
TERREMOTOS CON TSUNAMI EN CHILE, PERÍODO 2010-2020

♦ R E S U M E N ♦

Chile es un país con gran actividad sísmica. Los últimos 20 años han estado marcados por la ocurrencia de terremotos y posteriores tsunamis en diversas partes del país. En este artículo se hace una presentación del contexto sismo-tectónico de Chile continental, para posteriormente presentar un resumen geofísico de los terremotos y consecuentes tsunamis más importantes en la década 2010-2020, haciendo una comparación de los tamaños entre cada evento.

Palabras clave: Terremoto, sismo, tsunami, magnitud.

TSUNAMIGENIC EARTHQUAKES IN CHILE (2010–2020)

♦ A B S T R A C T ♦

Chile is a country with significant seismic activity, resulting from its tectonic setting along the Pacific Ring of Fire. The past two decades have witnessed several major earthquakes, many of which generated tsunamis that affected different regions of the country. This article outlines the seismotectonic framework of mainland Chile, presenting a geophysical overview of the most significant tsunamigenic earthquakes between 2010 and 2020. It further offers a comparative analysis of these events in terms of magnitude, spatial extent, and overall impact.

Keywords: Earthquake, Tsunami, Magnitude.



MATÍAS SIFÓN ANDALRAFT

Capitán de corbeta

Ingeniero Naval en Hidrografía y Oceanografía (SHOA)

(msifon@shoa.cl)

Valparaíso, Chile.

Chile se encuentra ubicado en un contexto sísmicamente activo. En Chile continental, se pueden observar dos ambientes tectónicos diferentes bastante marcados; en la zona norte, desde Arica hasta la península de Taitao, la dinámica tectónica está dominada por la subducción de la placa de Nazca bajo la Sudamericana (ver figura 1), con una velocidad promedio de 6,5 cm/año¹ (Ranero et al., 2006), mientras que, al sur de esa península, la interacción entre la placa Antártica, la Sudamericana y la de Scotia gobiernan la geodinámica local, con una velocidad estimada de unos 2 cm/año (Ranero et al., 2006). Lo anterior permite que, al norte de la península de Taitao, exista una mayor sismicidad tanto en recurrencia como en magnitud, debido a que una mayor velocidad de convergencia implica una mayor tasa de acumulación de energía para liberar en forma de terremotos. Por consiguiente, es de esperar que, dada la velocidad de interacción de las placas en el contexto geotectónico al sur del punto triple, denominado así porque es donde interactúan 3 placas tectónicas, la sismicidad sea mucho menor. Debido al contexto tectónico brevemente descrito, y principalmente al norte del punto triple, Chile es uno de los países con mayor tasa de sismicidad del mundo, teniendo, en promedio, un terremoto magnitud 8 o superior cada 10 años (Madariaga, 1998).

Al sur del punto triple, como se observa en la Figura 2, el comportamiento geodinámico es diverso;

por la zona norte, la placa Antártica subducta bajo la Sudamericana, mientras que, al llegar al punto donde se unen dichas placas y la de Scotia, la subducción se produce entre la placa Antártica y la de Scotia. Al acercarse al continente blanco, las diversas micro-placas generan un contexto más complejo, con diferentes tipos de interacción entre ellas y las placas mayores, en torno a la placa de Scotia. Ésta última se separa de la placa Sandwich del Sur (SSP) por el este, en un margen divergente, mientras que se desplaza horizontalmente de la placa de Sudamérica en el norte, por la falla de Magallanes-Fagnano (MFFZ) y la Dorsal Norte de Scotia (NSR). Por otra parte,

