

EL PAÍS MÁS SÍSMICO



PROGRAMA
RIESGO SÍSMICO

cooperativa



Valparaíso, Chile
(Foto: Nicolás Gutierrez Cervetto)

Nuestra inquieta geografía

Recorrer las páginas de este libro es un encuentro con uno de los marcadores más relevantes de la cultura chilena, los sismos. Estos fuertes movimientos terrestres, a los cuales decimos estamos acostumbrados, nos recuerdan, de tanto en tanto, que nuestro subsuelo no está inmóvil sino hiperactivo, acumulando energía que en algún momento emerge en algún punto del país.

Por su parte la ciencia tampoco es pasiva. Muy por el contrario, en las páginas que siguen el lector podrá recorrer varios de los temas en los cuales nuestros equipos científicos investigan, avanzando paso a paso, en base a evidencia, en el desafío de conocer y comunicar los misterios de la tierra y su actividad sísmica, intentando predecir sus impactos.

Los tipos de terremotos y el poder destructivo. El efecto de los terremotos causando maremotos y sus impactos sobre la población en una vasta región del planeta. La métrica que usamos para medir la energía sísmica en diferentes escalas, y cómo se traduce en efectos destructivos sobre la infraestructura. El uso de nuevas tecnologías para revelar información esencial para estudiar los sismos pasados y predecir los futuros. La historia de la sismología y la evolución de los estudios y las capacidades de medición, así como los efectos siconaturales que le van dando forma a nuestra idiosincrasia y nuestro paisaje. El reconocer que somos el país campeón de la liga de los sismos, y por lo tanto muy vulnerable. Estos son algunos de los interesantes temas que se analizan en este libro, que al recorrer sus líneas y párrafos, nos permiten tomar una conciencia profunda de parte de nuestra base cultural, nuestra realidad natural, nuestra inquieta geografía.

De su lectura, podremos comprender que los sismos son parte de nuestra historia, de una identidad que nos diferencia de otros grupos humanos y nos hermana. Somos una población resiliente a los eventos naturales, que ocurren con gran frecuencia, de donde emerge una fuerza popular solidaria como respuesta humana a la energía natural que emana desde la profundidad del globo terrestre.

En estas páginas podrás conocer más de los sismos en Chile y, de paso, descubrir rasgos de nuestra identidad colectiva.

Que lo disfruten.

Francisco Martínez

Decano

Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas

Universidad de Chile

Hablar más de Ciencia

Chile es un país sísmico. Esta frase, con la que todos crecemos, funciona como hechizo sobre nuestra sociedad, que la repite con orgullo ante cualquier extranjero; pero que esconde la incertidumbre sobre cuándo y dónde será el próximo terremoto.

Y aunque surjan risas cuando vemos la reacción en otros países ante lo que en este país calificaría como un temblorcito, no hay nada que certifique que como población, como colectivo, tengamos la mejor reacción posible ante un sismo mayor; o que nuestra planificación urbana, sanitaria e incluso educacional esté mirando las cambiantes variables a que un gran movimiento telúrico nos puede enfrentar.

Los medios de comunicación tenemos una responsabilidad con la sociedad, que incluye esta área, escrutando a la autoridad sobre lo que se hace y no en prevención y también en reacción; pero asimismo nos cabe el rol de dar espacio a quienes son expertos y amplificar su voz, con fuerza, para ayudar a minimizar las voces que desde la no ciencia intentan ser parte de la conversación.

Así nace en Cooperativa la idea de hablar más de ciencia a través de nuestra sección de Opinión, y particularmente de sismos, de los históricos, de lo que se investiga hoy y de lo que tienen que decir profesionales que dedican sus esfuerzos a tratar de entender mejor estos fenómenos desde el laboratorio natural que es nuestro país.

Fue una idea que derivó en una conversación y luego en una coordinación para que diversos profesionales del Programa Riesgo Sísmico de la Universidad de Chile pudieran plasmar en columnas diversos enfoques sobre nuestro pasado, presente y futuro frente a los temblores, con el objetivo de educar y preparar.

Creemos que es un aporte, como mucho otros, que sumados permiten al país completo acceder cada día a contenidos certeros, verificados y con evidencia; necesarios para saber cómo enfrentar diversos desafíos, particularmente en una era en que la instantaneidad de la información también permite que mentiras, algunas intencionadas, se esparzan y generen –a través del rumor– dudas en la población.

José Raúl Martínez

Subdirector de Contenidos Digitales de Cooperativa

COLUMNISTAS* / ÍNDICE



Jaime Campos

Profesor Titular de la Universidad de Chile. Doctor en Sismología y Geofísica Interna de la Universidad Paris Diderot - Institut de Physique du Globe de Paris, Francia. Académico del Departamento de Geofísica, del cual fue director en dos períodos, entre 2013 y 2016. Actualmente es director del Programa de Riesgo Sísmico, PRS (prs.uchile.cl), cuya misión es ser un puente para la transferencia tecnológica y de conocimientos, desde la academia a la sociedad, en materia de terremotos, tsunamis y riesgo sísmico. Fue director del Servicio Sismológico Nacional (1997 a 2007), y del Programa de Reducción de Riesgos y Desastres (CITRID) de la U. de Chile (2016 – 2018). Es asesor científico experto en tsunamis del SHOA de la Armada de Chile y de la Comisión Futuro del Senado, Congreso Nacional de la República de Chile. Integró el Senado Universitario desde 2017 a 2021.

| | |
|--|-----------|
| El país más sísmico | PÁGINA 04 |
| Chile pionero: Tecnologías satelitales para detectar amenazas sísmicas | PÁGINA 10 |
| El poder destructivo de los terremotos de profundidad intermedia | PÁGINA 16 |
| Un laboratorio natural para la observación del sistema tierra | PÁGINA 26 |



Mauricio Fuentes Serrano

Investigador del Programa de Riesgo Sísmico (PRS), de la Universidad de Chile. Licenciado y Magíster en Geofísica, Ingeniero Civil Matemático y Doctor en Geociencias de la Universidad de Chile. Profesor Experto del Departamento de Geofísica de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad de Chile. Fue pasante en La Universidad de Hawai en Manoa, El Instituto de Tecnología de California (CALTECH) y en la Universidad de Niza, Sophia Antipolis. En la actualidad está a cargo de la línea de Tsunamis del PRS, la cual realiza investigación científica sobre este fenómeno, apoya en actividades de docencia, vinculación con el medio y transferencia tecnológica.

| | |
|--|-----------|
| Los tsunamis en Chile: ¿Cómo son? | PÁGINA 06 |
| Terremoto y tsunami Atacama 1922: desafío al campo de vigilancia sísmica | PÁGINA 24 |



Patricio Toledo

Geólogo. Doctor en Ciencias Universidad de Chile. La mayor parte de mi labor la realizo en la línea de sistemas complejos, en el Programa de Riesgo Sísmico, PRS (prs.uchile.cl), cuya misión es ser un puente para la transferencia tecnológica y de conocimientos, desde la academia a la sociedad, en materia de terremotos, tsunamis y riesgo sísmico. También me intereso en la sismología de la Antártica, desde 2022 junto a los colegas del Centro Sismológico Nacional mantenemos un red sismológica allá.

| | |
|--|-----------|
| Sigue temblando | PÁGINA 08 |
| Terremoto 15 octubre 1997: tamaño y destructividad no siempre van de la mano | PÁGINA 22 |

(*) Los/as columnistas se muestran según el orden en que fueron publicadas sus columnas de opinión en cooperativa.cl.



Juliette Marin

Ingeniera civil de la École des Ponts-ParisTech (Francia), MSc. especializada en dinámica estructural de la Universidad de Tokio (Japón), doctora en Territorio, espacio y sociedad de la Universidad de Chile y doctora en Ciencias de la sociedad de la Escuela de Altos Estudios en Ciencias Sociales (EHESS, Francia). Investigadora de la Línea de Memorias y Patrimonios del Programa Riesgo Sísmico de la Universidad de Chile y del Centre d'étude des mouvements sociaux (CEMS, EHESS).

Patrimonio, memoria y desastres sicionaturales ————— **PÁGINA 12**



Julián Cortés

Abogado. Licenciado en Ciencias Jurídicas y Sociales de la Universidad de Chile. Profesor Experto del Departamento de Geofísica de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad de Chile. MSc Governance of Risk and Resources, Heidelberg University. Investigador en el Programa Riesgo Sísmico (PRS) UCH, Red de Pobreza Energética (RedPE) / Universidad de Chile / Iniciativa Interfacultades EneAS (Energía, Agua y Sustentabilidad) Universidad de Chile.

