entender las dimensiones del riesgo y la resiliencia de redes críticas e infraestructura, partiendo por su comportamiento individual y luego interconectadas cuando son sometidas a la ocurrencia de distintas amenazas extremas.

Este trabajo comenzó por desarrollar un conjunto de herramientas computacionales que permitieran integrar en un solo modelo matemático los distintos componentes del riesgo; de forma tal, que fuera aplicable a todas las amenazas naturales y a los diferentes componentes del ciclo: caracterización de la amenaza, mapas de exposición, fragilidad estructural y de contenidos, funcionalidad, y vulnerabilidad. Luego de concluir la etapa de evaluación de la fragilidad y el estudio detallado del riesgo en sistemas individuales, el trabajo de investigación se focalizó en construir modelos confiables de sistemas, considerando cuatro redes críticas: la red de atención de urgencia de hospitales públicos, la red nacional de transmisión eléctrica, la red de agua potable en la zona centro de Chile y de transporte interurbano entre las regiones de Valparaíso y Metropolitana.

Todos estos modelos han sido desarrollados sobre la base a información física y operacional de los sistemas, que en sí es muy compleja de conseguir, dada la gran dispersión y poca disponibilidad de datos. Otro desafío ha sido el entender correctamente los modelos de operación de estos sistemas, simularlos en condiciones normales, para luego afectarlos por la fragilidad y falla de componentes como resultado de las distintas intensidades que las amenazas producen.

Una vez construidos los modelos y validada su operación, distintas herramientas de simulación estocástica han sido utilizadas para determinar el riesgo de las variables relevantes de decisión y la cuantificación de métricas de resiliencia. Sobre la base de estos modelos de redes, se ha buscado evaluar el impacto de distintos esquemas de mitigación que produzcan mejoras en estas variables de riesgo y resiliencia. Como aplicación final, se han estudiado los impactos económicos, a nivel nacional y regional, de la interrupción, por ejemplo, en la operación de la red de transmisión eléctrica.

Juan Carlos de la Llera

Investigador principal, decano de la Escuela de Ingeniería de la Pontificia Universidad Católica de Chile.

Los saberes locales ante la amenaza

No todos experimentamos el impacto de un desastre de la misma forma. Nuestro entorno, la etnia, el género configuran escenarios diferentes que deben ser considerados a la hora de realizar gestión y mitigación de riesgo. El grupo ha trabajado en campamentos, con comunidades indígenas y aportado al estudio de los problemas de evacuación.

Incorporar la mirada de los saberes locales en la gestión del riesgo de desastre había sido un área poco explorada para Chile. Partiendo por la reflexión acerca de qué consideramos un desastre. Si bien la mayoría de nosotros, probablemente, mencionaríamos un terremoto y un tsunami en el primer lugar de la lista, para las comunidades mapuche del sur de Chile y atacameñas del norte, por ejemplo, la mayor preocupación es el extractivismo que amenaza sus bosques y salares ancestrales. Este es solo un ejemplo de los hallazgos obtenidos por los investigadores de la Línea 4 de CIGIDEN “Cultura del desastre y gobernanza del riesgo”.

Manuel Tiróni, sociólogo e investigador principal de la línea, relata que uno de los objetivos centrales ha sido adentrarse en este tipo de co-

nocimiento; no solo desde el punto de vista de la relación con la tierra que exhiben los pueblos originarios, también incorporando la mirada de las diversas comunidades que habitan a lo largo del país, que conocen su territorio y saben cómo se comporta. Esto incluye estudios para incorporar perspectivas, como la de género, o considerar factores como la mayor vulnerabilidad social de ciertos grupos de la población.

Durante estos años, el grupo ha llevado a cabo estudios de campo con los pueblos atacameños en el Salar de Atacama, y en la Región del Biobío con comunidades mapuche, como parte de un estudio Fondecyt financiado por la Agencia Nacional de Investigación y Desarrollo. “Fenómenos como la erupción de un volcán, por ejemplo, son considerados parte de ciclos naturales por culturas como la atacameña. Si queremos

involucrar a estas comunidades en actividades de gestión de riesgo, como monitoreo volcánico o protocolos de evacuación, la planificación debe diseñarse tomando en cuenta la visión que ellos tienen de su entorno”, dice Tironi.

El sociólogo relata que las comunidades atacameñas que viven a los pies del volcán Lascar lo consideran parte de sus vidas, al punto que lo llaman “tata Lascar”. Para ellos es el pivote donde se articulan todas las ecologías y no la amenaza o peligro que representa para nosotros. Conocen perfectamente su comportamiento y es allí donde habita un conocimiento técnico ancestral. El sociólogo, quien posee experiencia trabajando problemas como el riesgo volcánico y el uso de agua con estas comunidades del norte de nuestro país, agrega que “el desafío es tomarlos en serio ese conocimiento y complementarlo con el académico”.

Hoy existe consenso internacional acerca de la necesidad de incorporar conocimientos de pueblos originarios y comunidades en las evaluaciones de riesgo de desastre, y este aspecto se encuentra considerado en el Marco Sendai para la Reducción del Riesgo de Desastres de la ONU. Junto con ello, el saber local de comunidades indígenas o no indígenas es actualmente reconocido a nivel mundial por la comunidad académica como un conocimiento tan legítimo como el científico. “El riesgo de la mayoría de las amenazas siconaturales en Chile, como erupciones volcánicas, crecidas de ríos, aluviones e, incluso, tsunamis ocurre a escala del territorio: las comunidades indígenas tienen el mayor conocimiento ecológico de esas quebradas, cuencas, bahías, valles, bofedales, por eso representan un aporte imprescindible para la coestión del riesgo de desastre”, asegura Tironi.

¿Pero cuál es la mejor forma de incorporar ese conocimiento, cómo llegar a esta inclusión? Preguntas que los estudios de esta línea de investigación buscan responder y que servirán de modelo también a nivel internacional. El análisis llevado a cabo con los pueblos atacameño y mapuche concluye, por ejemplo, que una de las principales preocupaciones que pueden causar fricción con las comunidades se asocia a la historia de descon-

fianzas con las instituciones que implementarán los planes de mitigación y reconstrucción; vale decir, el establecimiento de relaciones y diálogos sustantivos les resulta de primera importancia.

“De hecho, la investigación de la línea muestra que cuando se crean las condiciones de confianza y respeto, las comunidades indígenas no tienen problema en incorporar conocimiento para la gestión de riesgo proveniente de la ciencia. Por el contrario, hay entusiasmo y conciencia de la necesidad de colaborar con entes como el Estado y de la comunidad científica en temas altamente complejos y que representan una amenaza concreta para sus proyectos de vida”, dice Tironi.



“La mayoría de las amenazas naturales en Chile ocurre a escala del territorio: las comunidades indígenas tienen el mayor conocimiento ecológico de esas quebradas, bahías o bofedales; por eso, son imprescindibles para la coestión del riesgo”.

Manuel Tironi.

TRABAJO EN CAMPAMENTOS

La vulnerabilidad social es otro aspecto fundamental. Las investigaciones también se han llevado a cabo en campamentos de la quebrada de Macul, en la Región Metropolitana; en Balmaceda, en la Región de Antofagasta; y en varios campamentos de Copiapó, Región de Atacama, donde trabajan e interactúan con otras líneas de investigación de CIGIDEN. Con ellas, han abordado los riesgos que presentan las amenazas que existen en el territorio, entre otras, los aluviones. La labor ha sido amplia, incluyendo desde el desarrollo de modelos locales de gestión del riesgo, con actividades de mapeo comunitario, desarrollo de observatorios, hasta entrega de materiales, conversatorios e investigación interdisciplinaria en territorios que enfrentan grandes carencias.

“Problemas como la perspectiva de género emergen también en estas investigaciones. Por una parte, el género determina una exposición distinta al riesgo, así como implica una experiencia de fragilidad diferente. Por la otra, son predominantemente las mujeres quienes ocupan las posiciones de liderazgo en los campamentos, ejerciendo un rol clave, y desigual, en la gestión del riesgo. Pero lo que ha mostrado esta línea de investigación, es que a la condición de género y de pobreza se le deben sumar otros factores de vulnerabilidad, como la condición migrante. Aquí emerge

un concepto clave que los investigadores e investigadoras definen como “interseccionalidad”.

“Se debe comprender que los riesgos se construyen y sufren de manera diferente según distintas configuraciones de identidad. No es lo mismo el tipo de riesgo para un hombre o una mujer, ni si la mujer es además migrante o madre soltera. Eso se llama interseccionalidad, cómo se configura la vulnerabilidad dependiendo de la intersección de distintas características de género, socioeconómicas y culturales”, explica Manuel Tironi. La línea publicó un *policy paper* en donde proponen una perspectiva interseccional para la Gestión de Riesgo de Desastres.

La línea de investigación también ha participado en estudios con otras líneas del centro, analizando problemas como la evacuación y cuán preparada se percibe la gente frente a diversos peligros. Una investigación, publicada en 2018 y que incluyó más de 400 entrevistas en la Región de Atacama, analizó el perfil sociodemográfico de quienes están mejor y peor preparados para enfrentar riesgos de origen natural en un contexto de multiamenaza.

Los resultados señalan que, de manera significativa, la gente cree estar mejor preparada para terremotos que para inundaciones, mientras que los hombres afirman estar mejor preparados que las mujeres. Esto podría explicarse por el hecho de que en esa región muchos hombres trabajan en el área minera, en contacto con la tierra, mientras las mujeres trabajan principalmente en servicios y el comercio.

Otro hallazgo interesante dice que el grupo de la población que estaría en mejores condiciones para enfrentar un desastre serían individuos de entre 30 y 59 años, viviendo con una pareja e hijos en edad escolar. Los autores indican que estudios previos señalan que estas características generan mayor compromiso con el cuidado en las personas. Los hijos, por ejemplo, suelen motivar a sus padres.

MANUAL DE GRDS COMUNITARIA

El Manual de Gestión Comunitaria es un documento desarrollado por la línea de investigación “Cultura del desastre y gobernanza del

riesgo”, dirigido fundamentalmente a organizaciones de la sociedad civil y a gobiernos locales, que poseen cercanía con la temática y la genuina intención de llevar a cabo una Gestión de Riesgo de Desastres Situada (GRDS).

Se trata de una guía orientadora que permita direccionar el trabajo de GRD a nivel local y así poder escalar un quehacer que sea participativo, interdisciplinar y que complemente el conocimiento científico con los saberes locales. Cuenta con cinco módulos asociados al lenguaje del desastre, el diagnóstico desde el territorio, análisis de la institucionalidad vigente, ejes de acción y espacios de gobernanza del riesgo.

400

fueron las entrevistas realizadas en la Región de Atacama por la investigación que analizó el perfil sociodemográfico de los grupos de población que están mejor o peor preparados para enfrentar amenazas naturales.

PROYECTOS DESTACADOS

1

Desastres, desde abajo

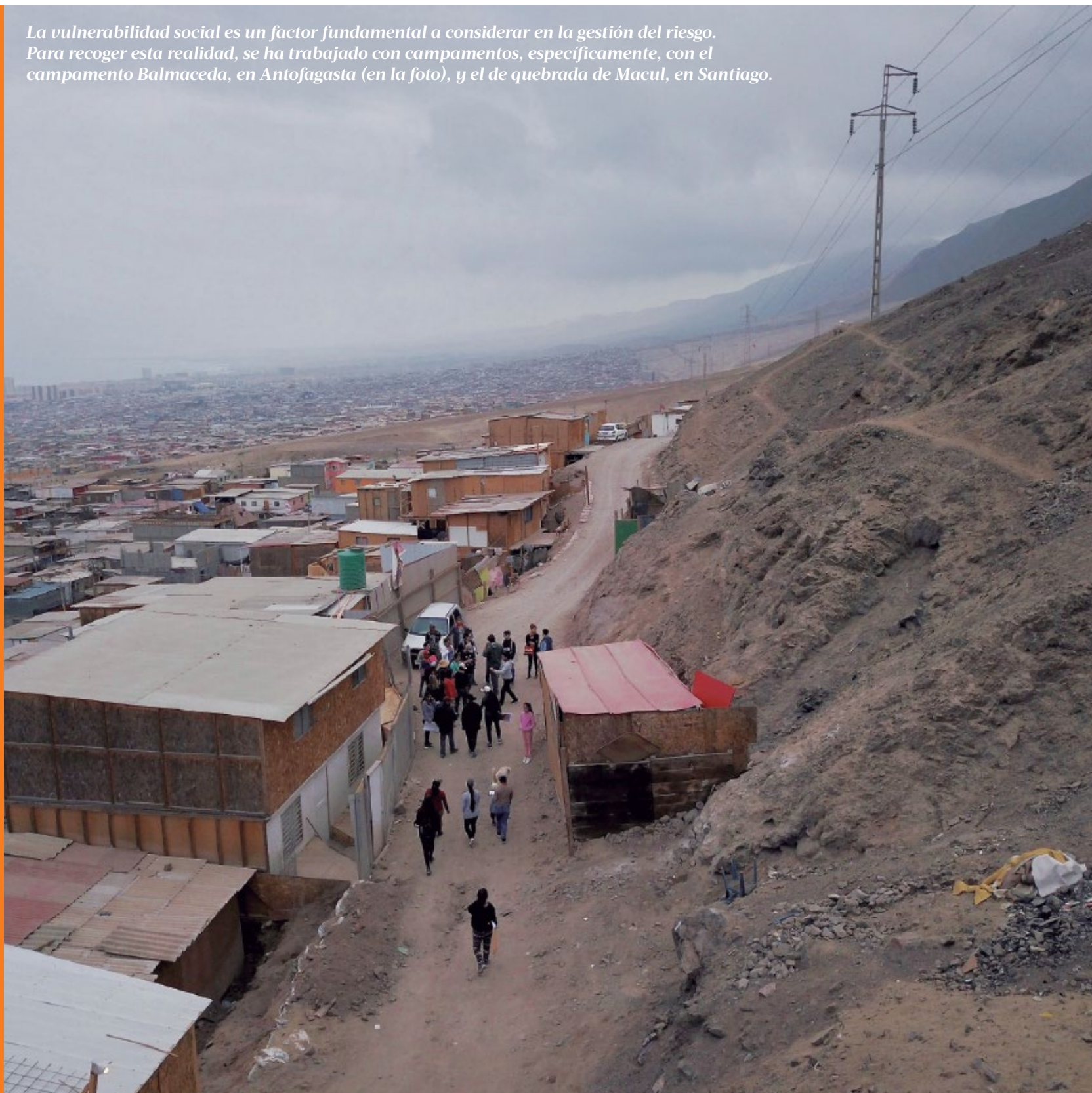
PROYECTO: Conversatorio “Desastres desde abajo: El rol de los saberes locales en la Gestión del Riesgo de Desastre”, organizado desde CIGIDEN.

OBJETIVO: Abrir preguntas y reflexiones en torno al rol del saber local en las estrategias de reducción del riesgo de desastre e incorporarlas en planes de mitigación, gestión y recuperación luego de un desastre.