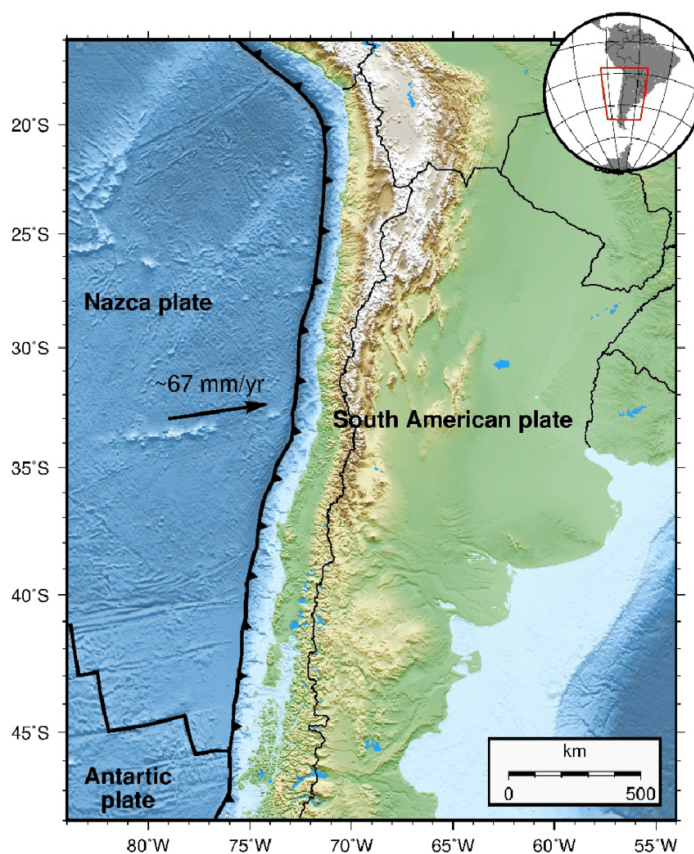


Figura 1: Contexto tectónico general de la zona centro y norte de Chile. La línea negra gruesa muestra el límite entre las placas tectónicas. (Fuente: Rutherford & Cassidy, 2022)

1. Dependiendo de la fuente que se consulte, se pueden obtener valores levemente diferentes, lo que no representa un error, ya que se debe tener en cuenta que la velocidad de convergencia no es uniforme a lo largo de toda la falla.

un mecanismo focal inverso, lo que implica que ocurrió en el contexto de subducción en que una placa se mete debajo de otra y, por lo tanto, tiene potencial para generar un alzamiento brusco del fondo marino, produciendo un tsunami.

Posteriormente, el 22 de agosto, ocurrió otro sismo en el paso Drake, cuya magnitud fue estimada en torno a 7.5 según el USGS, esta vez más cercano a la península Antártica. Dado que es un área cercana al evento ocurrido en mayo, se podría pensar que las características del terremoto podrían ser similares. Sin embargo, el de agosto ocurrió en un ambiente tectónico diferente, donde no hay subducción; es más, es terremoto no ocurrió en el contacto entre dos placas tectónicas, sino que, al interior de una placa, denominado terremoto intra-placa. Este terremoto fue del tipo transformante, lo que quiere decir que los bloques que se mueven lo hacen principalmente de manera horizontal, con

componentes verticales mucho menores (ver explicación en Figura 3). Estos dos eventos poseen muchas particularidades, por lo que no serán abordados en detalle en este artículo.

Desarrollo

La mejor forma de representar sismos de gran tamaño no es mediante su epicentro, que corresponde a la proyección en superficie del punto donde comienza el proceso de ruptura, es decir, latitud y longitud, sino que más bien mediante un área de ruptura que, para un sismo de magnitud cercana a 7.5, puede llegar a ser del orden de 100 km de largo, como se verá más adelante. Es importante destacar que el área de ruptura corresponde a la superficie geológica que se desplaza y reacomoda durante un terremoto, generando ondas sísmicas que son percibidas en una región mucho mayor.³