De Illapel 1971 a Valparaíso 2024: lecciones de los desastres ————— **PÁGINA 14**



Lucía Núñez Aguilera

Programa de Riesgo Sísmico (PRS) UCH; Directora Proyecto Asociativo Regional Explora Región Metropolitana Sur Poniente, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile. Bioquímica de la Universidad de Santiago de Chile. Doctora en Ciencias Biomédicas de la Universidad de Chile. Comunicadora y educadora científica.

Mary Graham, de cronista de la sociedad a precursora de la sismología en Chile ————— **PÁGINA 18**



Gabriela Herrera Malig

Geofísica. Magíster en Ciencias mención geofísica de la Universidad de Chile. Investigadora en el Programa Riesgo Sísmico (PRS) Universidad de Chile. Presidenta ONG CEUS Chile.

Vigilando la cordillera desde el espacio: Monitoreo satelital tras el terremoto de Las Melosas ————— **PÁGINA 20**

El país más sísmico

Por sus características geográficas, Chile es un territorio en el que constantemente ocurren y seguirán ocurriendo procesos geofísicos que pueden transformarse en desastres socio naturales. Terremotos, tsunamis, inundaciones, sequías, incendios forestales, deslizamientos de tierra, volcanismo, marejadas y trombas marinas son parte de nuestra identidad y nuestra memoria.

Al contexto andino, que configura las geo-amenazas en nuestro territorio, hay que sumar el fenómeno global del cambio climático. Según la Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC), Chile cumple con siete de las nueve características que definen a un país como vulnerable, por sus zonas costeras bajas, zonas áridas, su cobertura forestal, la exposición a la sequía y desertificación, la alta contaminación atmosférica urbana, entre otros. Los efectos del cambio climático son un hecho y nos están afectando, no sólo por el avance de la desertificación o las variaciones de precipitaciones, sino que también con la acentuación de los eventos extremos.

Somos un país altamente expuesto a las amenazas de desastres socio naturales. Sólo para hablar de grandes terremotos, si se toman los últimos 10 años en Chile, 2013-2023, y se contabilizan todos los terremotos de M8 o superior, que han ocurrido en el mundo, el 20% de ellos (2 de 10) ocurrieron en nuestro país.

Por otra parte, en los últimos años, gracias a los instrumentos desplegados en todo Chile -después de 2010- **hemos logrado confirmar que en el país tenemos distintas fuentes sísmicas, o sea, distintos tipos de terremotos.**

En nuestro territorio se producen los **terremotos costeros** (como el de 2010), que pueden llegar a ser de gran magnitud. Están también los



por Jaime Campos

terremotos de profundidad intermedia, muy destructivos, como el de Chillán, ocurrido hace 84 años, **un 24 de enero de 1939**.

Además, **tenemos terremotos corticales, muy superficiales**, como el de Las Melosas, 1958 en la RM (Cajón del Maipo); Chusmiza, 2001 en la Región de Tarapacá; o en Aysén en 2007. En el sur de Chile, en la Patagonia, que es como otro país en términos de amenaza sísmica, tenemos terremotos como el de Punta Arenas (1949), que es **diferente a los antes mencionados** y se asemejan a los que ocurren en la Falla de San Andrés, en Estados Unidos.

Es así como en Chile no sólo hay una gran cantidad de terremotos, incluso megaterremotos como el 27-F, sino que, además, tenemos

diversos tipos de sismos, cuyos efectos y consecuencias para las personas, las construcciones y la infraestructura crítica son también distintos.

Capítulo aparte son los tsunamis en las costas chilenas que merecen una columna de opinión especial.

La conclusión es clara: vivimos en el país más sísmico. Por lo tanto, comprender el modo en que se generan y ocurren los terremotos y tsunamis un aprendizaje requerido para vivir y habitar armónicamente en este territorio.



"Terremotos Chilenos", Quimantú

Los tsunamis en Chile: ¿Cómo son?

A veces, grandes terremotos tienen «efectos secundarios». **Uno de los más devastadores es el tsunami**, como el ocurrido el 27 de febrero de 2010.

Estrictamente, un tsunami es una secuencia de ondas especiales que se propagan sobre un cuerpo acuoso, y tienen su origen en algún evento geológico. En el caso de los grandes terremotos en Chile (como el caso del 27-F), a causa de la liberación de energía sísmica se producen desplazamientos en el fondo marino (incluso de un par de metros) que inducen alzamientos en el fondo del mar. Estos cambios repentinos en el lecho marino se transmiten a la superficie del mar, originando el tsunami.

Es importante resaltar que los grandes terremotos no son puntos y más bien ocupan una zona de ruptura de varios cientos de kilómetros y para efectos del tsunami, si el hipocentro se localiza en tierra o agua es irrelevante, ya que no es el parámetro predominante para describir la intensidad de un tsunami. La zona del fondo del mar donde se suelen producir los mayores cambios (fosa oceánica) se localiza a unos 80 a 100 kilómetros de distancia de la costa continental chilena. Esto se traduce en un tiempo de arribo de unos 15 minutos. Este tiempo es crucial para diseñar las estrategias a seguir en un sistema de alerta temprana y lograr evacuar las zonas expuestas de manera oportuna.

Por desgracia, este no es el único tipo de tsunamis con los que Chile debe convivir. Existe otra amenaza silenciosa, que suele ocurrir en lugares de una orografía más accidentada. El terremoto del 21 de abril de 2007 es un buen ejemplo. En dicha oportunidad, un sismo de magnitud 6.2 fue capaz de desencadenar el desprendimiento de material en las laderas de los fiordos de Aysén. La caída violenta de este material produjo un tsunami con la energía suficiente para



por Mauricio Fuentes

arrasar con casas y llevarse la vida de una decena de personas. Por otra parte, el 14 de enero de 2022, el volcán Hunga Tonga-Hunga Ha'apai nos recordó que **los tsunamis también pueden originarse por actividad volcánica**, incluso si ésta es distante.

En general, al estar dentro del «Cinturón de fuego del Pacífico», Chile estará permanentemente expuesto a la amenaza de tsunamis de todo tipo, ya que estos fenómenos tienen la capacidad de viajar grandes

distancias manteniendo su peligrosidad. Es así que grandes terremotos en Japón, aún pueden representar un peligro para las costas chilenas y debemos estar en constante vigilancia y desarrollo para mejorar el entendimiento y tecnologías que nos permitan convivir de manera segura con este tipo de fenómenos naturales, que son intrínsecos a la realidad chilena.



Viña del Mar, Chile
"Terremotos Chilenos", Quimantú

Sigue temblando



A propósito del terremoto del 3 de marzo de 1985 en Valparaíso, quiero escribir no para hablar del terremoto en sí, sino que para hablar de lo que sucede después y también de algo que captura la imaginación: lo que pasa antes.

Partamos por lo que sucede después, es lo que mejor entendemos. Se sabe que los terremotos vienen con réplicas y que las réplicas van disminuyendo en número después del terremoto. Es tentador decir que las réplicas son progresivamente más suaves, pero esa idea nos ha jugado malas pasadas. Lo que sucede es que el proceso de acumulación y liberación de tensiones dentro de la corteza de la Tierra tiene características caóticas. Eso significa que hay leyes para este fenómeno, muchas, pero generalmente esas leyes son estadísticas. Es decir, ni siquiera en principio, podemos adelantarnos a un evento preciso, debemos conformarnos con propiedades de un conjunto amplio.

En gran parte gracias a sismólogos japoneses, sabemos desde 1894 que el conjunto de sismos posteriores a un gran terremoto obedece a una hipérbola, curva conocida ya por los griegos. El Servicio Geológico de Estados Unidos tiene registros de las réplicas del terremoto de Valparaíso: **en marzo de 1985 hubo 157 eventos, en abril hubo 29, en mayo 17 y así, cada vez menos.** Esto pasa en todos lados, la hipérbola de los eventos que se produjeron después del terremoto de 1923 en Kanto, Japón, se prolonga por ¡1.200 meses!