CONTEXTO: Los saberes locales –que nacen, se acumulan y circulan en comunidades y territorios– se multiplican y se vuelven cruciales en la gestión in situ de riesgos siconnaturales. Sin embargo, siguen viéndose como un espacio para la especulación, mientras los instrumentos y normativas de reducción del riesgo de desastres aún no logran incorporar este conocimiento de manera robusta.

RESULTADOS: Los resultados de estos diálogos fueron plasmados en el libro *Desastres desde abajo: el rol de los saberes locales en la Gestión del Riesgo de Desastre*. El documento revela la riqueza de los conocimientos y de las prácticas tradicionales, indígenas y locales sobre la materia en Chile, quienes han elaborado sofisticadas prácticas de diagnóstico, respuesta y mitigación del riesgo de desastre. Los expertos identificaron nueve aportes que hacen “desde abajo” y que deberían ser integrados en los Modelos de Gobernanza Local frente a los eventos naturales. Esto, en la medida de que permiten dialogar al mundo científico, técnico y político con la comunidad y que esta se haga parte de la gestión de riesgo de sus localidades.

La vulnerabilidad social es un factor fundamental a considerar en la gestión del riesgo. Para recoger esta realidad, se ha trabajado con campamentos, específicamente, con el campamento Balmaceda, en Antofagasta (en la foto), y el de quebrada de Macul, en Santiago.



Esta línea de investigación ha trabajado en diversas comunidades, como la que vive en quebrada de Macul, en la Región Metropolitana, zona que en 1993 experimentó un aluvión de grandes proporciones. Lo mismo que con la comunidad atacameña Toconao y otros campamentos de Copiapó y Antofagasta.



El aporte de las Ciencias Sociales

Los desastres no son naturales. Sus causas y consecuencias, así como el modo en que son vividos y gestionados, dependen de procesos históricos donde se entrecruzan condiciones culturales, sociopolíticas e institucionales. Estos se desenvuelven a diversas escalas, pero tienen siempre una manifestación local: los desastres se experimentan, conocen e intervienen en y desde territorios específicos. En la medida en que empezamos a reconocer la diversidad étnica y territorial, a entender las interacciones entre múltiples vulnerabilidades socioecológicas y a valorar la creciente demanda por mayor participación, se torna fundamental incorporar la gestión de riesgo de desastres desde una perspectiva que atienda a la diversidad de formas en que fenómenos geoclimáticos interactúan con los espacios donde se manifiestan.

Esta ha sido la misión de la línea 4 de investigación: estudiar la interacción entre el riesgo de desastres y los componentes culturales de su experiencia, percepción y gestión. Por “cultural” no entendemos las manifestaciones folklóricas en torno a eventos catastróficos, sino al entramado de elementos territoriales, socioeconómicos, políticos e institucionales que configuran el modo en que los riesgos son incorporados en –y determinados por– relaciones sociales y conocimientos colectivos.

Hemos realizado este ejercicio de manera sistemática usando las aproximaciones analíticas y metodológicas propias de las ciencias sociales, incluyendo la etnografía, los métodos participativos, las técnicas de encuesta y el análisis histórico. Así, esta línea ha significado un aporte fundamental para la consolidación de un espacio investigativo sobre riesgo de desastre en las ciencias sociales, que no existía antes de CIGIDEN.

El trabajo con comunidades indígenas nos ha permitido entender cómo los conocimientos ancestrales han aportado a la intervención de eventos geoclimáticos en la escala territorial; y también, cuáles son las formas particulares que adoptan los riesgos en estas comunidades en su historia de vulneración. Hemos analizado, además, los factores culturales, políticos y sociodemográficos que determinan las percepciones sobre los riesgos de desastre y los modos en que individuos y colectivos territoriales definen acciones ante ellos. Y, por último, hemos investigado la intersección entre riesgos geoclimáticos y vulnerabilidades cotidianas –por clase, raza o género– que se manifiesta en asentamientos precarios y comunidades rurales, así como la diversidad de conocimientos y recursos políticos que emergen en estos espacios.

Manuel Tironi

Investigador principal y académico de Sociología de la Pontificia Universidad Católica de Chile.



L5. Evaluación socioeconómica para la mitigación del riesgo de infraestructura crítica

Fortaleciendo la resiliencia social

Conocemos de eventos naturales pero muy poco sobre los impactos socioeconómicos que estos generan. Este grupo de investigación combina información de los impactos en infraestructura pública, como carreteras o agua potable, considerando aspectos sociales, económicos y la percepción de la comunidad. El resultado es un trabajo inédito que permitirá implementar mejores medidas de mitigación en el país.

La percepción y preparación ciudadana frente a los desastres de origen natural no había sido medida de manera adecuada en nuestro país hasta el comienzo del trabajo de esta línea de investigación de CIGIDEN. ¿Sabemos qué hacer ante incendios, erupciones volcánicas o amenazas emergentes, como las trombas marinas? Lo cierto es que, si bien las chilenas y los chilenos perciben que están bien preparados para responder, por ejemplo, ante un terremoto, frente a otras amenazas desconocen casi totalmente qué hacer.

“Un análisis con representatividad del 80% para el borde costero, demostró que, al consultar por amenazas múltiples, hay muy poco conocimiento”, explica Nicolás Bronfman, in-

vestigador principal de la Línea 5 de CIGIDEN, dedicada a la evaluación socioeconómica para la mitigación del riesgo de infraestructura crítica. Hace ocho años, este grupo comenzaba su foco de estudios mediante este análisis pionero en el país, incluyendo las cinco urbes más grandes de Chile: Antofagasta, Iquique, Santiago, Valparaíso y Concepción. A partir de entonces, se generó una labor cuyos resultados incluyen desde el mapeo integral de la infraestructura crítica, hasta la construcción de un índice de resiliencia frente a amenazas de origen natural. Había que conocer a ciencia cierta qué tan preparados estaremos para recuperarnos frente a un desastre.

Al igual como ocurrió con otras líneas de investigación de CIGIDEN, los terremotos de la última década en el norte del país fueron

un laboratorio de pruebas importante para desarrollar estos inéditos estudios de percepción. “Hubo una seguidilla de desastres que nos permitieron identificar dónde se requería más preparación, para generar comunidades más resilientes”, explica Bronfman.

Esta línea también aportó en la elaboración de un escenario sísmico para Iquique, que simuló el efecto que tendría un terremoto en esa ciudad y que fue publicado como un documento entregado a la comunidad y tomadores de decisiones. Gran parte de esta labor, liderada por las líneas 1 y 3 de investigación del centro, se desarrolló durante cinco años de trabajo con las comunidades y, recientemente, se está replicando también en la zona central.

La meta de estos estudios es poder generar un cambio de mentalidad, desde una conciencia que hoy considera como peligro solo a los sismos, a una que toma en cuenta las multiamenazas de origen de natural: “Dada la geografía de nuestro país, la mayor parte de la población enfrenta dos, tres o cuatros peligros, incluyendo terremotos, tsunamis, volcanes, aluviones”, explican los investigadores del centro FONDAP. “Por eso, la estrategia de preparación debe estar centrada en lo que se conoce como multipeligro”, recalca Nicolás Bronfman.

MAPEO DE INFRAESTRUCTURA

Una de las formas más efectivas de hacer visibles las amenazas era abordándolas desde el punto de vista de los impactos en la infraestructura crítica, pero había que ir un paso más allá. La Línea 5 de investigación, entonces, se dedicó a analizar aspectos relacionados con las dificultades que se generan en la comunidad cuando esta infraestructura se ve afectada. Dicho de otra forma, si se daña un puente o si un pueblo queda aislado debido a una erupción volcánica, si se interrumpe el servicio eléctrico o no hay acceso al agua potable, cuáles son los impactos que esto genera en la vida de las personas, en el bienestar de la sociedad y en la economía.



“Dada la geografía de nuestro país, la mayor parte de la población enfrenta dos, tres o cuatros peligros, incluyendo terremotos, tsunamis, volcanes, aluviones”.

Alondra Chamorro.



“Por eso, la estrategia de preparación debe estar centrada en lo que se conoce como multipeligro”.

Nicolás Bronfman.

Uno de los más relevantes es el impacto en la conectividad del país. “La carretera entre Santiago y San Antonio, por ejemplo, resulta mucho más vulnerable que la Ruta 68 hacia Valparaíso, ya que existen pocas vías alternativas que permitan conectar con la vía principal”, cuenta Alondra Chamorro, investigadora principal de CIGIDEN, quien lidera las investigaciones para las amenazas de origen natural en la conectividad nacional. Los hallazgos indican que, si bien los sismos generan mayores daños e impactos de largo plazo por la falla de la infraestructura, las precipitaciones extremas ocasionan daños más recurrentes.

Las crecidas causadas por las precipitaciones, por ejemplo, corresponden a eventos de flujos de agua a gran velocidad, capaces de erosionar las bases de los puentes y hacerlos colapsar. Chamorro explica que el trabajo de identificación de este tipo de impactos en la red vial permite desarrollar y aplicar modelos de riesgo a escala y proponer estrategias de mitigación frente a las diferentes amenazas naturales. Pero un componente importante de estos estudios, además de los impactos físicos, son las consecuencias sociales y económicas que generan las interrupciones de los servicios.

Otro de los estudios se realizó en la zona del volcán Villarrica, analizando el riesgo que perciben los habitantes de la zona respecto de la actividad volcánica. Los resultados señalan que la mayor preocupación frente a una erupción no es la dificultad que puedan encontrar durante la evacuación. “Para ellos, la mayor vulnerabilidad es la falta de acceso al agua y los procesos de contaminación que pueden alterarla tras una erupción volcánica. En todas nuestras encuestas, identificamos que lo que más valora la sociedad es el acceso al agua”, dice Chamorro.

SOFTWARE PARA GESTIÓN DE RIESGO

También existen aplicaciones concretas con transferencia tecnológica. Con parte de la evidencia encontrada a lo largo de su trabajo, esta línea de investigación pudo diseñar una

plataforma computacional que permite cuantificar y mitigar los potenciales daños provocados por desastres de origen natural. Se trata del Sistema de Gestión de Riesgos de la Red Vial SiGeR-RV, desarrollado en colaboración con la Dirección de Vialidad del Ministerio de Obras Públicas, COPSA y la ONEMI. El sistema evalúa las consecuencias en términos de daños a la infraestructura, costos e impactos socioeconómicos debidos a la pérdida de conectividad por eventos sísmicos, volcánicos e hidrometeorológicos (inundaciones, aluviones, crecidas, precipitaciones, entre otros).

Este desarrollo de punta está enmarcado en el proyecto FONDEF “Investigación y desarrollo de modelos para cuantificar y mitigar el riesgo de eventos naturales en la red vial nacional” y permitirá diseñar estrategias de restauración y mitigación con una importante reducción de costos para el país en términos sociales y económicos. Solo en 2010, después del terremoto del 27/F, el Ministerio de Obras Públicas tuvo que invertir \$118.200 millones por concepto de obras de emergencias y reconstrucción de red vial.

ÍNDICE DE RESILIENCIA

Actualmente, esta línea de investigación se encuentra trabajando en un índice de resiliencia social frente a eventos extremos. Esto, sobre la base de lo que se conoce como “análisis de riesgo combinado”, vale decir, un solo modelo que permite calibrar tanto los problemas de vulnerabilidad social que indican los estudios de percepción del peligro ante diversas amenazas de origen natural, como los impactos de las multiamenazas que se ciernen sobre la infraestructura crítica.

El trabajo de la Línea 5 está entregando información inédita y se traducirá en la generación de un índice de resiliencia frente a desastres de origen natural. Dicho índice entregará información avalada internacionalmente, revelando cuál es la capacidad de resiliencia frente a desastres que posee una zona determinada, como un barrio completo, incluso sectores más específicos, como una cuadra

Un análisis con representatividad del 80% para el borde costero, demostró que hay muy poco conocimiento en la población sobre los escenarios de amenazas múltiples.

118

mil millones de pesos tuvo que invertir el Ministerio de Obras Públicas en obras de emergencia y reconstrucción de la red vial, después del 27/F.

y sus manzanas aledañas. “Esto incluirá información, como qué tan difícil puede ser la recuperación considerando los elementos del entorno: características de población, género, edad, nivel socioeconómico, educación y características físicas de la infraestructura”, concluye Nicolás Bronfman.





PROYECTOS DESTACADOS

1

Plataforma computacional para infraestructura vial ante desastres

PROYECTO: Crear una plataforma computacional que permitirá cuantificar y mitigar los potenciales daños provocados por sismos, volcanes o fenómenos hidrometeorológicos.

OBJETIVO: El principal objetivo de esta plataforma es desarrollar y validar modelos que permitan cuantificar el riesgo físico al que está afecta la red vial nacional, debido a las amenazas de origen natural, considerando la fragilidad de la infraestructura, como el nivel de exposición de esta ante un evento específico.

DIAGNÓSTICO: La infraestructura vial de Chile, de aproximadamente 85 mil kilómetros, no queda ajena a los potenciales impactos que puede generar un evento de origen natural. Solo en 2010, después del terremoto del Maule, el Ministerio de Obras Públicas tuvo que invertir 118.200 millones de pesos por concepto de obras de emergencias y reconstrucción de red vial. Se evidenció, entonces, la falta de una política de emergencia posdesastre y de metodologías para cuantificar el riesgo en la red vial.

RESULTADOS: La plataforma -que se encuentra en fase piloto- permitirá diseñar estrategias de restauración y mitigación, que reducirán los costos al país en términos sociales y económicos. En una primera etapa, se estudió cada amenaza natural y la robustez o fragilidad de cada infraestructura vial. Entre las amenazas analizadas se consideraron la hidrometeorológica, la volcánica y la sísmica. En términos de infraestructura, se estudiaron puentes, plataformas de caminos, túneles y terraplenes. La segunda etapa corresponde a la aplicación a escala real de un sistema de gestión de riesgos para la red vial nacional. Un ejemplo: para la amenaza sísmica se está usando la técnica de Montecarlo. Mediante la modelación estocástica de eventos sísmicos y sus efectos en la infraestructura, es posible establecer el aumento de tiempo de viaje y costos asociados. La plataforma también permite identificar rutas críticas en la red vial ante distintas amenazas.

2

Riesgo tsunami y resiliencia en Boca Sur, San Pedro de la Paz

El estudio evaluó el riesgo de inundación por tsunami en la localidad de Boca Sur, comuna de San Pedro de La Paz, Región del Biobío.

Se consideró un escenario extremo de tsunami generado por un sismo de magnitud 9. La inundación se obtuvo mediante modelación numérica, mientras que el análisis de vulnerabilidad consideró las dimensiones físicas, socioeconómica y organizacional, con datos obtenidos a través del Instituto Nacional de Estadísticas (INE), a nivel de manzana censal, y de encuestas a la población.

Se determinó que el primer tren de ondas llegaría a la costa luego de 22 minutos de ocurrido el terremoto, alcanzando los 5 metros sobre el nivel del mar y alturas de flujo de hasta 2 metros.