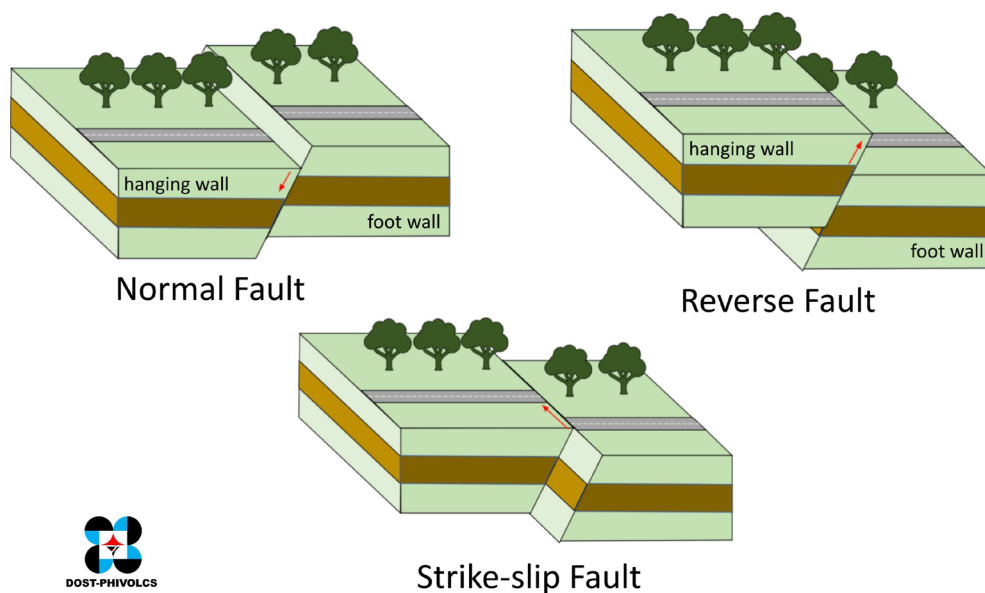


Figura 3: Representación simplificada del movimiento relativo entre los bloques de tierra, de los diferentes tipos de terremotos. (Fuente: Phivolcs, 2018)

3. A partir del área de ruptura, el desplazamiento a lo largo de esta y otros parámetros geofísicos, se determina la magnitud y es independiente de cómo sea percibido en diferentes lugares. Esto último se asocia al concepto de intensidad. La magnitud es una sola para cada terremoto (puede variar del orden de ± 0.1 según el método), mientras que la intensidad para un mismo sismo, varía dependiendo de diversos factores, siendo la distancia al área de ruptura uno de los más determinantes.

Teniendo en cuenta el contexto tectónico, se hará un breve repaso de las características geofísicas de los terremotos y tsunami más importantes generados por ellos en los últimos 20 años en Chile,⁴ en orden cronológico.⁵ Finalmente, se efectuará una comparación entre ellos.

1. **Maule, 2010:** El 27 de febrero de 2010, a las 06:34 (UTC)⁶ – 03:34 (HL)⁷ – ocurrió un sismo cuya magnitud final estimada fue 8.8 (M_{ww}). Este evento tuvo un largo de ruptura de aproximadamente 500 km, por unos 100 km de ancho (en la zona de contacto). Este evento corresponde a un mecanismo focal inverso, propio de la subducción, cuya inclinación promedio a lo largo de la zona de contacto (i.e. *dip*) fue de aproximadamente 15°, y generó

un desplazamiento máximo de unos 17 m (USGS, 2012). Los desplazamientos verticales generados en costa alcanzaron valores cercanos a los 2 m (Fritz et al., 2011).

El tsunami que generó este terremoto alcanzó una amplitud máxima estimada sobre los 11 metros, con alturas de inundación cercana a los 30 m y con impacto en prácticamente todo el país (Fritz et al., 2011).