Esto nos lleva a revisar lo que pasa antes. Mientras más grande un terremoto, más larga es la hipérbola. Dicho de otra forma, todos los terremotos son réplicas de un terremoto anterior. Esa es otra ley estadística, se llama similaridad, también conocida por los griegos. La hipérbola no se detiene nunca, es una figura ideal. Eso no es lo que pasa en la realidad, las cosas no son para siempre. La similaridad es

por Patricio Toledo

incompleta, hay un momento donde la hipérbola se detiene, de lo contrario nunca temblaría fuerte de nuevo.

La actividad que sucede antes de un terremoto se llama precursora, estudiarla atrae a muchos investigadores. Es un área plagada de oportunidades, principalmente por la promesa de la predicción. El terremoto de marzo de 1985 tuvo actividad precursora. Durante febrero de ese año, hubo 50 eventos el jueves 21 de marzo y 100 el viernes 22 de marzo, daba la impresión que el sábado se alcanzaría una punta para dar inicio al sismo principal, pero no. El 23 de febrero hubo sólo 50 eventos, el domingo 24 hubo 20. **Y así muere esta secuencia precursora, el peak de la secuencia no coincide con el evento principal, es una pena, si fuera así, podríamos alertar a la población simplemente identificando la aceleración en la sismicidad.**

Por ahora, hay que ser precavidos, simplemente no sabemos con precisión cuándo una aceleración de sismicidad termina con un evento destructor. Puede o no puede.

No hemos perdido las esperanzas, hoy en día, creemos que antes de los grandes terremotos ocurre un tipo de actividad recientemente descubierta, nuevamente en Japón y observada en muchas partes del mundo. Es difícil caracterizarla en pocas palabras, estamos recién aprendiendo, uno de los factores serían los fluidos presentes en lo profundo. La hemos observado con mediciones de largo plazo en la superficie del terreno, tiene un largo transiente, por así decirlo, es lenta. **En retrospectiva, se la observó antes del terremoto de Iquique de 2014, lamentablemente la han observado en Norteamérica sin terremotos destructores. Puede o no puede. Realmente necesitamos saber más de esta actividad.**

Si hay que hacer apuestas, apuesto a que queda mucho por descubrir aún.



Casas afectadas por el terremoto de 1985 en San Antonio.
(Foto: Archivo Ministerio de Relaciones Exteriores)

Chile pionero: Tecnologías satelitales para detectar amenazas sísmicas



Hace diez años, el 1 de abril de 2014, ocurrió el terremoto de Iquique. Tuvo una magnitud de M8.2 y pudo sentirse intensamente en las regiones de Arica y Parinacota, Tarapacá, Antofagasta y también en el sur de Perú y parte de Bolivia. La zona epicentral correspondió a una ruptura sísmica de 200 kilómetros de extensión y provocó un tsunami que destruyó la mayor parte de las embarcaciones del puerto de Iquique.

Traemos este «recuerdo sísmico» al presente porque **el terremoto antes citado es parte de una historia que demuestra la importancia de las tecnologías espaciales en el estudio de lo que ocurre en la tierra, con los sismos y otras geoamenazas.**

A principios de los años '90, comenzó a desarrollarse un proyecto científico visionario en su momento, impulsado por investigadores chilenos y franceses en el marco de una colaboración entre el Institut de Physique du Globe de Paris, Francia y los Departamentos de Geofísica y de Geología de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad de Chile. Consistió en la instalación de un moderno observatorio sismológico multiparámetros de investigación que combinaba instrumentos de medición satelital y terrestre en el norte de Chile.

La ocurrencia del terremoto de Antofagasta M8.1 de 1995 fue así el primer gran terremoto de subducción en ser estudiado simultáneamente con datos satelitales (antenas GNSS en tierra y datos InSAR de los satélites ERS-1 y ERS-2) y estaciones sismológicas en tierra. Esto permitió dar un paso clave fundamental en la detección y comprensión de señales y procesos de deformación de la corteza involucrados en la zona epicentral antes, durante y después de un gran terremoto de subducción.

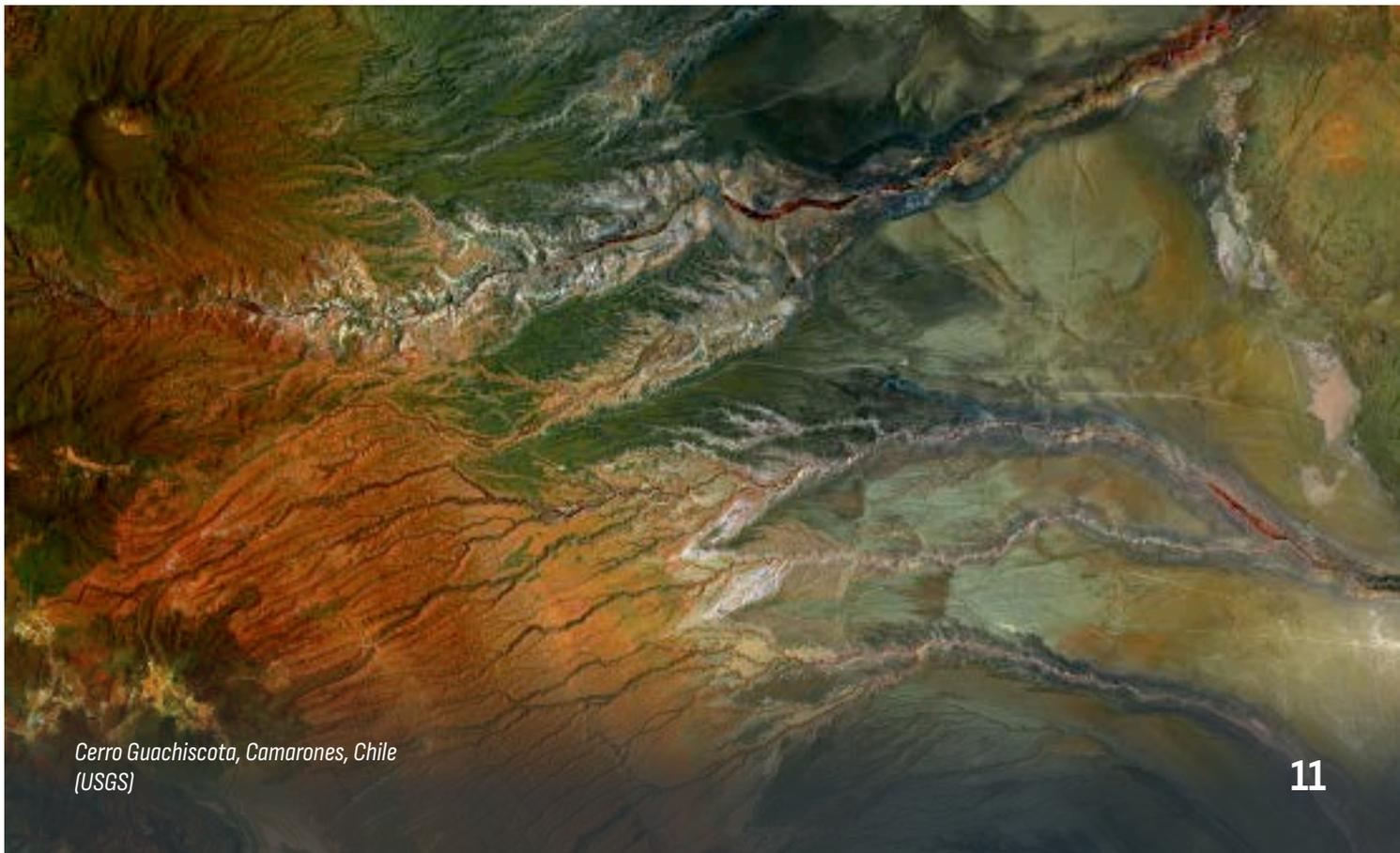
por Jaime Campos

En 1996, el mismo equipo de sismólogos inició un estudio similar, esta vez en la zona entre Constitución y Concepción, incorporando esta vez sismólogos italianos de la Universidad de Nápoles. Entre los años 2002 y 2004 se publicaron los resultados que permitieron caracterizar, utilizando datos satelitales, el «tipo» particular de deformación asociado a grandes terremotos con epicentro costero en el contexto de la subducción chilena. La validación del modelo se selló definitivamente con un artículo científico que identificaba el patrón de deformación de la corteza que ocurre antes de un gran terremoto, precisamente en la zona epicentral donde, cuatro meses después, ocurrió el megaterremoto M8.8 de Maule de 2010.

Estos resultados revelan la importancia de las tecnologías satelitales para la detección de zonas de amenaza sísmica. La vigilancia de las

geo-amenazas del contexto andino permite determinar acciones preventivas o de alerta para salvaguardar la vida humana, los bienes y la infraestructura crítica.