El 28% de la localidad presentó riesgo alto o medio, situación que se explica por un factor de localización geográfica, donde una extensa planicie de playa ha sido urbanizada de manera creciente, generando una importante exposición de vidas humanas y de infraestructura crítica al riesgo de tsunami.

Los factores de vulnerabilidad que explican el riesgo se asociaron a una alta precariedad de la vivienda, un bajo nivel de bienestar social y de ingreso, una alta densidad poblacional y un bajo nivel de organización comunitaria frente a mecanismos de evacuación. Esta condición genera una fuerte necesidad de incorporar elementos aplicables a la planificación para la resiliencia de la costa como vía para reducir el impacto potencial de los desastres.





Caracterización de los impactos

Los eventos naturales generan perturbaciones en redes críticas de infraestructura y sistemas complejos, causando impactos sociales y económicos de magnitud. La línea 5 se ha abocado a comprender y caracterizar estas consecuencias, para que sean incorporadas en el diseño de estrategias de mitigación. Por ejemplo, la elaboración del perfil sociodemográfico de aquellas personas que están mejor (o peor) preparadas para un evento extremo en un entorno de múltiples amenazas. O bien, en colaboración con L6 y L4, el análisis de la vulnerabilidad social, comprendiendo su variación temporal y espacial a partir de datos del censo nacional e información de encuestas de caracterización socioeconómica.

Otro desafío abordado, en colaboración con L3, es la caracterización de los impactos socioeconómicos de la interrupción de sistemas de infraestructura crítica. Destaca el trabajo desarrollado en cuantificar y mitigar el riesgo de eventos naturales en la red vial nacional considerando efectos de amenazas sísmicas, hidrometeorológicas y volcánicas (caracterización de amenazas realizada en colaboración con L1 y L3).

Para lograr esta caracterización, primero se realizó la modelación de amenazas naturales, fragilidades de distintos activos viales, evaluación del desempeño de la red y asignación de estrategias de mitigación considerando los impactos a usuarios y costos asociados. Asimismo, se plantea el desafío de considerar el rol de accesibilidad a otras infraestructuras críticas y la vulnerabilidad de la población rural expuesta. Con esto se desarrolló una plataforma para la gestión del riesgo de redes viales interurbanas, destinada a incrementar la resiliencia de estas frente a amenazas naturales y así disminuir impactos operacionales, físicos, económicos y sociales.

De igual manera, en colaboración con la Superintendencia de Servicios Sanitarios y las línea de investigación L3 y L2, se está desarrollando una metodología de evaluación del riesgo de producción de sistemas de agua potable expuestos a diversas amenazas naturales, a partir de la cual se podrá evaluar medidas de mitigación que permitan reducir los impactos socioeconómicos por interrupciones del servicio. Finalmente, se ha comenzado a desarrollar un modelo que hará posible estimar potenciales impactos económicos causados por la interrupción de redes críticas. Con estos modelos se podrá evaluar pérdidas, la necesidad de seguros y la incorporación de la resiliencia en el análisis costo-beneficio de proyectos de infraestructura. Un modelo que servirá de guía para la generación de políticas públicas.

Alondra Chamorro

Investigadora principal y académica de Ingeniería de la Pontificia Universidad Católica de Chile.

L6. Gobernanza ciudadana

El trabajo con las comunidades costeras

Esta línea de investigación desarrolló una labor con los habitantes y organizaciones comunitarias de Cartagena que servirá para generar un modelo de gestión de riesgo que incorpora sus experiencias y conocimiento. Fruto de este trabajo, se comienza a influir en los planes reguladores comunales y se está planteando una nueva Ley de Costas.

La zona costera a lo largo de Chile ha experimentado importantes transformaciones durante los últimos años. No se trata solo del cambio climático o de fenómenos como las marejadas, que se hacen cada vez más frecuentes. También, por el uso no sustentable del borde costero a través de

proyectos que intervienen campos dunares o humedales. Como resultado, estudios de CIGIDEN señalan que desde 2015 se está acelerando dramáticamente el proceso erosivo en las playas del litoral central de Chile.

Bien saben de este fenómeno los habitantes de Cartagena, en la provincia de San Antonio, donde el oleaje extremo que amenaza los ya

deteriorados ecosistemas de la zona ha llevado a la comunidad a organizarse en movimientos ciudadanos para levantar causas como la limpieza de playas o defender su humedal, rico en biodiversidad y de especial importancia para actividades como la educación y el turismo de intereses especiales.

Fue precisamente con estas comunidades costeras con las que inicia su trabajo esta línea de investigación de CIGIDEN, tendiente a generar un modelo de gestión de riesgo validado por la comunidad a través de su participación. No solo han contribuido a recopilar importante evidencia sobre los problemas que afectan a las poblaciones que habitan en la costa por la degradación de su entorno, hoy también se organizan activamente para participar en los planes reguladores de su comuna y fueron parte de la delegación que asistió en representación de Chile a la COP25.

Carolina Martínez, investigadora principal de CIGIDEN que encabeza el trabajo de la Línea 6, cuenta que estas comunidades se encontraban con problemas en su entorno, que abarcaban desde la contaminación de los humedales hasta rutas de evacuación que -en caso de tsunami- presentaban una serie de obstáculos. “Fruto del trabajo con las comunidades, se genera un modelo de gestión de riesgo que incorpora sus experiencias, a la vez que les entrega herramientas para participar en la gobernanza ciudadana”, explica.

Parte de estas experiencias fueron compartidas en la cumbre del clima COP25, realizada en 2019 en Madrid, España. Un grupo de científicos de CIGIDEN, entre los que se encontraba Carolina Martínez y su director, Rodrigo Cienfuegos, llegó junto al Comité Ambiental de Algarrobo para participar de un panel que abordó cómo enfrentar un desarrollo sostenible de la costa, incorporando aspectos ecosistémicos, de conservación, de reducción del riesgo de desastres y, por cierto, resiliencia.

En estas reuniones internacionales también estuvo presente el Observatorio de la Costa, en el que participa CIGIDEN. Esta instancia fue creada en 2019 con el apoyo de investiga-



“Se necesita proteger aquellos lugares que entregan servicios ecosistémicos clave, como los humedales o campos dunares, y que generalmente quedan fuera de la definición legal del borde costero. La planificación territorial debe hacerse considerando esas variables”.

Carolina Martínez.

dores del centro, como una plataforma para articular a la academia con instituciones y organizaciones sociales en relación al ordenamiento de la zona costera, sus problemáticas, desafíos y oportunidades, poniendo a disposición estudios e investigación científica que contribuyan a fortalecer la agenda pública y la toma de decisiones respecto de la gobernanza y sus políticas públicas. Esto incluye planificación y ordenamiento territorial, la gestión y conservación de la zona costera.

HACIA UNA LEY DE COSTAS

Carolina Martínez, quien también es miembro del Observatorio de la Costa, dice que uno de los primeros pasos para avanzar hacia la protección efectiva de la costa es cambiar el concepto de borde costero por el de zona costera. “Se necesita abarcar aquellos ecosistemas que entregan servicios ecosistémicos clave, como los humedales o campos dunares, y que generalmente quedan fuera de la definición legal del borde costero; por lo tanto, la planificación territorial debe hacerse considerando todas esas variables”, explica.

Consideraciones como esta son recogidas en la propuesta de Ley de Costas, trabajo que también ha sido liderado por esta línea de investigación. Con más de 25 años, la norma vigente no guarda relación con la situación existente en nuestras costas, especialmente, los fenómenos naturales producidos por la intervención antrópica y el cambio climático. Toda la experiencia de la línea de investigación les ha permitido desarrollar una propuesta, que ha sido planteada a través del *policy paper* “Hacia una Ley de Costas en Chile: criterios y desafíos en un contexto de cambio climático” (2019).

Este documento incorpora los efectos del calentamiento global, los cambios en el nivel de los océanos, marejadas, tsunamis, la progresiva apropiación privada del litoral y la desmercantilización de los recursos naturales, entregando una visión de futuro sostenible al potenciar las miradas que entienden que su riqueza está en su protección y en el

acceso democrático a ellos.

“Se trabaja en una Ley de Costas vinculante a partir del sentir ciudadano, y es así como proponemos nueve enfoques y principios de cara al siglo XXI. La evidencia que justifica esta necesidad es inequívoca, tenemos graves problemas, como el crecimiento urbano desmedido, muchas veces con entornos construidos sobre ecosistemas frágiles, que proveen importantes servicios ecosistémicos: agua potable, protección contra la erosión, etc.”, afirma Carolina Martínez.

Entre la evidencia recopilada por investigadores de CIGIDEN que da cuenta de la situación, se registra que el 80% de las playas de Chile presenta erosión alta, al punto que ya comienza a afectar a grandes condominios ubicados en la costa: se han detectado problemas como socavación en las bases de algunas de estas estructuras, poniendo en riesgo la seguridad de centenares de personas. Lo mismo ocurre con el riesgo de tsunami. Todavía existe una importante cantidad de gente que reside bajo la cota de 20 metros, considerada el límite de habitabilidad para impedir que nuevos eventos de este tipo amenacen a la población.

TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA

No es todo, porque -a partir de los resultados obtenidos por otras líneas de investigación de CIGIDEN- el grupo liderado por Martínez está abocado a un importante desarrollo tecnológico, a través de una aplicación que permitirá visualizar mapas de riesgos y distintos tipos de investigaciones. Una de las aplicaciones más interesantes, relata la investigadora, es poder contar con un visor territorial que pueda mostrar las vías de evacuación, de manera tal que cualquier persona pueda tomar su teléfono celular, abrir la App y saber si se encuentra o no en una zona segura. “El mapa les dirá por dónde evacuar. Va a impactar en la gestión de riesgo, ya que las personas se van a familiarizar con zonas de inundación, aumentando la resiliencia social. Será una plataforma técnico-científica que estará

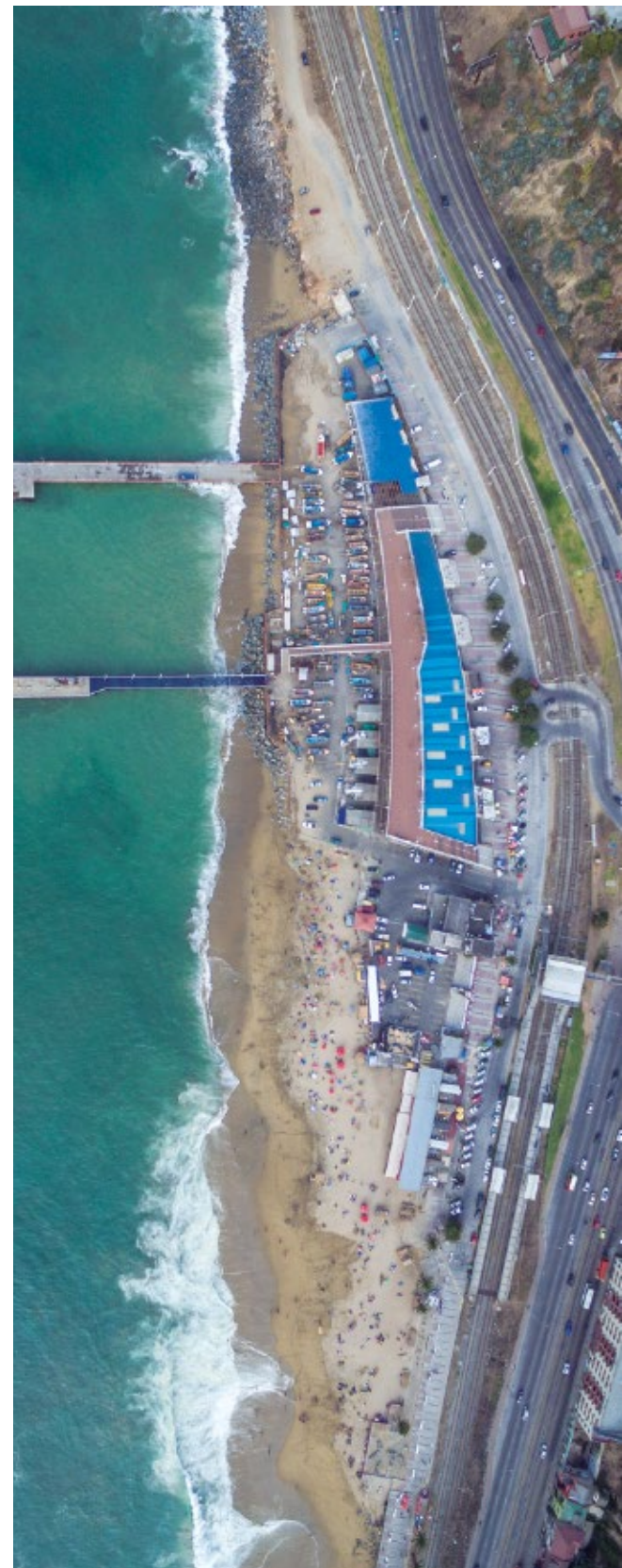
80

por ciento de las playas de Chile presenta erosión alta, al punto que ya comienza a afectar a grandes condominios ubicados en la costa: se han detectado problemas como socavación en las bases de algunas de estas estructuras.

Un desarrollo tecnológico importante, en el cual está trabajando esta línea, es un visor territorial que muestre las vías de evacuación. Así, con solo abrir la App en el celular, cualquier persona sabrá si está en una zona segura.

disponible para comunidades y tomadores de decisión”.

Vinculado a esta iniciativa, el grupo recopila información detallada acerca de los elementos urbanos que están expuestos bajo la cota 30, lo que los deja vulnerables a fenómenos como tsunamis y marejadas. Este trabajo permitirá profundizar en los estudios acerca de vulnerabilidad, riesgo y resiliencia.



PROYECTOS DESTACADOS

1

Ley de Costas para Chile

PROYECTO: Publicación de estudio de CIGIDEN, que advierte que la costa chilena requiere de urgente protección y que la actual normativa es insuficiente.

OBJETIVO: Releva la urgencia de la elaboración de una Ley de Costas en Chile, que permita actualizar la actual normativa de protección, que cumple 25 años, y que le otorgue a la “zona costera” y no solo al “borde costero”, una figura de protección. Es decir, que la protección incluya ecosistemas únicos para la preservación de la costa y la mitigación de amenazas naturales, como humedales y dunas.

DIAGNÓSTICO: Desde 2015, el proceso erosivo en las playas del litoral de Chile central se ha acelerado. Estudios revelan que el aumento de erosión se observa en playas desde la Región de Coquimbo a la Región del Biobío. El resultado: los ecosistemas costeros que incluyen costa, campos dunares y humedales, entre otros,

se encuentran en una preocupante fragilidad. Se suma el estrés de las marejadas y otros fenómenos asociados al clima, que repercuten en los procesos adaptativos de los organismos que habitan la costa y que nos hace más vulnerables a la acción de eventos extremos, como los tsunamis. Estos tendrán mayor capacidad de destrucción, aumentando el daño en infraestructura y en víctimas fatales.