Si se considera la magnitud como parámetro de referencia, este terremoto se posiciona como uno de los más grandes registrados en la era instrumental, después del de Valdivia (1960), Alaska (1964) y Sumatra (2004),

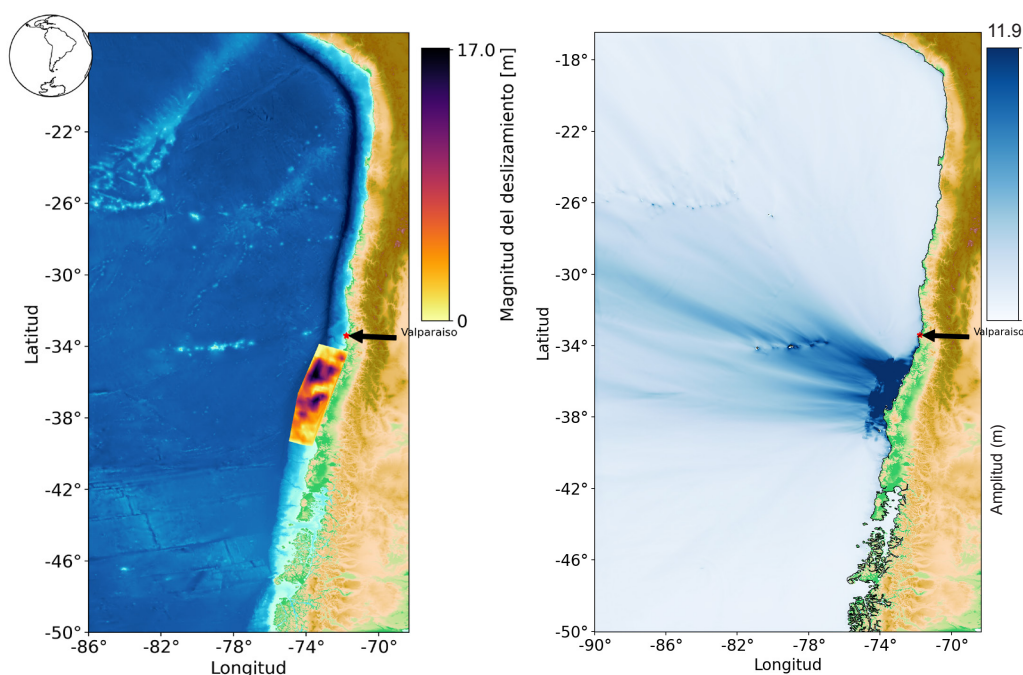


Figura 4: Representación del terremoto y tsunami de 2010. A la izquierda se observa una proyección en superficie de la distribución de deslizamiento en la zona de ruptura del terremoto. A la derecha un modelo de las máximas amplitudes de tsunami a partir del terremoto (Fuente: Elaboración autor artículo)

4. En el presente artículo no se abordan en detalle los terremotos ocurridos en el paso Drake durante 2025, debido a las particularidades de ellos. Se espera sean presentados en un artículo posterior.

5. La referencia a cada uno de los terremotos puede variar según la fuente que se consulta. Por ejemplo, el terremoto del norte, ocurrido en 2014, se puede encontrar como terremoto de Pisagua o de Iquique, mientras que, el de 2015 como Illapel o Coquimbo.

6. UTC: Tiempo Universal Coordinado.

7. HL: Hora Local en el momento y lugar del evento.

teniendo la misma magnitud que el ocurrido en Rusia en 2025.

2. Pisagua, 2014: A contar del 16 de marzo de 2014, comenzó una secuencia importante de sismos frente a las costas de la zona norte del país. El 01 de abril de 2014, a las 23:46 (UTC) – 20:46 (HL) – ocurrió un sismo cuya magnitud final estimada fue 8.2 (M_{ww}), siendo el evento principal de la secuencia. Este terremoto tuvo un largo de ruptura de aproximadamente 80 km por unos 80 km de ancho (en la zona de contacto). El mecanismo focal fue inverso nuevamente, propio de la subducción, cuya inclinación promedio fue de aproximadamente 18° (*dip*), y generó un desplazamiento máximo en la zona de contacto de unos 7 m (USGS, 2014). Este terremoto, además, tuvo una réplica bastante importante el día 3 de abril, con magnitud Mw 7.7 (Catalán et al., 2015).

El tsunami generado por este terremoto alcanzó amplitudes máximas cercanas a los 3 metros, con alturas máximas de inundación en terreno del orden de los 4.6 metros. El tsunami tuvo impacto visual evidente entre Arica e Iquique, aunque los instrumentos más hacia el sur también registraron variaciones importantes (Catalán et al., 2015).