La tecnología satelital es clave, y así lo mostramos recientemente en Fidae 2024, debido a su gran cobertura espacial y temporal. De hecho, los científicos hoy utilizan los datos satelitales para realizar reconstrucciones detalladas de sucesos catastróficos pasados (terremotos, tsunamis, remociones en masa, inundaciones, entre otros), pero también para analizar y vigilar continuamente zonas sensibles en busca de posibles riesgos geológicos.



Cerro Guachiscota, Camarones, Chile
(USGS)

Patrimonio, memoria y desastres sicionaturales



Por su ubicación en el contexto andino, Chile está expuesto a importantes fenómenos geofísicos que afectan los territorios, paisajes y sociedades. El 27-F de 2010 puso en evidencia la fragilidad del patrimonio inmueble, con la destrucción de gran parte de las edificaciones en adobe de la zona central y, con ello, la pérdida de una memoria material de construcciones de larga data.

El patrimonio cultural inmueble ocupa un papel relevante en la composición de los territorios y se vincula con la identidad de las comunidades. Son edificaciones importantes de mantener, pero altamente vulnerables a los sismos y otras amenazas, ya que generalmente han sido construidas antes de las normas de diseño sismo-resistentes, con materiales de débil comportamiento sísmico como el adobe.

Por otro lado, nuestros patrimonios son moldeados por los desastres. La arquitectura vernácula (es decir, aquella construida por no-experta/os, en general desde prácticas de autoconstrucción comunitaria, de siglos de antigüedad) conoce procesos adaptativos de innovaciones y exposición a diversos eventos, e integra así un aprendizaje y memoria colectiva a partir de desastres pasados. Investigaciones de arquitectas demuestran que las construcciones en adobe de la zona central de Chile han incorporado mecanismos sismorresistentes al diseño original colonial. La ocupación del espacio y la historia de las urbanizaciones en América Latina también ejemplifican esta relación dialéctica entre los territorios y sus riesgos. Eventos como el terremoto de Valdivia de 1960 reconfiguran el paisaje a escala regional, mientras que otros llevan a importantes avances estatales, como la creación de la Corfo post terremoto de Chillán en 1939.

por Juliette Marin

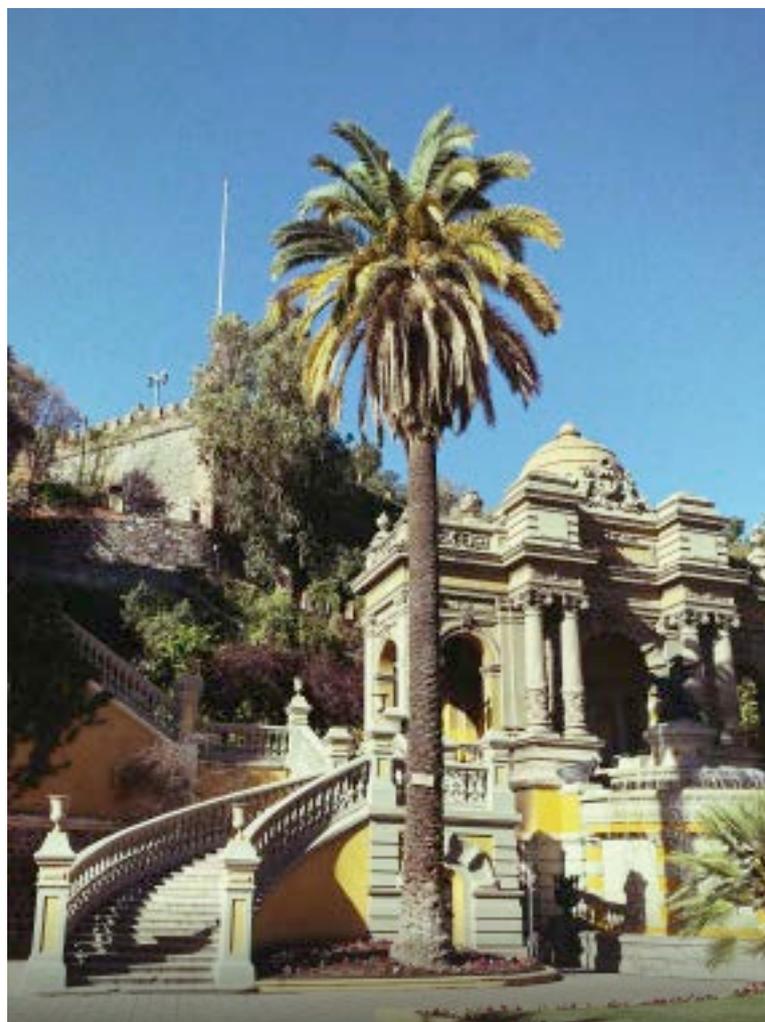
Asimismo, los desastres del contexto andino forman parte de un patrimonio común que se expresa por medio de nuestras culturas, creencias y concepciones. Ejemplos de ello son los mitos ancestrales como el relato mapuche las dos serpientes Kai Kai y Treng Treng, que explican la ocurrencia de terremotos y tsunamis, identifican las zonas seguras o de inundación y dan sentido al paisaje costero.

Otras figuras religiosas han sido dotadas de poder protector como san Saturnino o las procesiones del Cristo de Mayo, que se realizan en Santiago desde el destructor terremoto del 6 de mayo de 1647. El arte y nuestras culturas están marcados por los grandes desastres que hemos vivido, desde la poesía de Gabriela Mistral hasta los cantos populares post terremoto de Chillán de 1939, pasando por el famoso trago Terremoto, el humor o la leyenda de la Quintrala. Los desastres han orientado también el desarrollo de técnicas observacionales y constructivas que son parte de un patrimonio científico chileno y mundial.

Desde la comprensión de estas relaciones entendemos la memoria como componente estratégico, que adopta diferentes formas en la reducción del riesgo de desastres. **Los catálogos sísmicos y las normas constructivas son prácticas de memoria colectiva puestas al servicio de la prevención de desastres.** Los conocimientos sobre el territorio de las comunidades que lo habitan pueden nutrir las cartografías del riesgo y son fuentes de gran valor para la comprensión de sus geohistorias.

Desde el año 2022, el 22 de mayo es el Día Nacional de la Memoria y Educación sobre Desastres Socio-Naturales, para recordar a las víctimas de los desastres pasados y educar en torno a la prevención y reducción del riesgo. En 2023, el Programa Riesgo Sísmico de la

Universidad de Chile inauguró la **ruta de la memoria y patrimonios en Santiago**, que permite a la ciudadanía recorrer la ciudad y buscar las trazas de los desastres pasados. Durante mayo, mes de los patrimonios, invitamos a conectarse con las huellas del espacio que nos rodea, para comprender el pasado y aprender de él, enfrentar el presente a partir de las experiencias acumuladas en los territorios y construir futuras sociedades sustentables.



Cerro Santa Lucía, Santiago, Chile
(Foto: Zsofia Vera)

De Illapel 1971 a Valparaíso 2024: lecciones de los desastres



8 de julio de 1971, un devastador terremoto de magnitud 7.8 sacudió la región centro de Chile, con epicentro continental, a 12 kilómetros al Este de La Ligua, unos 112 km al Norte de Santiago y a una profundidad de 40 kilómetros. Este sismo, que dejó 85 muertos y cientos de heridos, se inscribió en la memoria colectiva como un evento catastrófico que desnudó las fragilidades estructurales del país y la urgente necesidad de una gestión eficiente en la respuesta a desastres. Fue un terremoto de características similares al que había devastado la región de Talca en 1928, el cual, en su momento dió pie a la promulgación de una Ley de Urbanismo y Construcción (Ley 4.563 de 1929) y que dispuso la elaboración de un «Plano General de Transformación» para las ciudades con más de 20.000 habitantes, así como las primeras normas antisísmicas para las nuevas edificaciones en Chile.