RESULTADOS: El informe propone ampliar la actual figura de protección, que incluye 200 metros desde la línea de marea, y que deja indefensos a humedales costeros y campos dunares. Además, se entrega un diagnóstico sobre la protección actual de la costa e insta a trabajar en una gestión integrada desde los municipios involucrados. Para ello, postulan una Ley de Costas que permita contar con instrumentos de planificación territorial a nivel local.

2

Riesgos en costas por cambio climático

PROYECTO: Estudio para determinación del riesgo de los impactos del cambio climático en las costas de Chile.

OBJETIVO: Generar proyecciones de amenaza, exposición y vulnerabilidad por riesgos de origen natural o por acción humana de las zonas costeras de 104 comunas de Chile continental, además de Rapa Nui y el archipiélago Juan Fernández.

DIAGNÓSTICO: En Chile los impactos asociados a los efectos agudos y crónicos del cambio climático son cada vez más evidentes. El análisis de clima extremo demuestra que en todo el país se ha registrado un aumento en la cantidad de marejadas de 0.1 a 0.3 eventos más por año, dependiendo de la latitud. Los eventos extremos, no obstante, serán más frecuentes e intensos, sobre todo en la zona central de Chile, lo que seguramente aumentará los daños en la infraestructura costera.

RESULTADOS: El estudio reveló que en Chile existen alrededor de 19.000 asentamientos costeros, infraestructura, equipamiento y sistemas naturales expuestos en los primeros 10 metros sobre el nivel del mar, que podrían ser afectados por el incremento del nivel del mar y el aumento de la intensidad de las marejadas. Estima que para el año 2045, 589 manzanas censales, 46.357 personas y 18.338 viviendas estarían ubicadas en zonas de inundación. Lo mismo ocurriría con infraestructura crítica relativa a 17 puentes, 4.245 puntos de la red vial, ocho centros de distribución de energía por hidrocarburos, una central termoeléctrica, dos subestaciones y 53 elementos de infraestructura sanitaria.

Además, abordó la vulnerabilidad de 35 playas, de las cuales 28 presentan erosión y erosión alta. Mientras que, en los 1.692 humedales costeros estudiados, existe una tendencia a la reducción del área de los espejos de agua (18 de 21 casos analizados), que podría explicarse por la reducción de los caudales (100% de 30 ríos analizados).

3

Proyecto GÜEMIL

PROYECTO: De la Escuela de Diseño de la Universidad Católica y CIGIDEN, este proyecto está generando pictogramas o iconografía de acceso abierto, para representar situaciones de riesgo y emergencia.

OBJETIVOS: Güemil participa en la red internacional Diseño para la Gestión de Emergencias (DNEM), que busca la estandarización de protocolos, símbolos, pictogramas e íconos de la emergencia en múltiples soportes, para su uso como mensajes visuales, en todo el mundo.

DIAGNÓSTICO: El diseño de estrategias para gestionar la emergencia es un proceso interdisciplinario complejo. En este contexto, nace hace tres años Diseño para la Gestión de Emergencias (DNEM), una red internacional dirigida por expertos, cuya visión es garantizar que las ideas y principios del diseño se aprovechen en su máximo potencial antes, durante y después de las emergencias. Esto, con el objetivo de minimizar los impactos de los eventos adversos.

RESULTADOS: Güemil está diseñando íconos que sean fácilmente reconocibles por la gente, reproducibles y replicables en diferentes formatos, para señalética, aplicaciones digitales o imprimibles. La idea es que sean simples, versátiles y significativas para las personas. El proyecto ya ha creado más de 80 íconos para diversas emergencias, como terremotos, tsunamis, erupciones volcánicas o aluviones, los que han testeado en todo el mundo con usuarios reales, recibiendo más de 1.800 preguntas de 130 países. Cada testeo incluye alrededor de 200 o 300 evaluaciones por ícono, lo que les permite saber si estos se asocian al significado esperado.





En 2020, CIGIDEN publicó su segundo policy paper sobre la necesidad de una ley de costas en Chile, que cambie la definición de borde costero. El documento también expone los argumentos críticos al proyecto de Ley de Administración de Borde Costero y Conseciones Marítimas.



Fortaleciendo la gobernanza ciudadana

La gobernanza ciudadana promueve nuevas formas de gobernar los territorios a partir de espacios de colaboración, diálogo, coordinación y toma de decisiones entre diferentes actores, respecto de asuntos de interés público y con el fin último de generar políticas públicas que atiendan a la complejidad y a la coproducción de los territorios desde una perspectiva democrática.

En este contexto, el trabajo de la L6 articula conceptos centrales, como la comunicación, la información y la educación. Entendemos que la diversidad geográfica y social, que caracteriza a los territorios, en lugar de ser homogeneizada, debe ser puesta en valor y en conversación con el conocimiento que se genera desde la academia, para establecer relaciones colaborativas en la construcción del conocimiento. Hemos focalizado el trabajo en tres ejes: la comunidad educativa, la sociedad civil organizada y los tomadores de decisión. Para el primero, se consideró el conjunto “profesor, escuela y currículo escolar”, con áreas piloto en el litoral central, a través de los proyectos CarEd y GÜEMIL. También se diseñaron módulos educativos para ser integrados al plan de estudios escolar. Este portafolio es consultable por el público, incluidos aquellos que ya han sido adoptados por instituciones como ONEMI. La investigación continuada del proyecto GÜEMIL, una iniciativa abierta de íconos orientada a representar situaciones de riesgo y emergencias, se ha reflejado en diversas actividades en todo el país, la publicación de un libro y un *policy paper*.

En el ámbito de la sociedad civil organizada, se desarrolló la plataforma GeoHub litoral, que integra herramientas de captura, catalogación y visualización de datos geoespaciales, y sirve de puente entre la comunidad y los diferentes actores locales involucrados en la toma de decisiones. El GeoHub litoral se ha integrado, además, a la plataforma de transferencia técnico-científica Observatorio de la Costa y sus núcleos territoriales distribuidos a lo largo del país, transfiriendo conocimiento y fortaleciendo la relación ciencia-ciudadanía. En el eje de los tomadores de decisión, el trabajo se ha focalizado en el ámbito de las políticas públicas y la planificación territorial relacionada con la reducción del riesgo, influyendo en la agenda pública y parlamentaria, a través de distintos *policy papers* referidos a nueva gobernanza costera.

Carolina Martínez

Investigadora principal de CIGIDEN y académica de Geografía de la Pontificia Universidad Católica de Chile.

CAPÍTULO 4

Transitar desde una estrategia centrada en el estudio de la amenaza y la emergencia hacia la gestión del riesgo y la resiliencia, incorporando -además- una gobernanza que se sustente en la evidencia científica y en el conocimiento de las comunidades locales sobre su territorio.

*Este es uno de los grandes desafíos de CIGIDEN: que el conocimiento generado permee las políticas públicas. En estos 10 años, ha publicado una serie de *policy papers* y otros documentos que recogen sus investigaciones y entregan directrices para una gestión del riesgo enfocada en la adaptación, mitigación y resiliencia.*

CIGIDEN en las políticas públicas

Hace una década, el Centro de Investigación para la Gestión Integrada del Riesgo de Desastres se propuso la ambiciosa tarea de contribuir, a través de la investigación científica, a disminuir el déficit estructural que existía en Chile para enfrentar las catástrofes de origen natural. El conocimiento generado se ha traducido en herramientas concretas, con el potencial de salvar miles de vidas, como los sistemas de alerta temprana. O el análisis prospectivo de escenarios multiamenazas, que describen el antes, durante y después de terremotos, aluviones, inundaciones, erupciones volcánicas y tsunamis, anticipando así los potenciales impactos de estas amenazas sobre las personas, la infraestructura crítica, los costos directos e indirectos y los tiempos de recuperación de servicios básicos afectados. Este tipo de análisis es fundamental para diseñar estrategias y adoptar medidas para controlar o reducir el riesgo de desastres ante la eventualidad de su ocurrencia.

Un objetivo esencial para CIGIDEN es que este conocimiento, que surge de un exhaustivo trabajo interdisciplinario y de contacto con las comunidades, permee también las políticas públicas. Chile tiene una larga historia de desastres y cada episodio que ha remecido a nuestro país ha permitido ir mejorando la institucionalidad para enfrentar los desastres, aunque hasta el 2010 persistía el foco en la respuesta y la emergencia. Luego del 27/F, el trabajo legislativo sumado a las mejoras tecnológicas y un mejor conocimiento y herramientas derivado del trabajo de investigación, ha permitido ir cambiando el paradigma hacia la gestión del riesgo, que debe también conectarse con los desafíos de adaptación al cambio climático.

Durante las últimas dos décadas, los desastres de origen natural en el mundo prácticamente se duplicaron. Entre 2000 y 2019, se registraron 7.348 episodios de este tipo, incluidos terremotos, tsunamis, erupciones volcánicas, aluviones, huracanes. Son 3

mil eventos más que entre 1980 y 1990 (4.200), que costaron la vida de 1,23 millones de personas, afectaron a otras 4,3 millones y dejaron pérdidas económicas del orden de los 4 trillones de dólares. El 91% de los desastres reportados por Naciones Unidas está relacionados con el clima.

En este escenario, la gobernanza del riesgo es clave y el Estado debe crear las condiciones para que el objetivo de un país resiliente y menos vulnerable sea compartido por todos: desde los tomadores de decisiones, el mundo científico, el sector productivo, hasta las comunidades locales, que son las que mejor conocen las particularidades de su territorio. En estos 10 años, CIGIDEN ha aportado con una serie de *policy papers* y otras publicaciones, que recogen sus investigaciones y entregan pautas para mitigar el impacto de un desastre de origen natural. Como en la nueva Ley de Costas, debate en el que CIGIDEN ha participado activamente, con un análisis crítico y propuestas concretas.

1.

Ley de Costas y concesiones marítimas

El policy paper “¿Por qué Chile necesita una Ley de Costas? Hacia una nueva gobernanza de la costa para el Siglo XXI”, realiza un análisis crítico del proyecto de ley presentado por el gobierno de Sebastián Piñera y entrega una propuesta con los énfasis más importantes para una futura Ley de Costas, que no fueron recogidos por el Ejecutivo:

a) Adoptar el concepto de “zona costera” en reemplazo de la noción restringida de “borde costero” que sigue primando en el proyecto del gobierno, opuesta al conocimiento científico;

b) Incorporar el componente de cambio climático, de modo de orientar medidas adaptativas para la protección de los ecosistemas y las vidas humanas.

c) Fortalecer la importancia -mínima en el proyecto- de la planificación y ordenamiento costero, sumando directrices para la gestión y una metodología de zonificación para el manejo integrado de áreas litorales;

d) Someter el proyecto a consulta indígena, considerando que representan actores relevantes en las disputas por el uso de la zona marino-costera como ocupantes ancestrales de la misma;

e) Priorizar la conservación y protección, definiendo el tipo de funciones y servicios ecosistémicos, y en qué espacios del territorio marítimo-costero es posible soportar concesiones. El proyecto del Ejecutivo, en cambio, está orientado a dinamizar la entrega o renovación de derechos de aprovechamiento. Más aún, 50 de los 68 artículos de la iniciativa legal consolidan un régimen de concesiones que fortalece el derecho del titular sobre su concesión marítima, garantizando atributos propios de la propiedad privada en desmedro del carácter inherentemente público del litoral y debilitando la potestad del Estado. Tanto así, que las concesiones podrán ser transferidas o arrendadas, heredadas e, incluso, hipotecadas, sin necesidad de autorización estatal previa y oponible a terceras personas.



2.

Ley de Costas y borde costero

La promulgación, en 1994, de la Política Nacional de Uso del Borde Costero (PNUBC) fue el paso más importante para el inicio de una gestión del litoral. Pero, a más de 25 años de ese hito, debe ser actualizada para enfrentar el cambio climático. En un segundo *policy paper*, “Hacia una ley de costas en Chile: criterios y desafíos en un contexto de cambio climático”, los investigadores de CIGIDEN explican por qué el concepto de “borde costero” resulta insostenible frente a las actuales necesidades de planificación territorial; y muestran la evidencia científica que justifica ampliarlo a “zona costera”.

La actual PNUBC, que permanece en el proyecto presentado por el Ejecutivo, entiende “borde costero” como terrenos de playa fiscales ubicados en una franja de 80 metros de ancho, desde la línea de la más alta marea, bahías, golfos, estrecho y canales interiores, y el mar territorial de la república. Esta definición ha conducido a graves problemas de conservación de la costa chilena y explica su alta exposición a desastres de origen natural.

La ciencia señala que costa es “aquel espacio en el cual los ambientes terrestres influyen los ambientes marinos y viceversa”, lo que evidencia la complejidad inherente al concepto, porque en su formación interviene una gran variedad de factores (tectónicos, hidrodinámicos, geomorfológicos) que actúan en diferentes escalas de tiempo. Las costas chilenas son de edad geológica reciente y se relacionan con el último cambio climático global, hace unos 6.000 años (Holoceno medio).

Por lo tanto, frente al aumento de la temperatura global, se debe abandonar la noción de línea de playa e incorporar el concepto de línea de costa, es decir, el punto en el cual el mar estuvo posicionado en el Holoceno, durante el último cambio climático. Este enfoque significa la inclusión de todos los ecosistemas costeros frágiles que actualmente no cuentan con protección legal y que deben ser conservados para elevar la resiliencia ante desastres.

3.

Manejo de riesgo en campamentos

Según cifras del Ministerio de Vivienda y Urbanismo (2019), en Chile hay 805 campamentos, que dan refugio a 46.423 familias. En algunas regiones la situación es crítica, como en Antofagasta, donde el número de campamentos aumentó en 443% entre 2011 y 2018. El problema: casi la mitad de estos hogares están expuestos a algún tipo de amenaza, especialmente incendio forestal e inundación. Esto, sólo si se considera la información sobre zonas de riesgos comprendidas en los planes reguladores comunales y metropolitanos.

Por lo tanto, se ha vuelto crucial que estos asentamientos cuenten con una Gestión del Riesgo de Desastres, tarea a la que se avocó CIGIDEN con el fin de revertir el escenario actual, en que las emergencias precarizan aún más las condiciones de vida de sus habitantes y aumentan su vulnerabilidad ante futuros eventos. Lo primero fue identificar los desafíos y falencias del actual sistema: no hace partícipe a las personas afectadas en la búsqueda de una solución transitoria ni definitiva; tampoco considera las capacidades instaladas dentro de la comunidad. Y tanto la emergencia como el desalojo, en muchos casos, significan la interrupción de la vida en comunidad y la desarticulación de redes familiares y sociales.

En el documento “Modelo de gestión del riesgo de desastres en campamentos”, CIGIDEN propone cuatro fases para la gestión del riesgo: prevención/mitigación, preparación, alerta y respuesta. Y entrega directrices para su puesta en marcha: establecer canales de comunicación para el trabajo en red con los actores en todos los niveles; definir la participación de los actores en cada fase; concentrar esfuerzos en las etapas de prevención/mitigación y preparación; potenciar las capacidades de autogestión; facilitar la participación de la comunidad en la fase de respuesta, sobre todo en casos de reconstrucción y relocalización; incorporar la diversidad étnica y cultural.



4.