La Figura 5 muestra una representación de los modelos del deslizamiento del terremoto y el tsunami generado.

3. Illapel 2015: El 16 de septiembre de 2015, a las 22:54 (UTC) – 18:54 (HL) – ocurrió un sismo cuya magnitud final estimada fue 8.3 (M_{ww}). Este evento tuvo un largo de ruptura de aproximadamente 230 km, por unos 100 km de ancho (en la zona de contacto). Nuevamente, mecanismo focal inverso, con inclinación promedio aproximada de 19° (*dip*), generando un

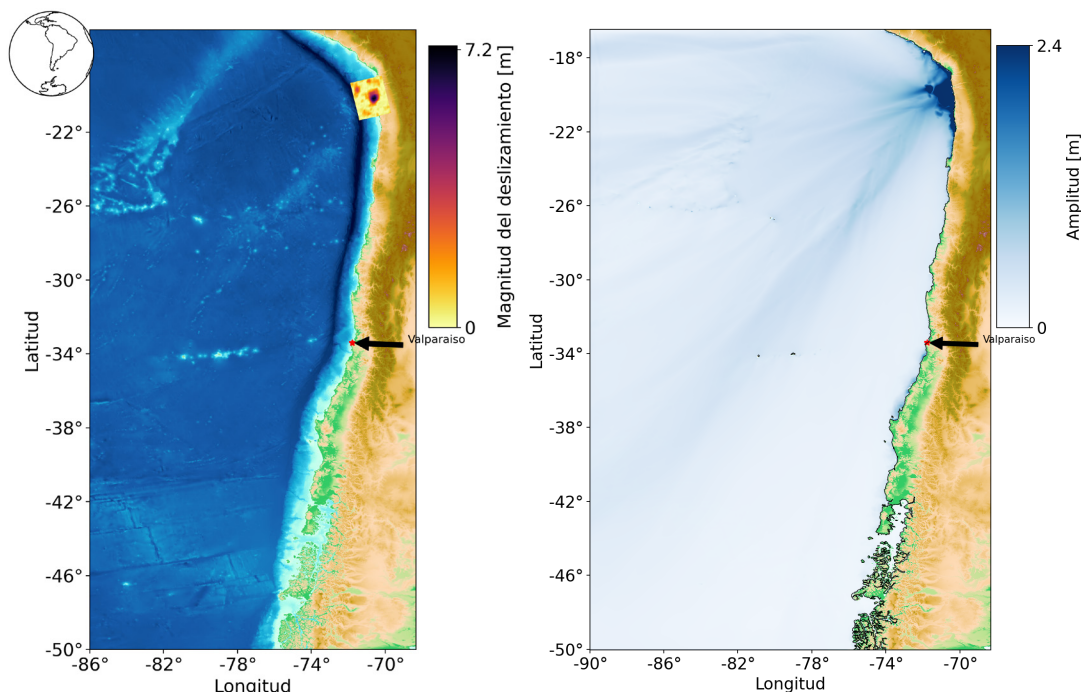


Figura 5: Representación del terremoto y tsunami de 2014. A la izquierda se observa una proyección en superficie de la distribución de deslizamiento en la zona de ruptura del terremoto. A la derecha un modelo de las máximas amplitudes de tsunami a partir del terremoto. (Fuente: Elaboración autor artículo)

desplazamiento máximo en la zona de contacto de unos 8 m (USGS, 2015). Las máximas deformaciones verticales en costa fueron del orden de algunas decenas de centímetros (Herman et al., 2017).

Este terremoto generó un tsunami cuyas máximas amplitudes bordearon los 5 metros. Las máximas alturas de inundación en terreno que generó son del orden de 12 metros (Herman et al., 2017), tardando menos de 10 minutos en arribar a las costas, desde el inicio del terremoto (Contreras et al., 2016 y Fuentes et al., 2016).