Frente a la tragedia del 8 de julio, el Gobierno de Salvador Allende promulgó la Ley 17.564 que, entre otras medidas, creó las Corporaciones de Desarrollo con el objetivo de **coordinar los esfuerzos de reconstrucción y desarrollo en las áreas afectadas**. Estas corporaciones, materializadas a través de Comités Comunales de Emergencia, integraron a representantes del gobierno local, fuerzas de seguridad, y diversas organizaciones comunitarias, enfatizando una respuesta inmediata y local. Este modelo permitió una participación ciudadana directa, donde las comunidades podían expresar sus necesidades y colaborar en la implementación de soluciones. Estas medidas fueron asimismo desarrolladas en detalle en uno de los documentos más interesantes (y avanzados para su época) que haya emanado de un ente público en Chile en materia de reconstrucción: el **Plan de reconstrucción 1971-1973: de las provincias de Coquimbo, Aconcagua, Santiago, Valparaíso y O'Higgins**, afectadas por el sismo del 8 Julio de 1971 confeccionado por la Oficina de Planificación (ODEPLAN).

por Julián Cortés

Cincuenta años después, y como consecuencia del mega incendio que afectó la región de Valparaíso en febrero de 2024, el Plan de Reconstrucción 2024 propone un enfoque levemente similar y complementario. Este plan recupera la figura de la corporación en contextos de desastres mediante la creación de una Corporación para la Reconstrucción, encargada de coordinar los esfuerzos de recuperación y reconstrucción a nivel nacional. Esto se enmarca en la nueva estructura de la Ley 21.364, que establece el Sistema Nacional de Prevención y Respuesta ante Desastres (SINAPRED) y crea el Servicio Nacional de Prevención y Respuesta ante Desastres (SENAPRED). A diferencia de sus predecesoras, esta nueva corporación tiene un carácter centralizado, con un enfoque técnico y administrativo, y su objetivo es asegurar una gestión eficaz y coherente de los proyectos de reconstrucción, con un fuerte respaldo del Estado

Al comparar ambos enfoques, se destaca un cambio significativo en la gestión de desastres. La Ley 17.564 y el Plan de Reconstrucción de 1971 promovieron una respuesta local y participativa, integrando a la comunidad en el proceso de toma de decisiones. Por otro lado, el Plan de Reconstrucción 2024 adopta un enfoque integral pero centralizado, lo que, suscita dudas respecto a una rápida, adecuada y eficiente coordinación, así como una pronta implementación de las medidas necesarias. Si bien, ambos planes tienen un enfoque holístico que aborda tanto la reconstrucción física, el bienestar social y la reactivación económica, en el caso del Plan de Reconstrucción 2024, se agrega la necesidad de velar por la sostenibilidad ambiental.

La participación ciudadana fue y debe seguir siendo un componente esencial. La experiencia de la Ley 17.564 demuestra que el involucramiento de la comunidad es crucial para identificar necesidades específicas y garantizar una distribución equitativa de la ayuda. En el contexto

actual, aunque el Plan de Reconstrucción 2024 se centraliza en una entidad administrativa, es fundamental que se mantenga y fomente la participación de las comunidades afectadas. Esto puede lograrse a través de procesos consultivos, talleres comunitarios y mecanismos de feedback continuo.

Las lecciones aprendidas de ambos enfoques nos enseñan que la gestión de desastres requiere un balance entre la coordinación centralizada y la participación local. La estructura centralizada puede proporcionar los recursos y la eficiencia necesarios para una reconstrucción efectiva, pero la participación ciudadana asegura que estas medidas sean pertinentes y sostenibles a largo plazo. Además, la integración de la comunidad en estos procesos fortalece el tejido social y promueve una cultura de resiliencia.

Los desafíos futuros en la gestión de riesgos de desastres siconaturales en Chile deben considerar este balance. Es imperativo que las políticas públicas integren enfoques participativos y colaborativos, donde la comunidad no solo sea receptora de ayuda, sino también un actor clave en la planificación y ejecución de proyectos de reconstrucción. La experiencia del terremoto de 1971 y las recientes respuestas a los incendios de 2024 subrayan la importancia de un enfoque derechos, participativo, inclusivo y considerando los aportes de los distintos actores dentro del territorio.

En conclusión, la memoria del terremoto de 1971 nos recuerda la necesidad de adaptabilidad y aprendizaje continuo. Mientras avanzamos hacia el futuro, debemos integrar las lecciones del pasado y los avances del presente para construir una sociedad más resiliente, donde la participación ciudadana y la coordinación efectiva trabajen de la mano para enfrentar cualquier desafío que nos deparen los desastres siconaturales.

El poder destructivo de los terremotos de profundidad intermedia

Los terremotos de profundidad intermedia son eventos que ocurren al interior del planeta en un rango de 70 a 350 km de profundidad. Hay consenso entre los expertos que estos terremotos deben ser controlados por procesos físicos y mecanismos diferentes a los terremotos poco profundos (menores a 70 km), como los que ocurren con epicentro a lo largo de la costa en Chile. Desde hace unos 30 años los sismólogos e ingenieros sismorresistentes en Chile han logrado confirmar que los terremotos de profundidad intermedia presentan generalmente un área de daño, o zona de intensidades elevadas, que resulta ser mayor que la observada para los terremotos de igual magnitud, pero de poca profundidad y con epicentro costero.

El 13 de junio se cumplieron 19 años de uno de estos terremotos de profundidad intermedia. Ocurrió en el Norte, al interior de Iquique 2005, a una profundidad de 110 km, con epicentro unos 125 km al Este de esta ciudad y a unos 50 km de Pica. Su magnitud fue M7.8 y las intensidades importantes (percepción de la población y daños) abarcaron gran parte de las regiones del Norte Grande de Chile, especialmente la de Tarapacá.

Las zonas más afectadas fueron las comunas de la Provincia de Iquique: Camiña, Colchane, Huara, Pica, Alto Hospicio, Iquique y Pozo Almonte, además de los poblados de Pisagua y Camarones.

Este terremoto cobró la vida de 6 personas y provocó una destrucción importante. En Arica se produjeron deslizamientos de roca desde el morro hasta la Costanera, superando las 400 toneladas de material desprendido, sin dañar a ningún habitante. Igual situación sucedió en los despeñaderos cercanos a la ciudad de Iquique, cortando la ruta que une la capital regional con Alto Hospicio. El molo de abrigo del puerto iquiqueño sufrió daños en su estructura, mientras que en la ciudad no



*Iglesia de San Lorenzo de Tarapacá
tras terremoto de 2005
(Foto: Diego Salgado)*

por Jaime Campos

hubo grandes destrozos, a excepción de algunas casas y vitrinas comerciales. Los pueblos de Huara y San Lorenzo de Tarapacá resultaron prácticamente destruidos en su totalidad.

¿Por qué tanta destrucción? Esta constatación, un alto nivel de daño asociado a este tipo de terremotos, a pesar que su foco está a más de 100 km de profundidad lejos de la superficie y que su magnitud es menor a 8, ha llamado la atención de los expertos desde mucho antes y había estimulado la indagación por comprender y resolver este misterio. Un primer avance importante se logró en Chile hace unos 30 años. Un estudio de sismólogos de la Universidad de Chile, a partir de un análisis de tipo “forense” de registros sísmicos antiguos del terremoto de 1939 de Chillán, pudieron determinar correctamente que su localización epicentral era más bien hacia el interior del continente (no costera) y que su profundidad fue de unos 100 km. El devastador terremoto de Chillán de 1939, de magnitud M7.8, correspondía así también a la categoría de terremotos de profundidad intermedia, como el del 2005 en el Norte de Chile. Así, a comienzos de los años 90, los expertos comprendieron que la amenaza sísmica de un gran terremoto con epicentro costero en la región Constitución-Concepción, devastada por el terremoto de 1939, y donde había ocurrido antes el gran terremoto y tsunami de 1835 descrito por Darwin, acumulaba energía que el terremoto de 1939 no había liberado y en consecuencia la amenaza sísmica de esa región debía ser revisada. Poco tiempo

después, en noviembre del 2009 el grupo de sismólogos chilenos y colegas franceses, publicaron los resultados de un estudio en la región Constitución-Concepción, utilizando tecnologías satelitales y datos de estaciones sismológicas en tierra, y advertían sobre la proximidad del estado crítico de ocurrencia de un gran terremoto en esta región. **Tres meses después ocurrió el 27F de magnitud M8.8.**

A raíz del impacto y destrucción del terremoto de 1939, el gobierno de la época de Pedro Aguirre Cerda articuló un plan estratégico de reconstrucción y desarrollo de la región, impulsado desde el Estado, que contempló el nacimiento de la CORFO.