Evacuación vertical

Actualmente, nueve ciudades tienen más del 10% de su población expuestas a tsunamis. Una de estas es Viña del Mar (10,5%), lugar que CIGIDEN escogió para analizar las estrategias de evacuación ante terremotos y tsunamis en el borde costero. Esto, considerando que un escenario extremo, del cual se tienen más datos geológicos e históricos, es el gran sismo de Valparaíso de 1730, con una magnitud estimada de entre 9,1 y 9,3. Se trata del último megaterremoto de subducción ocurrido en la zona central y esta laguna sísmica, de casi 300 años, podría tener suficiente energía acumulada para generar ahí otro terremoto tsunamigénico.

Con estos antecedentes, CIGIDEN desarrolló un modelo de evacuación peatonal para el área de la Población Vergara en Viña del Mar, que fue cruzado con los tiempos de arribo de un tsunami similar al de 1730. El modelo recrea en detalle el proceso de inundación y evacuación, incluyendo las características de los individuos, las rutas de escape y el tiempo de inicio. Para una primera simulación se usó el protocolo de ONEMI, que designa 15 puntos de encuentro a más de 30 metros sobre el nivel del mar y 19 rutas, algunas con recorridos de más de 2,5 km. La segunda fue contrastar las mismas condiciones con la estrategia de evacuación vertical, tras revisar la experiencia internacional y el impacto de tsunamis recientes en edificios diseñados bajo la norma chilena.

La comparación muestra que la posible tasa de fallecidos baja a 0%, con toda la población en zona segura a 20 minutos de ocurrido el terremoto. Los resultados hacen evidente la necesidad de desarrollar un modelo de evacuación vertical, que identifique edificios seguros y/o genere infraestructura apropiada, para reducir el impacto de estos eventos. El detalle de la investigación y recomendaciones concretas se encuentran en el policy paper “Evacuación vertical como medida de mitigación del riesgo de tsunamis en Chile.

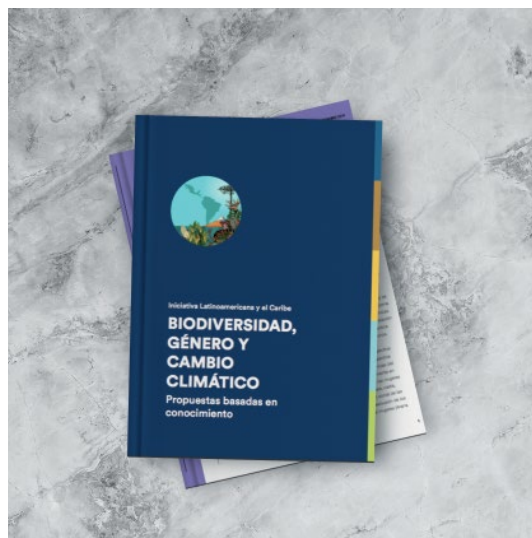
5.

Cambio climático y género

El 80% de los refugiados climáticos son mujeres. Pero el 80% de quienes toman las decisiones para enfrentar este problema global no lo son. Recién en 2001, los foros internacionales incorporaron la perspectiva de género, reconociendo la necesidad de que las políticas públicas de adaptación y mitigación consideraran las diferentes necesidades que tienen hombres y mujeres frente al cambio climático. La razón: ellas encabezan los hogares más vulnerables y, por ende, más expuestos a sus consecuencias.

CIGIDEN formó parte del *policy paper* regional “Iniciativa Latinoamericana y del Caribe: biodiversidad, género y cambio climático”, junto a otras 20 instituciones académicas, centros de investigación y organizaciones interdisciplinarias. El documento reúne visiones y experiencias sobre proyectos de adaptación al cambio climático donde el papel femenino ha sido crucial. En el documento “Desastres y resiliencia con enfoque de género”, además, CIGIDEN describe cómo los riesgos se distribuyen desigualmente y son las mujeres quienes, por estructuras socioculturales, institucionales y económicas, tienden a ser más afectadas. Porque la perspectiva de género en la Reducción del Riesgo de Desastres (RRD) no se limita a efectos diferenciados; también, a diseñar programas que tomen en cuenta e integren las formas de acción que ponen en marcha las mujeres en sus territorios.

Los investigadores proponen acciones concretas, como incluir consideraciones de género en todas las fases del ciclo de desastre, que las políticas y programas de RRD contengan acciones y objetivos de contención, cuidado y reparación emocional; garantizar paridad de género en los espacios institucionales de RRD a nivel municipal, regional y nacional para asegurar perspectivas género-sensibles. También confeccionar mapas de riesgo y exposición a nivel local, que identifiquen las brechas de género y de acceso a los servicios ecosistémicos.



6.

Escenario sísmico para Iquique

En un escenario sísmico se simula el efecto potencial que tendría un terremoto en un lugar específico. Se estima el movimiento del suelo y su impacto en las edificaciones, servicios vitales (agua, electricidad), infraestructura crítica (hospitales, colegios, etc.), sistemas de comunicaciones y de transporte. Además, se simula la generación de un tsunami y sus posibles consecuencias, convirtiéndose en una herramienta de planificación esencial para minimizar los efectos de un evento extremo. Este fue el trabajo multidisciplinario que, combinando los aportes de sus distintas líneas de investigación, realizó CIGIDEN en Iquique.

En esta zona existe una de las lagunas sísmicas más grandes del Pacífico y no ha experimentado un terremoto de magnitud mayor a 8,5 desde 1868. En consecuencia, la energía sísmica acumulada podría generar un terremoto de magnitud 8,9, con una duración potencial de 200 segundos. Para elaborar el escenario sísmico de Iquique se utilizaron modelos computacionales que se alimentaron con la información geofísica y un extenso conjunto de datos públicos, a escala nacional y local, de modo de construir un inventario del entorno físico y social expuesto a la amenaza, aspecto clave en una simulación realista.

El documento fue entregado a las autoridades y contiene valiosa información para diseñar estrategias de mitigación en la zona. Por ejemplo, la estimación de la cantidad de lesionados de distinta gravedad que podrían registrarse, considerando las características de las personas y de su entorno; los tiempos de evacuación en cada sector de la ciudad, diferenciado para el día o la noche, y en un escenario optimista y otro pesimista; las áreas de inundación y tiempos de arribo de las ondas y su velocidad; el daño a la infraestructura, detallado según su clasificación de residencial, comercial, escuelas, centros de salud, etc.; y, por supuesto, una estimación del impacto económico y social.

7.

Sistema de alerta de tsunami

El riesgo de maremotos y su impacto en las comunidades costeras es un foco de atención permanente en las investigaciones de CIGIDEN. Tras el terremoto y tsunami que afectaron la costa chilena en febrero de 2010, el equipo de la Línea 2, Amenazas por procesos de agua superficial, inició la tarea de actualizar y profundizar el conocimiento, las metodologías y los procedimientos utilizados para la caracterización del peligro asociado a tsunamis, con el objeto de proporcionar herramientas con fundamento científico y técnico.

Este trabajo dio origen al documento “Guía para la Estimación de Peligro de Tsunami”, en el cual los expertos entregan la información científica necesaria para dimensionar y evaluar los riesgos de un evento de este tipo, con foco en la ciudadanía.

Luego, en 2016, debutó el Sistema Integrado de Predicción y Alarma de Tsunamis (SIPAT), que trabaja sobre la base de escenarios precalculados, permitiendo una evaluación rápida y detallada de los tiempos y zonas de inundación por tsunami, una vez producido un sismo, discriminando entre cuatro niveles de peligro y proporcionando una respuesta acorde al riesgo, a lo largo de Chile continental, insular y antártico.

Este sistema incorpora la experiencia internacional y los conocimientos generados a partir del estudio de los tsunamis registrados tras los terremotos del Maule (2010), Iquique (2014) y Coquimbo (2015). Su eficacia quedó demostrada ese mismo año, tras el terremoto de Chiloé, cuando se realizó una evacuación parcializada de la población expuesta, de acuerdo a los datos que entregaba el sistema.

En una tercera etapa, los investigadores de CIGIDEN trabajan para lograr la modelación del riesgo en tiempos cercanos al real, dejando de lado los escenarios precalculados. En el proyecto participan también expertos del SHOA y de la Oficina Nacional de Emergencia del Ministerio del Interior.



8.

Manual de carreteras

La descripción oficial sobre el objetivo del Manual de Carreteras de la Dirección de Vialidad es: establecer políticas y uniformar procedimientos para cumplir su función de planificar, diseñar, construir, conservar y operar las carreteras y caminos que componen la red vial del país; junto con velar por la seguridad vial y protección ambiental. Pero ninguno de los nueve volúmenes que componen este documento aborda la gestión de riesgos de desastres. Una omisión no menor si se considera que los 85 mil kilómetros de infraestructura vial crítica de Chile suelen ser afectados por amenazas como terremotos, tsunamis, erupciones volcánicas o aluviones. Tras el 27/F, el Ministerio de Obras Públicas debió invertir \$118.200 millones en la reconstrucción de red vial.

En el documento “Análisis y recomendaciones para integrar la gestión de riesgos en el Manual de Carreteras de Chile”, los investigadores de CIGIDEN plantean la necesidad de reconocer las diferencias en materia de amenazas entre las macro regiones, de mejorar y/o desarrollar instrumentos técnicos y tecnológicos para el levantamiento de datos durante emergencias, y contar con protocolos y custodio de datos de emergencias. El trabajo incluyó una encuesta entre funcionarios de la División de Vialidad para evaluar, desde su perspectiva, la identificación de amenazas, la clasificación y reporte de daños, el tratamiento del riesgo. Por último, se realizaron talleres para analizar la manera de integrar la gestión de riesgos en el Manual de Carreteras.

El resultado: la recomendación política de crear un nuevo volumen que estructure la aplicación práctica de un Sistema de Gestión de Riesgos para proyectos viales; desarrollar manuales de inspección de daños posevento, diferenciar el tratamiento del riesgo según la zona del país (debido a su variabilidad climática y geográfica) y actualizar el Volumen N° 1, de manera que la GRD se integre a la filosofía del desarrollo y preservación del patrimonio vial.

9.

Cambio en normas de construcción

Alimentar las políticas públicas con evidencia científica, de modo que respondan a las necesidades de mitigación y resiliencia en un contexto de cambio climático, es una de las grandes tareas que se propuso CIGIDEN desde sus inicios. Y el análisis realizado después del 27/F, con la evaluación de los daños ocasionados por el movimiento sísmico en edificios y la identificación de las condiciones estructurales que los hicieron vulnerables, fue uno de los primeros grandes hitos en el cumplimiento de esta tarea.

Esto, porque la información recabada y validada científicamente fue clave en la promulgación de dos decretos supremos que fortalecieron la norma de construcción y diseño de estructuras en el proceso de actualización de la normativa sísmica NSH433, que será obligatoria. El primero (DS 60) fija nuevos requerimientos y exigencias para la construcción y diseño de estructuras de hormigón armado; mientras que el decreto supremo 61 incorpora una clasificación de suelos según la intensidad sísmica.

Incluir la caracterización de los suelos y del movimiento sísmico en las normativas de construcción es esencial para elevar la resiliencia de las ciudades. El análisis del suelo donde se construye es de máxima importancia, ya que su composición determina el comportamiento de las estructuras ante el movimiento sísmico.

Según reconoce el decreto supremo 61: “La experiencia empírica y la teoría indican que el mejor comportamiento sísmico se observa en terrenos de afloramiento rocoso y, por el contrario, el mayor daño se ha observado en terrenos de suelos finos blandos. Consecuentemente, la clasificación sísmica del terreno de fundación considera unidades, o niveles, que van desde el de mejor comportamiento al de mayor exigencia sísmica”.



10.

Aporte de CIGIDEN en trabajo de CREDEN

En 2016 se creó la Comisión para la Resiliencia ante Desastres de Origen Natural (CREDEN) con objetivo de proponer una agenda que permitiera generar el conocimiento y las condiciones necesarias para hacer frente a la amplia variedad de eventos naturales extremos, a través de una estrategia de Investigación, Desarrollo e Innovación (I+D+I).

CIGIDEN fue parte activa de esta comisión, con la participación de 12 investigadores entre los 60 profesionales provenientes de las ciencias, la política, la ingeniería, la tecnología, la innovación, la sociedad civil y las organizaciones gubernamentales. CREDEN trabajó en torno a cuatro metas: a) mejorar la resiliencia del país frente a los desastres naturales; b) transformar el problema en una ventaja innovadora sostenible, de base científica y tecnológica, al servicio del desarrollo del país; c) desarrollar herramientas costo-efectivas para la estimación de la respuesta y la evaluación del riesgo; d) mejorar la comprensión de los procesos físicos asociados a los desastres naturales y la exposición del entorno construido y las comunidades.

Para supervisar el cumplimiento de estas metas se armó una comisión que incluyó a cinco investigadores de CIGIDEN: Juan Carlos de la Llera, Rodrigo Cienfuegos, Roberto Moris, Gonzalo Bacigalupe y Nicolás Bronfman. Los mismos investigadores formaron parte, además, de cuatro subcomisiones que debieron desarrollar de cuatro a cinco tareas específicas que, en su conjunto, conformaron las acciones estratégicas de I+D+I presentadas. Cada subcomisión contó con dos líderes; tres de ellas, el cargo fue ocupado por investigadores CIGIDEN. Otros expertos CIGIDEN que participaron del trabajo de CREDEN son Paula Repetto, Margarita Quezada, Hernán Santa María, Patricio Catalán, Jorge Gironás, Felipe Rivera y Daniela González. El resultado fue el informe “Hacia Un Chile Resiliente frente a Desastres: una oportunidad”.

11.

Diseño de la información de emergencia

¿Todos entienden las señaléticas sobre riesgos naturales? ¿Las conocen? ¿Saben dónde evacuar a partir de ellas? Las emergencias en Chile son habituales y, por lo tanto, es crucial cómo se comunica a la ciudadanía la información sobre estos eventos, especialmente, cuando esta es visual.

Para ello, científicos y científicas de CIGIDEN realizaron un diagnóstico sobre cómo se diseña la comunicación de emergencia en Chile y encontraron una serie de falencias, lo que dio origen al documento: “Diseñar la información de emergencia: experiencias para gestionar el riesgo y educar la resiliencia”. El documento presenta una serie de propuestas para enfocar la Gestión del Riesgo de Desastres (GRD) desde una transmisión efectiva de información.

La publicación aborda, en especial, la comunicación de riesgo realizada a través de campañas o soportes, como la señalización, que muchas veces no está integrada en la comunidad.

Para eso, se dan a conocer dos casos (Proyecto Güemil y Municipalidad de Talcahuano) que permiten exponer buenas prácticas en el uso del diseño de información y muestran cómo se puede educar y preparar a la comunidad, facilitando experiencias resilientes a través de herramientas simples. Todo lo cual ayuda a promover una cultura preventiva en las personas.

A partir de estos casos de investigación, los expertos establecen recomendaciones que permitan avanzar hacia modelos de GRD participativos, que pongan a las personas en el centro, y enfocados en transferir la información a acciones. Estas recomendaciones son: entender cómo se socializa la información para la emergencia; relacionar la información con una gestión local del riesgo; y, medir si la información es entendible, accionable y adaptable.