La Figura 6 muestra una representación de los modelos del deslizamiento del terremoto y el tsunami generado.

4. Melinka 2016: El 25 de diciembre de 2016, a las 14:22 (UTC) – 11:22 (HL) –, ocurrió un

sismo cuya magnitud final estimada fue 7.6 (M_{ww}). El terremoto tuvo un largo de ruptura de aproximadamente 90 km por unos 45 km de ancho (en la zona de contacto), siendo considerablemente menor que los anteriormente descritos. Su mecanismo focal es inverso, con inclinación promedio aproximada de 23° (*dip*), y generó un desplazamiento máximo en la zona de contacto de unos 6 m (USGS, 2016). Una de las particularidades de este sismo es que ocurrió en la zona de ruptura del gigante de 1960, siendo el primer terremoto de gran magnitud que ocurre en la zona desde aquel mega terremoto (Melgar et al., 2017).

Concordantemente con la magnitud del sismo, el tsunami generado fue menor, cuyas máximas amplitudes no superaron el metro. Las estaciones de nivel del mar del Servicio Hidrográfico

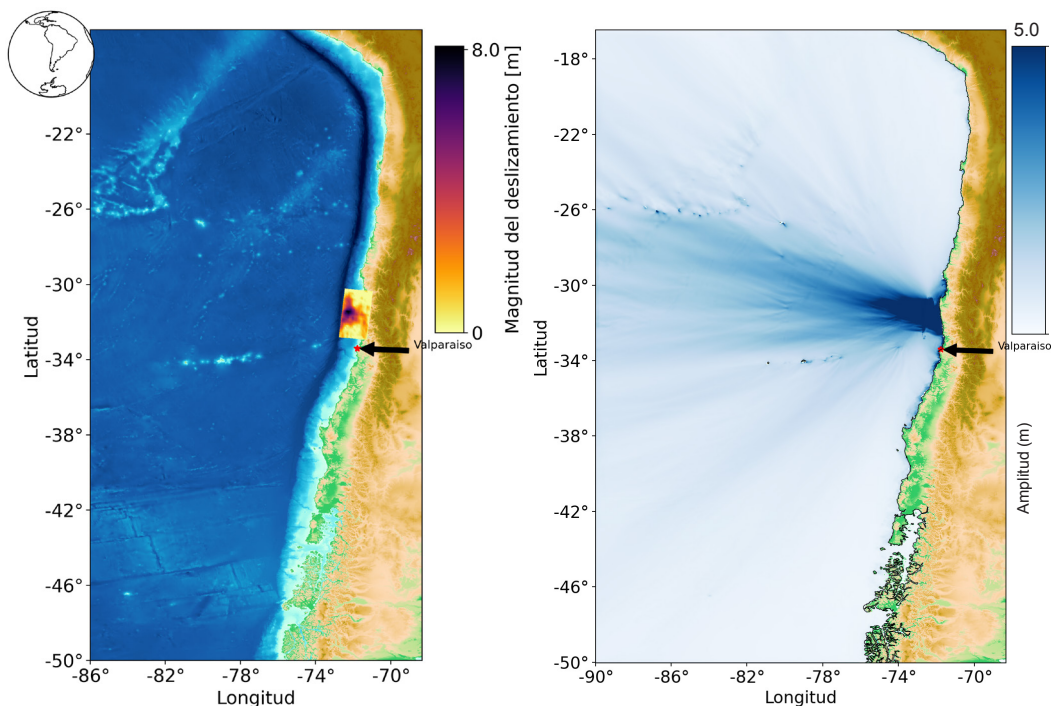


Figura 6: Representación del terremoto y tsunami de 2015. A la izquierda se observa una proyección en superficie de la distribución de deslizamiento, en el contacto entre placas, del terremoto. A la derecha un modelo de las máximas amplitudes de tsunami a partir del terremoto. (Fuente: Elaboración autor artículo)

y Oceanográfico de la Armada (SHOA) registraron un tsunami menor a 50 cm y no se reportaron inundaciones, lo que puede estar asociado a la baja densidad tanto de poblacional como de instrumentación del sector.