Este tipo de terremotos de profundidad intermedia, aunque pueden no tener una gran magnitud, son muy notorios para la población ya que generan un efecto de importante de daños en la superficie. Los desafíos de la ciencia para generar conocimiento y comprender su origen y mecanismo, hacen de Chile un laboratorio natural para su estudio. Las nuevas tecnologías satelitales han mostrado ser fundamentales para avanzar en este sentido. El terremoto del 2005, cuyo foco estuvo a más de 100 km alejado de la superficie, logró ser estudiado con datos de satélites cuyas órbitas están entre 20 a 200 kilómetros de altura, demostrando el rol fundamental de estas tecnologías espaciales para aportar nuevos antecedentes sobre las geoamenazas en el contexto andino.



*Calle de San Lorenzo de Tarapacá tras terremoto de 2005
(Foto: Diego Salgado)*

Mary Graham, de cronista de la sociedad a precursora de la sismología en Chile



Han pasado casi 120 años desde el devastador terremoto de Valparaíso -16 de agosto de 1906- que dejó 3.000 víctimas fatales. A raíz de esto, se creó el Servicio Sismológico de Chile, bajo la tutela de la Universidad de Chile y la dirección del francés Fernand De Montessus de Ballore. Sin embargo, éste no fue el primer hito del estudio de los sismos en Chile, ni mucho menos el primer terremoto en nuestro territorio.

En la lejana Inglaterra, y más de un siglo antes, nacía la persona que actualmente es reconocida como la precursora de la sismología en nuestro país. En 1787, en la familia del vicealmirante Dundas, nació Mary. Tal como las hijas de familias acomodadas de la época, fue educada en tareas domésticas, en las letras y las artes para convertirse en una dama de sociedad. Una de sus pasiones era escribir sus vivencias, pensamientos y sueños en su diario.

En 1822, junto a su esposo, Thomas Graham, emprende una aventura embarcándose en una convulsionada travesía por el Cabo de Hornos, viaje en el que Mary pierde a su marido.

Al arribar al puerto de Valparaíso en 1822, la viuda inglesa Mary Graham es invitada a compartir con la alta sociedad, escribiendo en su diario sus nuevas experiencias y describiendo las costumbres de la naciente República de Chile. Mary conoció a los personajes claves de aquellos años, como Bernardo O'Higgins, lord Thomas Cochrane y José de San Martín, por nombrar algunos.

La noche del 22 de noviembre de 1822, Mary se encontraba en Quintero disfrutando del aire fresco cuando, a las 22:15 horas, «la casa se sacudió violentamente, con un ruido semejante a una explosión de pólvora». El movimiento fue tal, que debió arrancar fuera

por Lucía Núñez

de la casa, cuyos muros caían con estruendo. Al comienzo el suelo se sacudía y luego, ondulaba, como se mueve un «buque en altamar». La tierra se sacudió por tres minutos, y continuó moviéndose con diferente intensidad durante toda la noche.

A pesar del miedo, Mary tomó su pluma, su diario y comenzó a escribir con gran detalle todo lo vivido. Registró los tipos de movimientos, dirección, duración y frecuencia, todo gracias a sus agudas observaciones.

A la mañana siguiente, ya con la luz del sol, Mary vio la devastación causada por aquel terremoto. Casas destruidas, árboles con raíces al aire, grietas en los cerros y en los huertos, cambios en las orillas del río y en la costa, elevaciones de terreno que antes estaban cubiertos por el mar. Las consecuencias para la población fueron devastadoras. Todo registrado en su diario.

Esta increíble descripción, más que el relato de una cronista de la vida cotidiana corresponde a una observación analítica del fenómeno

vivido. Un relato científico, descrito con los instrumentos disponibles en el momento: Reloj, vasos con agua y el propio conocimiento y percepción. Nunca antes se describió un terremoto con aquel detalle en nuestro país.

Gracias a la publicación de su «Diario de una Residencia en Chile», que contiene la minuciosa descripción, podemos reconstruir con notable precisión las características del terremoto de 1822, desde el tipo de movimiento sísmico hasta sus efectos geológicos.

Su enfoque científico, riguroso y detallado, anticipó en décadas los estándares de la sismología moderna. A pesar de las limitaciones de la época y de los prejuicios de género, la Sociedad Geológica de Londres reconoció la relevancia de su trabajo, sentando un precedente para el reconocimiento de las mujeres en las ciencias. Hoy, en Chile, celebramos a Mary Graham no solo como una testigo excepcional, sino como la pionera que abrió camino a la investigación sísmológica en nuestro país.



Valparaíso
(Foto: Ilustración por Marie Graham del libro "Diario de mi residencia en Chile")

Vigilando la cordillera desde el espacio: Monitoreo satelital tras el terremoto de Las Melosas



En 1958, el Cajón del Maipo vivió una serie de terremotos que sacudieron la tranquilidad de las montañas, con 3 sismos, que ocurrieron el 4 de septiembre, de magnitudes en torno a 6.7. Este evento, conocido como el terremoto de Las Melosas, dejó un legado que aún hoy despierta curiosidad. Han pasado 66 años, pero las preguntas sobre la actividad sísmica en la cordillera persisten. Hoy, gracias a los avances tecnológicos, podemos aprender del pasado para prepararnos para el futuro, usando herramientas que desde el espacio nos brindan una visión inédita del comportamiento de la Tierra.

Una de estas herramientas es el radar de apertura sintética (InSAR), una tecnología que, mediante satélites, detecta pequeños cambios en la superficie terrestre. Imaginemos que un satélite emite ondas hacia la Tierra y capta el eco de esas ondas al rebotar en el suelo. Con mediciones repetidas en el tiempo, podemos detectar deformaciones mínimas en la corteza terrestre.

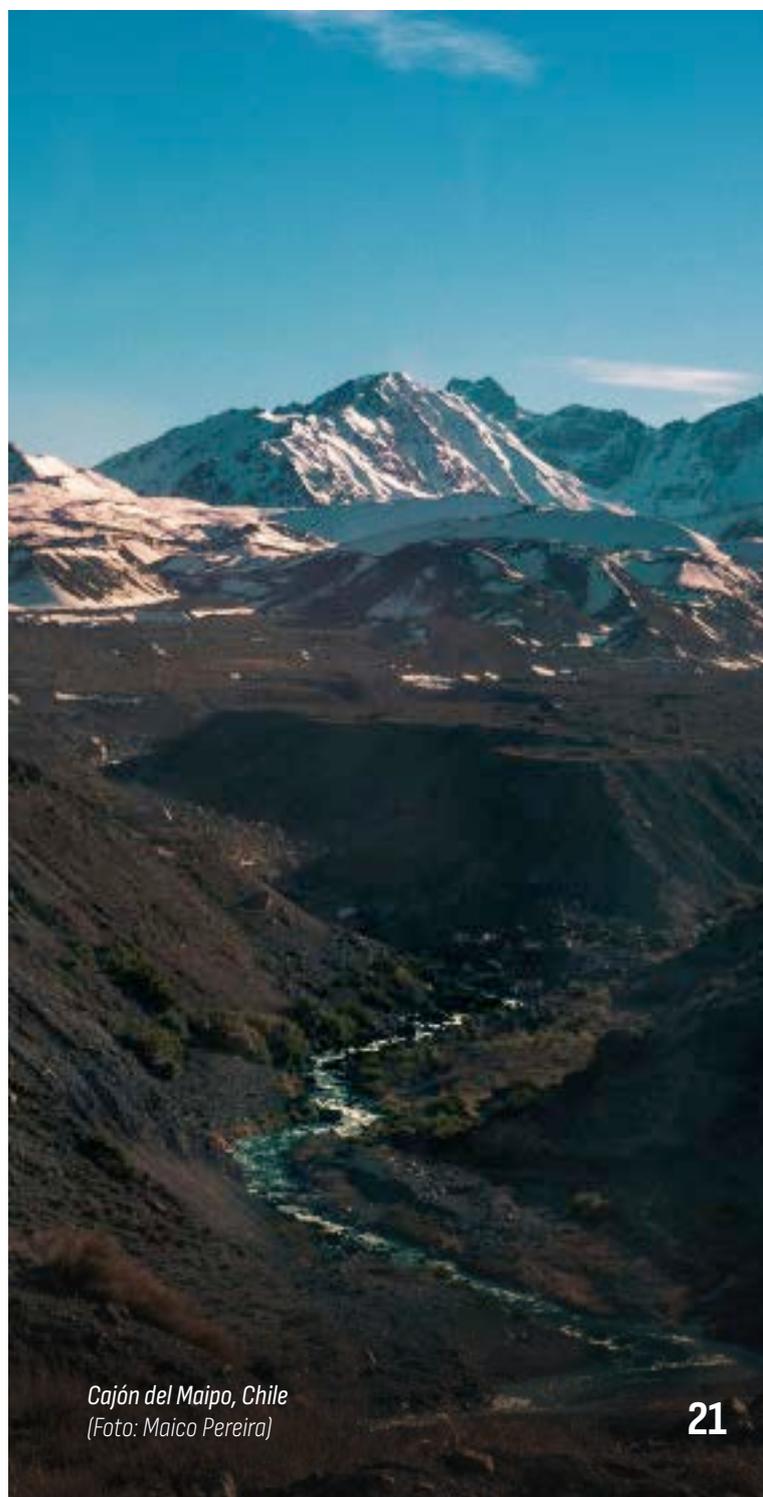
Este método ha revolucionado el estudio de los terremotos. Hoy, podemos analizar zonas remotas o de difícil acceso, así como áreas pobladas, que son de gran interés. Esto no solo durante o después de un terremoto, sino continuamente. Esta ventaja invaluable permite identificar zonas de riesgo antes de un evento destructivo. **En el caso del terremoto de Las Melosas en el Cajón del Maipo, las tecnologías satelitales actuales nos habrían permitido entender mejor el comportamiento de las fallas corticales superficiales en la cordillera**, responsables de eventos sísmicos localizados como el de 1958. Estas fallas, aunque menos conocidas que las grandes fallas en la costa, son igualmente peligrosas y representan una amenaza significativa para las comunidades cercanas.