12.

Participación ciudadana en la gestión de riesgo

En varios países de América Latina, como Colombia y México, existe una activa participación de su población en todo el proceso de construcción de la política pública asociada a la gestión del riesgo. ¿Qué pasa en Chile?

Según una investigación realizada por CIGIDEN, llamada “La participación ciudadana en las políticas de gestión del riesgo en América Latina: recomendaciones para el caso chileno”, nuestro país tiene mucho por avanzar en esta materia y, por eso, entregan una serie de recomendaciones para que la creación de este tipo de políticas incluya los diferentes conocimientos locales, a través de una participación activa de la sociedad civil.

Para ello, postulan los mecanismos y las herramientas con que cuenta el Estado de modo de asegurar la asistencia y el apoyo concreto de las personas en sus territorios.

Entre los mecanismos propuestos en el documento, destacan la obligatoriedad de institucionalizar la participación ciudadana a través de una normativa; el impulso de sistemas de gestión basados en los conocimientos locales y tradicionales de los pueblos originarios; y, espacios de participación vinculantes y representativos de la diversidad presente en el territorio nacional.

En el ámbito de las herramientas que tiene el Estado chileno para asegurar la asistencia ante los desastres de origen natural, el documento postula la necesidad de que exista un enfoque diferencial y multicultural para garantizar la representatividad; la aplicación de metodologías participativas que identifiquen y evalúen las amenazas y vulnerabilidades de las poblaciones y territorios; la utilización de lenguajes inclusivos y de una tecnología que favorezca la comunicación efectiva entre el Estado y los otros actores de la sociedad, entre otros.

13.

Narrativas sociales posdesastre

Un evento catastrófico impacta en las comunidades, generando secuelas de todo tipo, difíciles de borrar. Sin embargo, estos desastres de origen natural pueden convertirse en una oportunidad para avanzar hacia el desarrollo sustentable de esa localidad y para lograr mejorías en su calidad de vida; siempre y cuando, los planes de recuperación incorporen los significados y relaciones sociales de las personas que viven en las zona afectadas.

Conscientes de ese fenómeno es que expertos de CIGIDEN elaboraron el artículo “Reconstrucción Multidimensional: ¿Cómo incluir las narrativas sociales en la recuperación de sitios post-desastre?”.

El documento analiza cuatro casos en los que se relevan algunos problemas habituales a la hora de reconstruir, empleando políticas poco informadas socialmente. Al mismo tiempo, la publicación entrega recomendaciones para este tipo de gestiones.

Algunas de estas recomendaciones son:

1) Poner atención al ajuste contextual/territorial, validando la creación de un plan específico para cada territorio y para cada realidad en particular;

2) Plantear una reconstrucción participativa, en la que los planificadores y los tomadores de decisiones reconozcan a las comunidades afectadas como portadoras de información útil y necesaria, que puede aumentar la eficacia de los procesos de reconstrucción;

3) Fortalecer la organización civil, apoyando la existencia de una comunidad cohesionada, capaz de sobreponerse a una catástrofe;

4) El desarrollo de un proceso de acompañamiento psicosocial, en el que se apoye a las personas en la superación del trauma que supone enfrentar un desastre y se incentive la unión e integración de la comunidad, atendiendo así a las necesidades subjetivas de quienes se vieron afectados.



14.

Sistema de monitoreo y alerta temprana

Las amenazas naturales son múltiples y una realidad permanente en Chile; prevenirlas o estar preparados para enfrentarlas es importante para mitigar o evitar sus potenciales impactos. Un ejemplo son las amenazas de origen hidrometeorológico, en las que destacan las inundaciones y los aluviones, que son los fenómenos más destructivos asociados al exceso de agua.

Estos eventos pueden afectar a una cantidad considerable de personas y producir grandes pérdidas económicas, especialmente, en ciudades, dada que la expansión urbana ha ido invadiendo terrenos de cuencas y cauces naturales de los ríos.

Pese a ello, la gestión y normativa actual, relacionadas con el monitoreo y pronóstico de estas amenazas, no han logrado consolidar un sistema eficiente y quedan muchas debilidades que deben ser abordadas.

En el documento, los expertos muestran cómo el enfoque de gestión ha sido más bien reactivo, con acciones adoptadas durante la fase de emergencia (es decir, un enfoque de respuesta temprana). Por esto debe cambiarse a un enfoque de alerta temprana en el que, a partir de la información levantada por sistemas de monitoreo, en conjunto con un conocimiento acabado del territorio, se pronostique con la mayor certeza posible, tanto la ocurrencia como la magnitud y las áreas de afectación de aluviones e inundaciones.

Este cambio permitiría, dicen los expertos, anticipar muchas de las acciones propias de la gestión de emergencias y minimizar los impactos sobre las personas y la propiedad pública y privada.

En este documento, los investigadores y las investigadoras de CIGIDEN proponen lineamientos para mejorar la gestión del riesgo asociado a eventos de origen hidrometeorológico, con un foco en el monitoreo y en la alerta temprana. Se presenta una experiencia reciente desarrollada por CIGIDEN, relacionada con la incorporación de nuevas tecnologías en sistemas de monitoreo y sistemas de alerta temprana (SMAT).

15.

Gestión del riesgo y perspectiva de género

Las inequidades sociales hacen que los desastres de origen natural no afecten a todos los grupos de la población de la misma manera. La evidencia ha demostrado que la población femenina está en especial situación de riesgo ante estos eventos, debido a que su vulnerabilidad por género se potencia con factores, tales como raza, la etnicidad, la condición socioeconómica, la edad o la situación de discapacidad, entre otros.

Los científicos y científicas de CIGIDEN proponen en el documento “Gestión del Riesgo de Desastres desde una Perspectiva de Género Interseccional” que se incorpore en las políticas de Gestión del Riesgo de Desastres (GRD) de Chile una perspectiva de género interseccional, que asuma la compleja comprensión de las inequidades que experimenta este grupo de la población.

Esto implica, para las políticas de GRD, reconocer y atender de manera específica y diferenciada las características de los distintos grupos de la población y, en particular, asumir el género como una categoría heterogénea. El estudio muestra que el no reconocimiento de las inequidades existentes en la sociedad puede desembocar en una profundización de las mismas.

Por ello, los expertos y expertas de CIGIDEN proponen priorizar seis ámbitos, donde el actual proyecto de ley que crea el Sistema Nacional de Emergencia y Protección Civil en Chile incorpore esta perspectiva de género interseccional. Esto, a partir del análisis del proyecto y de las necesidades identificadas respecto del enfoque de género en situaciones de emergencia y desastres. El documento considera que esta instancia entrega una oportunidad única para transversalizar la perspectiva de género interseccional a toda política, plan y programa de GRD que se implemente en nuestro país.



16.

Planificación urbana y desastres

En Chile, la planificación urbana y territorial se inserta en un ordenamiento jurídico, en el que operan múltiples normas de diversas jerarquías y contenidos, las que están reguladas -principalmente- en la Ley y Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones, y son interpretadas por las circulares emitidas por la División de Desarrollo Urbano del Ministerio de Vivienda y Urbanismo (MINVU) y por los dictámenes de la Contraloría General de la República.

En gran parte de estas circulares o dictámenes, el enfoque de Gestión de Riesgos de Desastres (GRD) es débil o ausente; situación que preocupa, ya que hay instrumentos normativos en el ámbito de la planificación territorial que son claves, como son las áreas de riesgo, las áreas verdes, la fusión de terrenos, las construcciones, los conjuntos de viviendas económicas y los humedales dentro de las ciudades.

En la publicación “Planificación urbana y gestión del riesgo de desastres: desafíos para instrumentos y mecanismos de planificación urbana y territorial”, los expertos y expertas de CIGIDEN identifican los cuerpos normativos de diversa naturaleza (leyes, reglamentos, dictámenes, circulares) que fortalecen y/o debilitan la resiliencia urbana, al tiempo que proponen criterios para la planificación en este ámbito, desde un ordenamiento jurídico e integrado para la Gestión del Riesgo de Desastre.

Los y las autores sugieren profundizar la definición de áreas de riesgo a nivel local; considerar estudios de potencial de evacuación por tsunami; integrar unidades mínimas de análisis del riesgo en los municipios; fortalecer la planificación, mediante el vínculo entre instrumentos normativos e instrumentos indicativos; e incorporar medidas de adaptación y mitigación al cambio climático en la planificación urbana y territorial, entre otras recomendaciones esenciales para afrontar las amenazas naturales.

17.

Ley Lafkenche, desafíos y aprendizajes

Ley Lafkenche (2008) creó el “Espacio Costero Marino de los Pueblos Originarios” (ECMPO), marcando un hito en el reconocimiento y la reivindicación de los derechos territoriales de los pueblos originarios de Chile respecto del uso ancestral en la costa.

Esta ley establece, por primera vez en nuestro país, un procedimiento para reconocer los derechos territoriales de los pueblos indígenas, caracterizados por el uso ancestral de los recursos marinos, que conforman la base de su estructura social y las prácticas culturales y simbólicas.

En su investigación “Hacia una nueva Ley de Costas: desafíos y aprendizajes de la Ley Lafkenche”, los expertos y las expertas de CIGIDEN analizan esta normativa con el propósito de contribuir al debate que se está desarrollando en torno a una nueva Ley de Costas para Chile.

En este análisis, se centran en tres ejes:

- 1) La revisión de la Ley Lafkenche, con énfasis en su contexto histórico y contenido normativo;
- 2) Una síntesis de desafíos y aprendizajes que se han obtenido en sus 12 años de implementación;
- 3) Algunas recomendaciones para una nueva Ley de Costas en Chile.

En ese contexto, los investigadores e investigadoras de CIGIDEN destacan la necesidad de considerar en la nueva Ley de Costas, tanto los derechos bioculturales como las demandas de autodeterminación y soberanía territorial indígena; el desarrollo de un proceso participativo que tenga foco en el diálogo y la generación de acuerdos que den certezas a los diferentes actores; el rol que tiene el cambio climático en la gestión del riesgo y en los bienes ambientales de uso público; y la promoción y búsqueda de una gobernanza descentralizada y situada.



Un objetivo esencial para CIGIDEN es que el conocimiento generado en estos 10 años de exhaustivo trabajo interdisciplinario y de contacto con las comunidades permee las políticas públicas.

En el escenario de cambio climático, donde Chile es uno de los países de la OCDE más vulnerable a los impactos de este fenómeno, este objetivo se vuelve un imperativo.

Ciencia para la política pública con evidencia



Natalia Silva Bustos

*Subdirectora Gestión y Desarrollo
Estratégico de ONEMI y miembro
del Comité Asesor Nacional de CIGIDEN.*

Los esfuerzos por hacer converger los aportes provenientes de las ciencias, conocimiento, tecnología e innovación con problemáticas prioritarias para el desarrollo sostenible de los países, son cada vez mayores y se tornan sustanciales para toda toma de decisiones.

El referente internacional vigente en materia de Reducción del Riesgo de Desastres (GRD), el Marco de Sendai 2015-2030, se refiere de manera explícita al rol de las ciencias, mencionando que “el sector académico y las entidades y redes científicas y de investigación deben centrarse en los factores y las situaciones posibles de riesgo de desastres, incluidos los riesgos emergentes de desastres, a mediano y largo plazo; aumentar la investigación para la aplicación regional, nacional y local; apoyar las iniciativas de las comunidades y las autoridades locales; y apoyar la interacción entre las políticas y la ciencia para la toma de decisiones” (V. Función de los Actores Pertinentes, 2015).

Asimismo, es de común conocimiento que para un adecuado proceso de formulación, implementación y evaluación de una política pública, los aportes de la ciencia son fundamentales, contribuyendo con capacidades y experiencia, teórica y empírica, que contribuye a objetivizar posibles soluciones o alternativas para aproximarse a un determinado problema de interés público.

En concreto, uno de esos desafíos en Chile es sin duda el riesgo de desastres al que estamos expuestos, comprometiendo no solo el bienestar y seguridad de la población, sino que el desarrollo sostenible de la nación a través de sus repercusiones en los sectores productivos, la infraestructura, servicios, modos y medios de vida y ecosistemas, por mencionar algunas otras manifestaciones que dan cuenta de su carácter multiescalar, multidimensional y complejo.

En nuestro país, los esfuerzos desde la I+D+I+E por mejorar la comprensión del riesgo y su gestión, se han visto reflejados en el incremento de capital humano avanzado, soluciones tecnológicas, creación de centros de investigación, aumento de programas es-

pecializados, mayor oferta de formación, aumento de fuentes de financiamiento, entre otros logros. Así también, la cooperación internacional, a través del intercambio de buenas prácticas y conocimiento, ha representado esfuerzos colaborativos que han marcado hitos de política pública en materia de GRD.

En ese sentido, CIGIDEN, del cual la ONEMI ha sido desde sus orígenes un aliado estratégico, es un ejemplo vívido de la transdisciplinariedad con la que la Gestión del Riesgo de Desastres debe ser comprendida, propiciando en cada una de las diversas líneas de investigación la integración de diferentes enfoques profesionales.

Así también, es destacable el trabajo que han llevado a cabo a través de sus productos concretos, entre los que podemos mencionar las series de *policy papers* y las ferias educativas itinerantes, ambos permitiendo acercar el conocimiento a diversos públicos, con un lenguaje claro e inclusivo, reconociendo el valor de la educación informal y la comunicación del riesgo, como también del rescate de la memoria con las comunidades.

Diversos proyectos, patrocinados por la ONEMI y otros integrantes del SINAPRED, han permitido mejorar la comprensión de amenazas y sus potenciales impactos en el territorio, ámbito que sin duda cobra mayor relevancia pues la Ley N° 21.364 establece los mapas de amenaza como instrumento para la GRD, por lo que el avance en esta materia desde la academia será un insumo importante para los organismos técnicos que monitorean determinadas amenazas.

Destacamos el trabajo incansable de CIGIDEN y reconocemos la importancia de seguir fortaleciendo estrategias de fomento, articulación y divulgación de investigación aplicada en Gestión del Riesgo de Desastres, de manera de hacer más eficientes los recursos, capacidades y alianzas propiciando intercambio fructífero entre los diferentes actores del ecosistema de I+D+I+E y sus desarrollos y las demandas del SINAPRED.

CAPÍTULO 5

Comunicar, informar y educar. En esta década, los investigadores de CIGIDEN han realizado un trabajo permanente con las comunidades, tendiente a recoger las percepciones y problemáticas locales, pero también a fomentar la participación ciudadana y su apropiación de los conocimientos.

Congresos, seminarios, encuentros ciudadanos y con tomadores de decisiones, ferias científicas, divulgación, exposiciones en colegios son las instancias usadas para un contacto directo con la población.