La Figura 7 muestra una representación de los modelos del deslizamiento del terremoto y el tsunami generado.

Conclusión

Los 4 eventos presentados marcaron una década con gran actividad sísmica y generación de tsunami en Chile de todas las magnitudes, desde muy pequeños hasta mega terremotos. Es relevante considerar que todos ellos ocurren en localidades diferentes y obedecen a procesos relativamente independientes ya que todos suceden a lo largo del margen continental y, por lo tanto, puede existir algún tipo de relación más directa, la que ha

sido discutida por algunos autores (Melgar et al., 2017; Melnick et al., 2017; Ruiz et al. 2017; Ruiz et al. 2016 y Peña et al., 2021).

La Figura 8 muestra una comparación entre los 4 casos, tanto para el terremoto como para el tsunami. Para cada figura se ha usado una escala absoluta, tomando como referencia el mayor valor de deslizamiento (terremoto) y amplitud (tsunami) entre todos ellos, permitiendo hacer una comparación de los tamaños entre los 4 escenarios. Lo anterior evidencia claramente la disimilitud de energía liberada, siendo órdenes de magnitud mayor el terremoto y tsunami de 2010, mientras que los de 2014 y 2016 prácticamente no son visibles, lo que no quiere decir que no hayan tenido un impacto. Simplemente, el mega terremoto de 2010 es enorme en comparación con los otros. En este análisis, se ha dejado fuera el gigante de 1960, el terremoto más grande registrado en la era instrumental; de incluirse, el de 2010 también se observaría como de tamaño pequeño.

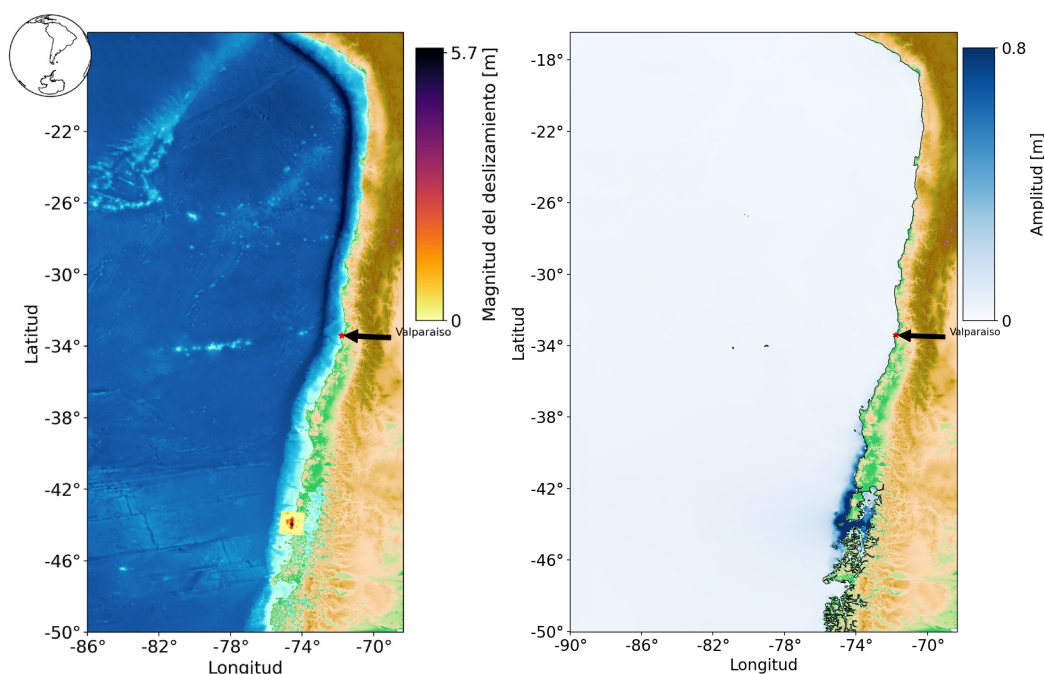


Figura 7: Representación del terremoto y tsunami de 2016. A la izquierda se observa una proyección en superficie de la distribución de deslizamiento en la zona de contacto del terremoto. A la derecha un modelo de las máximas amplitudes de tsunami a partir del terremoto. (Fuente: Elaboración autor artículo)