por Gabriela Herrera

Además de los terremotos, las imágenes satelitales ayudan a monitorear otros fenómenos en esta región montañosa, como deslizamientos de tierra, cambios en los glaciares e incluso la actividad volcánica. El Cajón del Maipo, con su geografía accidentada y relevancia tanto turística como económica, se beneficia enormemente de esta vigilancia constante desde el espacio.

En este contexto, el **Sistema Nacional Satelital (SNSat)**, implementado por la Fuerza Aérea de Chile, representa una oportunidad importante para desarrollar la capacidad de monitorear el territorio desde el espacio. Sin embargo, para maximizar los beneficios, es fundamental fortalecer la colaboración entre los sectores público, académico y privado. Las universidades, como la Universidad de Chile, ya cuentan con capacidades en tecnología satelital y capital humano especializado, lo que podría complementar y acelerar el desarrollo en estas áreas. Un esfuerzo conjunto permitiría no solo consolidar las capacidades satelitales del país, sino también promover avances científicos y tecnológicos que beneficiarían sectores como la agricultura, minería y gestión de desastres, entre otros. Esta cooperación sería clave para que Chile alcance un mejor nivel tecnológico, buscando equipararse a otros países de la región, como Argentina y Brasil, que han avanzado considerablemente en esta área.

En definitiva, el auge del monitoreo satelital llegó a Chile para quedarse, y no debemos desaprovechar la oportunidad para que el país siga desarrollando su capacidad de monitoreo de riesgos geológicos y otros fenómenos naturales. La clave está en unir esfuerzos y recursos, asegurando que las instituciones puedan enfrentar de manera efectiva y oportuna los desafíos que se avecinan, especialmente en materia de reducción de riesgo de desastres.



Cajón del Maipo, Chile
(Foto: Maico Pereira)

Terremoto 15 octubre 1997: tamaño y destructividad no siempre van de la mano

Los chilenos solemos bromear con los terremotos. Cuando escuchamos de desastres en otros países preguntamos la magnitud del evento y acto seguido viene lo siguiente: cualquier cosa menor a 6 no la sentimos, si es 7 esperamos a que pase, de 8 hacia arriba nos preocupamos.

Esta tranquilidad y orgullo mezclado con arrogancia le deben mucho a las casas y edificios, hay que sacarse el sombrero con los constructores ¿A qué se debe esto? Un factor es la distancia, buena parte de los terremotos que ocurren en Chile lo hacen cerca de la fosa y lejos del continente, bajo el Pacífico a unos 150 km de la costa. Esos son los terremotos de subducción, ocurren en la interfaz entre las placas, pueden ser enormes, los más grandes del planeta si se quiere.

Pero hay más, **tenemos un zoológico de sismos, en la taxonomía de terremotos también están los que ocurren dentro de las placas.** Son realmente temibles, no tenemos buenas palabras para nombrarlos, si pasan dentro de la placa continental, aquí donde vivimos, los llamamos *intraplate*, si pasan dentro de la placa oceánica les llamamos *intraslab*.

En octubre de 1997 ocurrió uno de estos. Tuvo una magnitud 7.1 en la escala de Richter y aún así, dejó Punitaqui en el suelo. Según la Wikipedia hubo 8 muertos, 160 heridos y miles sin casa, no hubo tiempo de esperar nada, la broma ya no es tan buena. Una mezcla de construcciones de adobe y malos suelos serían los culpables. El hipocentro no ayuda, 68 kilómetros en línea recta hacia abajo. Comparado con los terremotos en la interfaz es la mitad de la distancia, eso quiere decir, poco espacio para disipar la energía del movimiento fuerte. Las aceleraciones que registramos fueron altas. En la banda que afecta al adobe, fue 20% más intenso que la caída libre, difícil resistir eso.



por Patricio Toledo

Hay más, hubo actividad precursora. Tres meses antes, en julio de 1997 en la costa al norte de Punitaqui, justo al borde sur del gran terremoto de 1922, un enjambre que incluye 4 eventos de magnitud 6 y 9 de magnitud 5 se propagó en cascada hacia Punitaqui. En una inquietante coincidencia, esta sismicidad se detuvo muy cerca del futuro epicentro, ahora rodeado por el borde norte del gran terremoto de 1906. Vino una tensa espera, una quiescencia de 6 semanas, un silencio suficiente para creer que todo había pasado, una falsa alarma más.

En la noche del 15 de octubre a las 2203h se desató la catástrofe, creemos que una cosa llevó a la otra, que la actividad previa induce la actividad futura, pero no lo podemos descifrar todavía, bien puede ser que los estreses en la placa provocaran una presión a todo lo alto, desde arriba hacia abajo, en un estilo que llamamos *slab push* en oposición a tensar la placa como en el *slab pull*.

Independiente del mecanismo, **este evento nos plantea un desafío para el que creo no estamos preparados, comparado con los gigantes como Valdivia, el Maule o incluso el terremoto del año 85, estamos hablando de sismos chicos, y sin embargo muy destructores.**

Nos falta por entender, no sabemos describir las probabilidades en estos casos. Seguro hay que poner cuidado en los lugares donde hace mucho que no tiembla, suelen tener construcciones antiguas, se me vienen a la mente las iglesias de 150 años en el norte grande o sitios que por estar lejos de la costa dan la impresión de refugio.

En todos los casos, **vamos a seguir estudiando estos eventos, hay mucho por descubrir aún. Mientras tanto, recordar es una buena forma de estar atentos.**



Punitaqui, Chile
(Foto: Ariel Cruz Pizarro)

Terremoto y tsunami Atacama 1922: desafío al campo de vigilancia sísmica

El día 10 de noviembre, tan sólo unos minutos antes de la medianoche, ocurrió un **devastador terremoto que golpeó con fuerza la Región de Atacama**, con mayor intensidad en el segmento que comprende entre Chañaral y La Serena (ya región de Coquimbo).

Tanto los precarios sistemas constructivos, como la hora (que tomó a la población con la guardia baja), fueron el cóctel perfecto para generar caos y, desgraciadamente, lamentar la pérdida de decenas de vidas.

¿Podría haber sido peor? En efecto lo fue. La potencia y configuración del terremoto fueron propicias para inducir un tsunami que causó enormes daños y destrucción en la zona litoral de la región.

En un rápido vistazo a nuestro pasado reciente, **vemos varias similitudes con la tragedia ocurrida en el conocido 27F. Esto nos permite nuevamente relevar la importancia de la memoria sísmica y enfatizar en las cosas que aún tienen espacio para mejorar.**

El caso del evento de 1922 es de alto interés científico, ya que ofrece enormes desafíos en su comprensión. En la época, ya existía el Servicio Sismológico, pero disponía de una muy limitada capacidad de registro, con un puñado de instrumentos (la mayoría de tipo pendular) que resultaron dañados y no se pudo tener registro local.