Trabajando junto a la comunidad

El terremoto y tsunami de 2010, que arrasó con las costas de gran parte de la zona centro-sur de Chile, generó graves secuelas en la comuna de Saavedra: el hundimiento del terreno en 1,2 metros, olas entre 7 y 8 metros de altura y la destrucción casi total de equipamiento y viviendas en el sector urbano y en los espacios rurales habitados por la población *lafkenche*, que vive a orillas de los humedales costeros. Pese a que las primeras instrucciones oficiales indicaban que no había riesgo de tsunami, los *lafkenches* escucharon sus propios conocimientos ancestrales, en los que se mezcla lo mitológico (*Tren Tren y Kai Kai vilu*: la serpiente de tierra y la serpiente del mar que luchan por el dominio del mundo) con los saberes heredados por los ancianos que vivieron el terremoto y tsunami de 1960, que arrasó la zona. El resultado: aunque el tsunami destruyó sus aldeas, su decisión de arrancar a los cerros apenas ocurrido el terremoto, salvó sus vidas.

Reconocer e incorporar el conocimiento local en los planes de mitigación, gestión y recupe-

ración luego de un evento es una de las líneas de investigación y metas de CIGIDEN, así como mantener canales abiertos permanentes de comunicación con la población que vive en zonas vulnerables, para que se apropien de los conocimientos y ayuden a reducir los riesgos de desastres.

Una tarea pendiente en nuestro país y que CIGIDEN busca revertir incorporando estos conocimientos locales e indígenas en la Gestión de Riesgos de Desastres, a través de una serie de trabajos en terreno con las comunidades en todo el país. Esto, ya sea para co-crear mapas de vulnerabilidad en zonas de riesgo, talleres para conocer los saberes locales e incorporarlos en los instrumentos científicos o productos de divulgación científica, que permitan extender estos conocimientos compartidos a niños y adultos, a través de talleres, charlas, exposiciones, simuladores y juegos.

El objetivo de estas actividades es fomentar la participación ciudadana, la inclusión de sus saberes en los modelos de gestión de riesgo y trabajar para que exista una apropiación social del conocimiento.





“El mar se secó pa’ dentro. Cuando de repente se levantó un volcán del mar y justo pasó a arrasar donde nosotros trabajábamos. Salió una tira de agua y nosotros alcanzamos a salir con lo puesto. Viene ese, y después otra y la casa se la llevó entera. No quedamos con ni uno. Como estaba lloviendo arrancamos pa’ la cordillera”.

MARÍA ROSAS ACUN
Habitante de Pucatrihue y sobreviviente al terremoto con tsunami, Valdivia 1960. Documental CIGIDEN *Tsunami de 1960: la ciencia de la memoria*.



“Aquí al lado donde están estas vacas negras, ahí vivía mi tío. Era una pampa alta, tenía como 4 metros de altura del nivel del río, y eso (tsunami) se lo llevó todo para arriba, le mató dos hijos”.

ORLANDO VERA
Habitante de Rahue y testigo del terremoto con tsunami, Valdivia 1960. Documental CIGIDEN *Tsunami de 1960: la ciencia de la memoria*.

1. CIENCIA DE LA MEMORIA

CIGIDEN trabaja y fomenta proyectos destinados a la conmemoración y activación de la memoria de desastres, a través de conversatorios locales, redes sociales, entrevistas a los protagonistas y creación de videos o cortos para amplificar esas vivencias.

Un caso emblemático es el terremoto con tsunami de 1960. En 2016, un equipo de CIGIDEN emprendió una campaña para ir a entrevistar sobrevivientes de este evento. Recorrieron 43 localidades rescatando la memoria de 31 testigos del tsunami. Tres de esos registros son el corazón del corto-documental *Tsunami de 1960: la ciencia de la memoria*, estrenado en 2020.

Para CIGIDEN la memoria es “la base de datos experiencial” de las comunidades que permite a los científicos conectar la vida e historia de la comunidad con los riesgos que enfrenta en el presente, lo que la convierte en un elemento clave para el diseño de políticas públicas sobre reducción del riesgo. Conmemoraciones similares se han hecho con la ciudadanía en Talcahuano, para los 10 años del 27/F, en Quebrada de Macul (por el aluvión de 1993) y en Valparaíso y Viña del Mar, por el terremoto con tsunami de 1730, recreado por CIGIDEN con datos históricos y nuevas mediciones, además de una simulación sobre las zonas que hoy impactaría un evento como este.

“Nosotros vivimos permanentemente con una preocupación por la quebrada Santa Sofía, la cual es una quebrada muy extensa y no se han hecho los trabajos que deberían de hacerse”.

JUAN ALCAÍÑO
Presidente Centro Intercultural Quebrada de Macul.

“Yo estaba haciendo clases a niños de octavo año. El cielo se oscureció y el agua caía con tal fuerza que apagó mi voz, quedamos en silencio. Luego vino la voz de alerta: todos a casa, estamos en emergencia y de allí todo fue caos”.

Testimonio aluvión de quebrada de Macul 1993.

“Es importante recordar el aluvión para que nuestra comunidad esté preparada para este evento y visualizar todas las carencias, falencias y necesidades que tenemos para así poder ayudar a nuestra comunidad a sortear con éxito esta catástrofe”.

SOLEDAD PIZARRO

Dirigente zona de exclusión La Higuera.

“Soy mujer de pesca, merluzera. Hoy día frente a nuestras costas estamos invadidos de salmonicultura sin que se haya consultado a las comunidades. Cambió todo nuestro mar. No quiero decir que esté en contra, porque hay un tema socioeconómico importante, pero ¿cuándo te preguntan a ti, cuando quieren invadir algo? Todos los años nos reducen la cuota de la merluza del sur... Y cuando uno grita desde acá no nos escuchan... porque no tenemos un título profesional piensan que somos ignorantes y que nuestra voz como dirigentes y como chilenos no vale”.

GLADYS ALVARADO

Pescadora artesanal, directora de Conapach y presidenta de la unión comunal de las juntas de vecinos de Hualaihue.



“Agradezco y valoro este libro de CIGIDEN por este cambio de perspectiva (pues incluye los conocimientos de las comunidades en la toma de decisiones) que para mí es súper importante desde mi experiencia en Chaitén... donde el gobierno decretó la muerte de Chaitén. Una definición voluntariosa, autoritaria y déspota para definir que una comunidad no puede seguir. No hay un saber monolítico del Estado y en las comunidades no solo hay conocimiento, hay una voluntad de ser y estar... Por eso aquí está Chaitén contra todas las medidas que tomó el Estado para eliminarla”.

CECILIA ILLANES

Socióloga y habitante de la comuna de Chaitén.

“La mar subió y no alcanzamos ni a correr 100 metros. Había un cerco tranquero, grande y ahí nos subimos nosotros. Pero yo le digo que la mar debe haber tenido por lo menos sus 20 metros de altura. Y cuando ya tiró pa’ romper la corriente, tenía una torrentada enorme, no se aguantaba ni un árbol. Y cuando miro pa’ atrás donde estaba mi mamá, ya no estaba mi mamá. Se había ido con una hermanita. Las fuimos a encontrar después por allá”.

JOAQUÍN MARTÍNEZ

Habitante de Toltén Viejo y testigo del terremoto con tsunami, Valdivia, 1960. Documental CIGIDEN Tsunami de 1960: la ciencia de la memoria.



2. MAPEOS PARTICIPATIVOS

Otra forma de apropiación del conocimiento de parte de los ciudadanos son los mapeos participativos y gestión del riesgo local, actividades que se han realizado en el Cajón del Maipo, Algarrobo, Cartagena y Antofagasta.

En el Cajón del Maipo los expertos presentaron a la comunidad el proyecto piloto de “Multiamenazas en la Cuenca del Cajón del Maipo”, con el cual buscan desarrollar metodologías que estimen el comportamiento de erupciones volcánicas, lahares, remociones de rocas y aluviones en la cuenca del río Maipo. La iniciativa incluyó un mapeo comunitario de amenazas entre los científicos y la comunidad.

En Algarrobo -balneario que ha visto desaparecer su playa principal- se trabajó con la comunidad sobre los impactos del cambio climático en sus costas, mientras que en Cartagena -donde se realiza un estudio mayor- se trabaja con la comunidad en el riesgo de tsunami, realizándose en 2019 los primeros mapeos comunitarios en el humedal, playa y duna de Cartagena. Mientras que en Antofagasta el trabajo fue en el macrocampamento Balmaceda, donde hay unos 50 asentamientos informales, para trabajar sobre aluviones y co-crear un modelo de gestión del riesgo de desastres local con los pobladores.

“Lo que vinimos a hacer acá es un mapeo participativo, una caminata, para saber la experiencia de la gente e investigar qué saben ellos de riesgo geológico aluvional. Participar con ellos, instruyéndolos y viendo de manera in situ, qué zonas son más susceptibles a estos flujos aluvionales y a otros tipos de peligros”.

FRANCISCA ROLDÁN
Investigadora CIGIDEN, cordinadora
Línea 1 en macrocampamento
Balmaceda, Antofagasta.



“Es importante saber, con los profesionales que han venido, sobre las calles, dónde están las antenas, qué riesgo corremos, en qué nos perjudican. Que vengán a la sede y estén en terreno es súper bueno, porque la gente se integra más. Estamos conscientes que si ellos vienen acá es porque se interesan y nosotros también estamos interesados en trabajar en conjunto”.

DOLLY CUELLAR
Dirigente macrocampamento
Balmaceda, Antofagasta.



“Por vivir en campamento hay una estigmatización muy grande sobre los riesgos. Nosotros podemos tener en cuenta ciertos riesgos que se ven a simple vista, pero queremos tener muchas más herramientas y saber de los expertos, de sus conocimientos y capacidades, cuáles son los riesgos mitigables y cómo podemos convivir con eso. Se pueden lograr grandes cosas previniendo”.

BLANCA CAMUENDO
Presidenta comité Simón Bolívar y vocera
macrocampamento Balmaceda, Antofagasta.



3. ENCUENTROS CIUDADANOS

Una de las formas más eficientes para que la comunidad se apropie de los conocimientos relacionados con la gestión de riesgos es a través de encuentros ciudadanos. CIGIDEN ha realizado muchos en esta década de trabajo destacando los desarrollados en Iquique, Talcahuano, San Sebastián y Valparaíso. En Valparaíso se aprovechó la conmemoración del terremoto de 1730 para mostrar una simulación de un terremoto similar en la actualidad y hablar de la importancia de la evacuación vertical. Lo mismo mostró CIGIDEN a los ciudadanos de Iquique, zona que no ha experimentado un gran terremoto de magnitud mayor a 8,5 desde 1877. La simulación reveló las zonas que rápidamente se inundarían con un tsunami -como la Zofri-, la población que debería evacuar más rápidamente y la urgencia de tener leyes que apoyen la evacuación vertical. En ambos casos, el objetivo es que los ciudadanos conozcan a cabalidad los riesgos, las zonas seguras, los tiempos que tienen y cómo pueden transformar esta amenaza en una oportunidad. En San Sebastián, en tanto, CIGIDEN participó en una feria comunal sobre riesgo de tsunami, donde el centro llevó sus stand y simuladores, además de presentar a la comunidad un video con el sobrevuelo de un dron de la zona, donde se identificaron vías de evacuación y zonas de inundación, para el conocimiento del territorio, necesario para la reducción del riesgo, entre otras actividades.

“Es fundamental comunicar la ciencia a los ciudadanos. La ciencia que no se comunica no sirve. Ese es un motor que nos mueve a nosotros. Queremos generar ciencia no solo para los científicos, sino que para las comunidades, para las personas. Una ciencia que, en caso de desastres, les sea útil para tomar decisiones”.

GABRIEL GONZÁLEZ
Subdirector CIGIDEN y académico de la UCN, en encuentro ciudadano en Iquique.

“Aquí en Iquique, la evacuación de los terremotos y tsunamis es un tema que le preocupa a la gente, lo vive realmente, así que ojalá lo podamos seguir difundiendo y agradezco la cooperación [de CIGIDEN] y que hayan podido estar acá. Hay que seguir practicando y nosotros como ONEMI nos estamos orientando a lo que es la reducción del riesgo, a la preparación y tomar las medidas de mitigación para hacer que este riesgo, esta amenaza que está permanentemente con nosotros podamos disminuirlo”.

ÁLVARO HORMAZÁBAL

Director regional de ONEMI en encuentro ciudadano en Iquique.

“Desde el punto de vista de la infraestructura podría haber una gran cantidad de edificaciones que podrían ser utilizadas como sitios de evacuación vertical. Parte del problema está en que son edificaciones privadas en las cuales hay que permitir acceso y en las cuales no se han generado las vías de acceso hacia los pisos superiores. Entonces requerimos de un proceso de adaptación tanto de estructura para poder llegar a los pisos superiores como condiciones habilitantes de tipo legal que permitan el acceso de terceros en caso de emergencia”.

PATRICIO CATALÁN

Investigador CIGIDEN y académico USM en encuentro ciudadano en Valparaíso.

“Los tiempos geológicos son muy diferentes a los tiempos humanos. El último gran evento en Valparaíso (terremoto de magnitud 9) ocurrió en 1730, hace 289 años. En ese entonces, la costa chilena era otra, el país era otro. Si esa situación se volviera a repetir en un día como hoy tendríamos potencialmente decenas de miles de personas afectadas. Eso implica que ahora es el momento para levantar el tema de la evacuación vertical y ponerlo sobre el tapete. En muchas comunas de Chile, en muchas zonas costeras, es realmente la única alternativa para salvar vidas humanas”.

JORGE LEÓN

Investigador CIGIDEN y académico USM en encuentro ciudadano en Valparaíso.





4. PROYECTO KAY KAY

“Kay Kay, conociendo el riesgo de tsunamis” es un proyecto de divulgación científica que invita a niñas y niños a jugar y conocer sobre tsunamis. Se trata de una exposición participativa que lleva al aula escolar tres módulos asociados a tsunami, creados por dos geógrafos y una psicóloga de CIGIDEN, quienes se inspiraron en narraciones mapuches sobre maremotos. Su objetivo es permitir a los niños explorar sobre riesgo, exposición y evacuación por amenazas naturales. En el primer módulo llamado “Conociendo el riesgo”, los escolares entienden -a través del uso de dos maquetas pedagógicas- por qué los desastres no son naturales. En el módulo dos, “Evacuemos juntos”, los niños y niñas juegan a ser planificadores territoriales, ubicando en un mapa real colegios, hospitales, transporte público, y otros, de acuerdo a la información que fueron recibiendo de los monitores. Así aprenden sobre vías de evacuación, zonas seguras y de riesgo. Y en el módulo tres, “Siempre listos”, abordan cómo preparar y armar un kit de emergencia en caso de amenazas naturales en el país. Tras la pandemia Kay Kay exploró el formato virtual y se transformó en una colorida serie animada para niños y niñas de cinco capítulos, disponible en las redes sociales de CIGIDEN.



“Es una experiencia que difícilmente los niños pueden vivir, en especial en este medio sociocultural donde estamos insertos, con un lenguaje y forma muy accesible para ellos. Ellos pueden instruirse y, al mismo tiempo, les comentan a sus padres. Al final es una gran masa de personas la que aprende”.

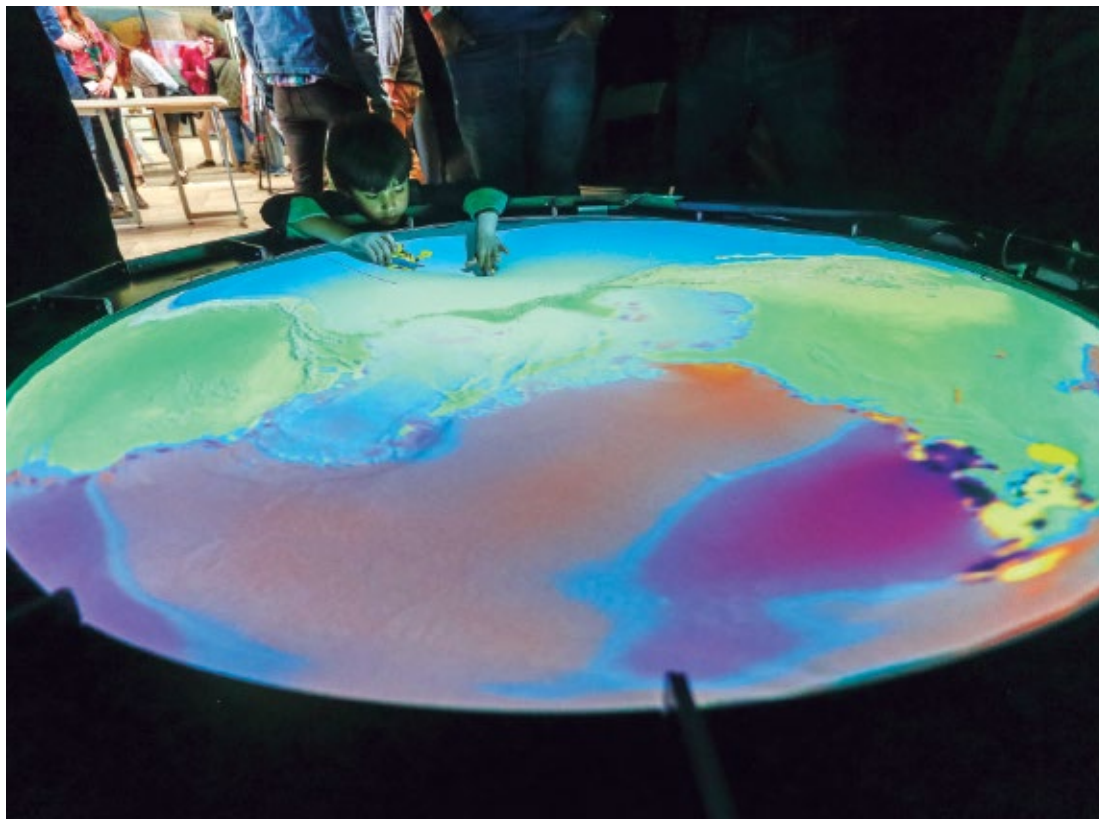
NURIA RODRÍGUEZ

Educadora de párvulos del colegio Principado de Asturias de Puente Alto.

“Kay Kay nació principalmente de la inquietud que tenemos de acercarnos a la gente, especialmente de sectores vulnerables. La idea y nuestra motivación es que la ciencia no se quede un paper o publicación, sino que nosotros nos acerquemos a la gente a partir de un lenguaje cotidiano y común y que sea una instancia de diálogo entre ellos y nosotros”.

SIMÓN INSUNZA

Geógrafo CIGIDEN.



FERIAS Y MUESTRA CHILE, TERRITORIO EN MOVIMIENTO

CIGIDEN ha participado en múltiples ferias científicas y exposiciones pensadas para todo público y escolares con el fin de divulgar su conocimiento. Para ello han desarrollado una serie de simuladores de terremotos, tsunamis y aluviones que han llevado en conjunto o por separado a diferentes lugares del país, como el GAM en Santiago, Iquique, Cartagena, Puerto Ideas en Antofagasta y a la Fiesta de la Ciencia y la Tecnología de Explora, que fue visitada por más de 14 mil personas en 2019. Con estos equipos y tecnología, los investigadores del centro -geólogos/as, geógrafos/as, ingenieros/as, comunicadores, sociólogos/as y diseñadores-, se encargan de mostrar al público de forma participativa, simulaciones de aluviones en Antofagasta, de inundaciones por tsunamis en la bahía de Valparaíso, y el simulador de la propagación de las ondas de un tsunami a nivel planetario, TsunamiLab. Con el objetivo de convertir estos módulos en una muestra itinerante, CIGIDEN la postuló al XXIII Concurso Nacional de Proyectos de Divulgación del EXPLORA CONICYT 2020, con el nombre “Chile, territorio en movimiento”, el cual se adjudicó. Debido a la pandemia, la muestra se transformó en una propuesta digital que incluye un recorrido por cinco módulos con simulaciones computacionales de terremotos, tsunamis, aluviones y erupciones volcánicas, proyectadas sobre maquetas 3D de lugares reales de Chile y que ya fue parte -como proyecto piloto- del Festival de la Ciencia 2020 ¡Celebremos la curiosidad!, de la parrilla programática de las fiestas virtuales científicas del Par Explora RM Norte y Par Explora RM Sur Oriente, y Festival Puerto de Ideas de Antofagasta entre otras.



**¡CHILE, TERRITORIO
EN MOVIMIENTO!**

Terremotos, tsunamis,
aluviones, volcanes y
otras amenazas

chileterritorioenmovimiento.cl



“Las maquetas están súper bien, la tecnología que usan para explicar, excelente... Interesante, porque se habló, en términos generales, lo que puede pasar en el caso de un aluvión y algún tsunami que nos pueda afectar en Antofagasta”.

**Visitantes Festival Puerto
Ideas Antofagasta 2019.**

“Frente a las catástrofes naturales nunca es tarde para seguir aprendiendo, para seguir preparándonos, pues siempre es un punto de conflicto los lugares que están en zonas de riesgo, por lo que educar a nuestros niños y a sus padres para nosotros es una tarea. En esta feria educativas queremos colaborar para que todo lo que signifique una catástrofe y alerta de tsunami estar lo más preparado posible, sobre todo en la evacuación, que es muy importante”.

RODRIGO GARCÍA
Alcalde de Cartagena.



“Me gustó el mapa de inundación por tsunami, porque uno puede comprender que donde estaba yo antes, en la población Arellano, cerca del humedal, era muy probable que sufriera un daño por tsunami, porque era zona costera y no había muchos puntos altos”.

Alumno Escuela Villa Cartago, visitante de la Feria Preventiva de Educación en San Sebastián.

Lo que aprendimos de la gente



Francisca Roldán.
*Investigadora de CIGIDEN
Doctora (c) en Geología
Universidad Católica del Norte.*

La geología es parte de las carreras de Ciencias de la Tierra, que involucra una amplia cantidad de especializaciones. El entorno geográfico de nuestro país, además, nos ha enseñado –en innumerables ocasiones– que Chile es un territorio donde las amenazas naturales son recurrentes y afectan directa e indirectamente la vida de las personas, además de la estabilidad económica de todo un país.

Esto hace necesario que algunos profesionales de distintas disciplinas enfoquen sus capacidades y trabajo al estudio de las amenazas naturales, con el objetivo de aumentar la mitigación del riesgo de desastres y avanzar en su entendimiento, desde una perspectiva transdisciplinaria.

Las investigaciones en geología, por ejemplo, han revelado que existen ciertas amenazas naturales que se hacen especialmente recurrentes y una de ellas son las remociones en masa tipo flujo aluvionales, que han impactado la historia de nuestro país, provocando grandes desastres y graves daños a viviendas e infraestructura pública; pero también causado la muerte de numerosas personas.

Su estudio requiere de varios procedimientos que juegan un rol fundamental a la hora de identificar, caracterizar y analizar los factores que condicionan y desencadenan este tipo de amenazas. Cada uno de estos procedimientos es desarrollado con la mayor responsabilidad y rigurosidad posible, ya que la finalidad es entregar información confiable y útil a la comunidad y autoridades pertinentes para la toma de decisiones con evidencia.

En el desarrollo de estos estudios, y a través de actividades puntuales de divulgación de la

ciencia, he tenido la oportunidad de estar en contacto directo con la comunidad, de diversas maneras y con distintos grupos sociales y etarios, lo que me entregó una nueva visión del rol que desempeñan estos grupos humanos, incluso en la investigación geológica de los eventos extremos.

Participé del Festival Científico Puerto de Ideas de Antofagasta; en trabajos en terreno para el proyecto de Plan de Mitigación de Riesgos Campamento Aurora Esperanza-Intendencia de Antofagasta; en el mapeo comunitario y taller de resiliencia del Campamento Balmaceda de Antofagasta; en el seminario y mapeo comunitario de Reducción para el Riesgo de Desastre en un escenario de emergencia climática en el Cajón del Maipo; en el estudio de remociones en masa tipo flujo; en el trabajo con la comunidad en la quebrada Macul; en el catastro de daños y testimonios de personas en San José de Maipo; y en el evento aluvional de El Tránsito de Alto del Carmen en la Región de Atacama.

Todas estas actividades me permitieron identificar tres aspectos fundamentales, que usualmente no se consideran relevantes en este tipo de estudios, pero que deberían tener un rol fundamental.

La población y actividad antropogénica, en general, tienen un efecto muy importante en el aumento de estas remociones en masa y cambios en su probabilidad de ocurrencia. Por lo tanto, la comunidad, más que solo ser receptora de esta información resultante, pasan a ser factores desencadenantes directos de este tipo de fenómenos y, por lo mismo, es crucial tomarlos en consideración a la hora de generar planes de mitigación del riesgo de desastre.

Sumado a esto, en este tipo de estudios es relevante obtener datos históricos de estos eventos, para calcular la probabilidad de ocurrencia lo más cercana a la realidad posible, siendo nuevamente fundamental el rol de la comunidad, debido a que mucho de estos eventos no han sido registrados por las autoridades pertinentes, tomando mayor importancia los testimonios de los pobladores.

La comunidad entrega información respecto de ciertas características del evento que no siempre son incorporadas en las cifras oficiales del desastre.

Finalmente, el tener distintas actividades con la misma comunidad, permite indagar en los territorios aspectos fundamentales en la Gestión del Riesgo de Desastre: identificar el nivel de resiliencia en la población y cómo estas mismas personas perciben y conocen las amenazas.

Sabemos muy bien que los chilenos estamos preparados para reaccionar adecuadamente ante amenazas de sismos de mediana y alta magnitud, pero se hace indispensable y urgente avanzar en la preparación de este otro tipo de fenómenos, como son las remociones en masa, que actúan de forma diferente a la hora de desencadenarse y producir daños.

Las experiencias que he podido desarrollar en conjunto con la comunidad han repercutido indudablemente en mi propia perspectiva para abordar los estudios de estos tipos de eventos y en cómo estos pueden afectar directamente a la población.

Me ha permitido, además, identificar las falencias en la planificación territorial que existen hoy en día y que, de cierta manera, la misma comunidad te ayuda a identificar. Específicamente, trabajando con la comunidad del macrocampamento Balmaceda de Antofagasta pude interactuar de forma directa con los mismos pobladores, siendo receptora de sus propias preocupaciones.

En esa actividad llevamos a cabo un mapeo en terreno para enseñarles aspectos a considerar a la hora de desarrollar alguna remoción en masa como un aluvión. Fue aquí donde pude ver, con mis propios ojos, cómo la comunidad efectivamente está dispuesta a aprender, a estar mejor preparada y a convertirse en una población más resiliente ante este tipo de desastres.

Aprendí también la fuerza interna que tiene ciertas pobladoras –la mayoría de las dirigentes son mujeres– para sacar adelante a sus familias y anteponerse a cualquier desastre. Y, lo más importante, aprendí que nuestro trabajo debe tener como objetivo principal un efecto directo en la población, por lo que esta debe ser incluidas en el transcurso y finalización de las investigaciones.

Nuestro trabajo, como investigadores en la Gestión del Riesgo de Desastre, debemos verlo como una herramienta útil y fundamental para continuar avanzando en el entendimiento de estas amenazas de remoción en masa, pero, al mismo tiempo, para construir un país más preparado, identificando falencias de conocimiento y preparación en la comunidad, como también en la planificación territorial.

Todo esto, con el objetivo de construir comunidades autosostenibles, donde la preparación esté arraigada en sus memorias, tal cual como la preparación ante sismos y lograr, de esta manera, un país resiliente y mejor preparado frente a sus amenazas.

NUESTRO EQUIPO

Director
Rodrigo Cienfuegos

Subdirector
Gabriel González

Director Ejecutivo
Stefan Vogel

Investigadores Principales (IP)
Gabriel González, L1
Rodrigo Cienfuegos, L2
Patricio Catalán, L2
Juan Carlos De la Llera, L3
Manuel Tironi, L4
Alondra Chamorro, L5
Nicolás Bronfman L5
Carolina Martínez, L6

Investigadores Asociados (IA)
Andrés Bronfman
Christian Oberli
Cristián Escauriaza
Esteban Sáez
Felipe Aguilera
Gabriel Candia
Jorge Gironás
Jorge León

Magdalena Vicuña
Marcelo González
María Molinos
Matías Hube
Patricio Winckler
Paula Aguirre
Paula Repetto
Rafael Aránguiz
Tomás Echaveguren
Valeria Cabello

Otros Investigadores (OI)
Beltrán Undurraga
Consuelo Biskupovic
Cristóbal Karich
Diego López-García
Eduardo Undurraga
Felipe Aron
Felipe Zurita
Hernán Santa María
Jorge Crempien
Karla Palma
Luis Lara
Luis Maldonado
Magdalena Gil
Mahesh Shrivastava
Marcos Moreno
Megan Williams

Orietta Nicolis
 Pablo Salazar
 Pamela Álvarez
 Ranjit Das
 Raúl Flores
 Roberto Benavente
 Rodrigo Ramírez
 Rodrigo Valdés
 Rosita Jünemann
 Sebastián Vicuña
 Yolanda Alberto

Coordinadores de Líneas

Alejandra Gugler
 Francisca Roldán
 Juan Pablo Muñoz
 Leila Juzam
 Nikole Guerrero
 Pamela Cisternas

Postdoctorantes

Constanza Fosco
 Chiara Palazzi
 David Jofré
 Elisa Ferrario
 Francisco Molina
 Gabriel Ureta
 Juan González

Karina Soto
 Mabel Marulanda
 Rayana Palharini
 Rebekah Harris
 Ricardo Rivas
 Rosario Carmona
 Sarah Kelly
 Valentina Carraro

Profesionales de apoyo

Alejandro Urrutia
 Álex Zúñiga
 Christopher Clarke
 Débora Gutiérrez
 Eduardo Allen
 Fernanda Gallegos
 Francisca Salazar
 Isabel Villalobos
 José Saldías
 Katherine Campos
 Montserrat Damián
 María Fernanda Quiroz
 Mauricio Monsalve
 Óscar Ortiz
 Simón Inzunza
 Sofía Valdivieso
 Valentina Turén
 Yerko González