Los sismógrafos existentes en el mundo capturaron el paso de las ondas en el campo lejano (gran parte de estaciones europeas), y muchos otros datos complementarios fueron tomados mediante entrevistas a la población, que suelen estar muy cargados de incertezas, imprecisiones y sesgos, debido al escaso alcance de cultura sísmica y a la entendible confusión y pánico del momento.



por Mauricio Fuentes

Es por eso que es muy complejo establecer una localización hipocentral confiable, aunque es probable que fuese alrededor de la comuna de Vallenar (en un radio de 50 km), a una profundidad que podría ir de los 40 a 60 km. Sin embargo, la presencia de un posterior tsunami sugiere que la ruptura viajó hacia el oeste, llegando a la fosa oceánica, generando un desplazamiento del lecho marino.

Las isosistas (curvas de igual *intensidad*) alrededor de Vallenar llegan incluso a XI, y comienza a decrecer entre Copiapó y La Serena a VIII. Estas altas intensidades sugieren que el suelo sufrió de enormes

aceleraciones, lo que concuerda con algunos relatos de testigos que indicaron que les fue difícil mantenerse en pie y el colapso de centenares de viviendas.

Este fue uno de los primeros terremotos importantes que desafió en Chile el campo de la vigilancia sísmica y nos recuerda lo complejo que es lidiar con este tipo de fenómenos y cómo debemos valernos de los progresos tecnológicos en conjunto con las capacidades humanas para convivir con estas manifestaciones naturales de nuestro planeta.



Terremoto de Atacama, 1922
(Foto: Memoria Chilena)

Un laboratorio natural para la observación del sistema tierra

Chile es un laboratorio natural para la observación del sistema tierra, puesto que reúne condiciones extraordinarias para el estudio, explicación y comprensión de fenómenos geofísicos como son los movimientos tectónicos, tsunamis, erupciones volcánicas, cambio climático, observación del océano, magnetismo, ionósfera, entre otros.

Más del 70% de la superficie de la Tierra está cubierta de agua y la mayoría de las regiones continentales se concentran en el Hemisferio Norte. El Hemisferio Sur, donde la superficie continental representa menos de un 10% a nivel global, es una zona del planeta mucho menos sensorizada y estudiada que el Hemisferio Norte.

Esta desigual situación afecta directamente la capacidad de la ciencia en la captura de datos clave para reducir la incertidumbre de los modelos utilizados para el análisis de escenarios de geo-amenazas y cambio climático.

En el Hemisferio Sur, Chile tiene una posición geográfica privilegiada para la instalación de dispositivos geofísicos de observación del sistema tierra: 8.000 kms desde Visviri al Polo Sur, cubriendo un 80% de la distancia entre el Ecuador y el Polo Sur siguiendo la circunferencia de la Tierra. A esto se suma el potencial de sensorización de sus islas en el Océano Pacífico y su extensión hacia el territorio Antártico. Esto es, un territorio localizado en 3 continentes.

Siendo Chile uno de los países más sísmicos del mundo, resulta excepcional como laboratorio natural de fenómenos tectónicos y geológicos. Es así que, actualmente cuenta con una red sismológica desplegada en su territorio que brinda datos de calidad. Más allá del interés científico, para el país resulta prioritario disponer de una



por Jaime Campos

estructura de observación de calidad de apoyo a la gestión de riesgos, frente a los impactos potenciales de las geo-amenazas en la población, la infraestructura y el territorio. Se trata de una materia de alto interés público.

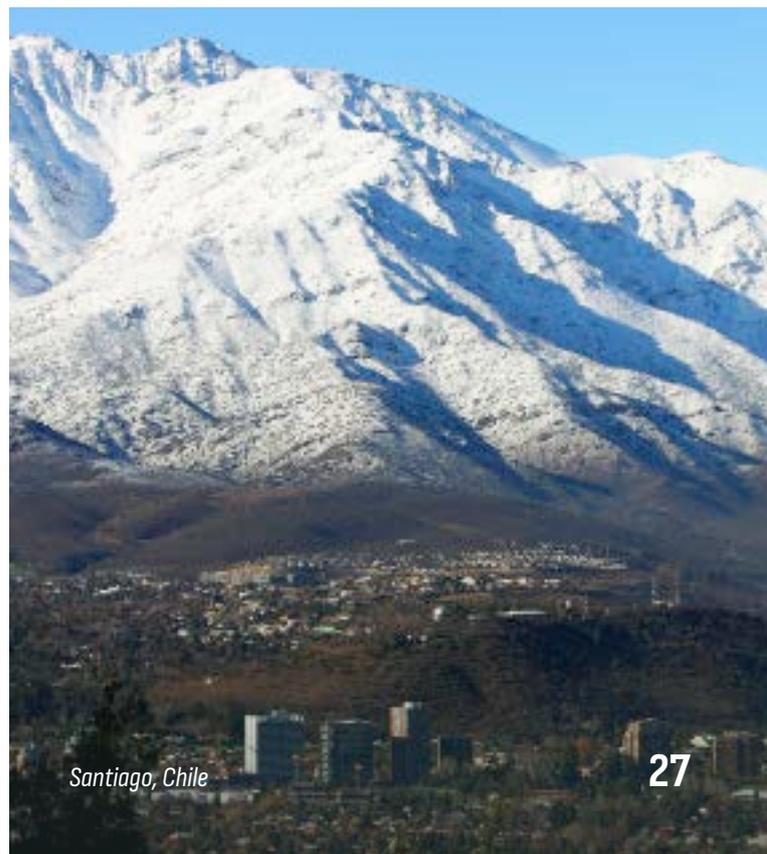
La Red Sismológica Nacional con sus capacidades físicas multiparamétrica (sismómetros, acelerógrafos y GNSS) y técnicas, es actualmente una infraestructura observacional relevante y fundamental en el Hemisferio Sur y uno de los recursos clave más importantes con los que la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad de Chile contribuye al desarrollo de las geo-ciencias a nivel global. Históricamente, esta red ha sido co-construida con aportes locales y de la colaboración internacional.

Es así que, considerando el atractivo de nuestro país, como laboratorio natural para la geo-ciencia, científicos de otras partes del mundo, -principalmente Francia, EEUU, Alemania, Italia, Japón y China-, han venido instalando de manera creciente, dispositivos de observación del sistema tierra en Chile. Actualmente, en este campo, ocurre algo similar al proceso de instalación de observatorios astronómicos.

Por otra parte, cabe señalar que, la tecnología satelital es una pieza fundamental para las geo-ciencias. Para avanzar en este ámbito es clave, el acceso a y la disponibilidad de los datos satelitales geofísicos. No sólo a imágenes, sino también, altimetría, gravimetría, radiancia, magnometría, transientes electromagnéticos, señales magnetoacústicas, GNSS, InSAR, entre otros, se puede abordar temas como medición de la altura del mar y la deformación de la corteza terrestre. En este materia contamos con el acceso a datos satelitales a través de la importante Red de 150 estaciones GNSS del Centro Sismológico Nacional. Los datos satelitales, validados y calibrados en

tierra, contribuyen sustantivamente a la generación de conocimientos en geo-ciencias y al desarrollo de inteligencia territorial.

Todo esto representa una oportunidad excepcional para el desarrollo de observatorios multiparámetros en Chile, orientados a la captura de datos geofísicos con impacto a escala global. En este contexto, el Programa Riesgo Sísmico (PRS) de la FCFM de la Universidad de Chile ha estado promoviendo el Observatorio Geofísico Multi-Parámetros G-DATA, cuyo objetivo es obtener datos y generar conocimiento para entender, predecir y proyectar los efectos, riesgos y amenazas de fenómenos naturales y cambios en el Sistema Tierra. Este esfuerzo busca contribuir a una gestión integrada del territorio basada en evidencia, abarcando áreas como la mitigación de los impactos de desastres socio-naturales, el cambio climático, la sequía, así como tsunamis y terremotos.





Cordillera de Los Andes



PROGRAMA
RIESGO SÍSMICO



fcfm

FACULTAD DE CIENCIAS
FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
UNIVERSIDAD DE CHILE

PRS.UCHILE.CL

[@PRSISMICO](https://www.instagram.com/PRSISMICO)



Esta revista nace de la colaboración entre el Programa Riesgo Sísmico y Radio Cooperativa a propósito de la publicación de columnas mensuales en dicho medio durante el año 2024.

Programa Riesgo Sísmico - Diciembre de 2024
Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas (FCFM), Universidad de Chile