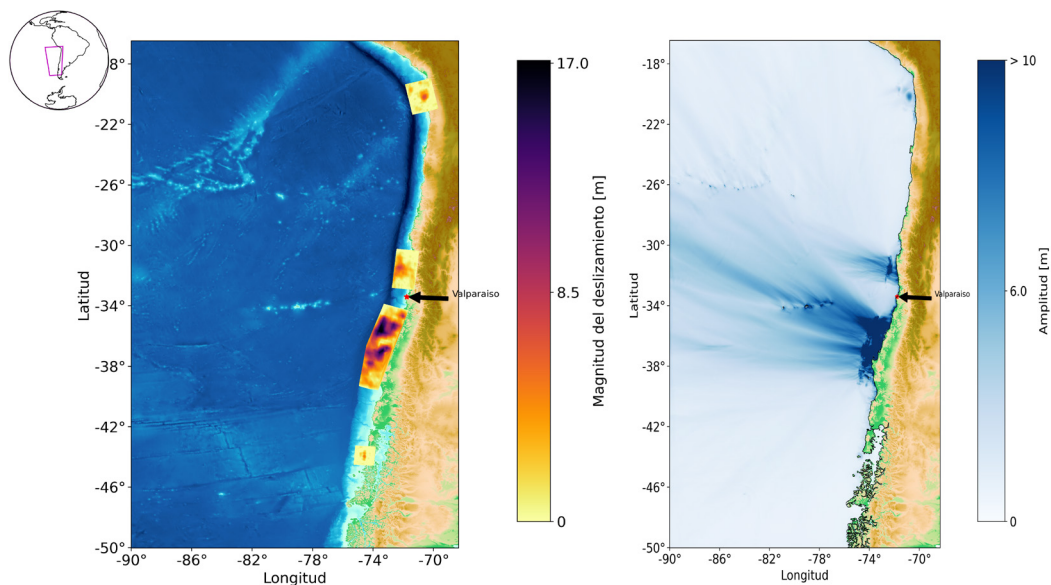


Figura 8: Representación conjunta de los 4 terremotos y tsunamis discutidos en el presente artículo. En estas figuras se ha usado la misma escala para los eventos, siguiendo la lógica de las figuras anteriores. (Fuente: Elaboración autor artículo)

Figura 8: Representación conjunta de los 4 terremotos y tsunamis discutidos en el presente artículo. En estas figuras se ha usado la misma escala para los eventos, siguiendo la lógica de las figuras anteriores (elaboración propia).

Se estima que en Chile ocurre un terremoto de magnitud 8 o superior en cada década, aunque estos pueden ocurrir en cualquier instante, no siendo esta una regla que obedezca a la física de los fenómenos, más bien exclusivamente a la estadística. Asimismo, a pesar de haber ocurrido 4 eventos de importancia, existen áreas

en el país que no han liberado la energía acumulada a lo largo de los años y, como es de esperarse, en algún instante lo harán. Chile es un país sísmicamente muy activo y, considerando que no existe una metodología en el mundo que permita predecir cuándo se producirá un terremoto, si se tiene la certeza de que sucederán en los lugares donde ya han ocurrido. Es importante conocer y entender las características de estos fenómenos naturales, lo que permitirá disminuir la probabilidad de que se conviertan en desastres socio-naturales.



LISTA DE REFERENCIAS

1. Catalán, P. A., Aránguiz, R., González, G., Tomita, T., Cienfuegos, R., González, J., Shrivastava, M. N., Kumagai, K., Mokrani, C., Cortés, P., & Gubler, A. (2015). The 1 April 2014 Pisagua tsunami: Observations and modeling. *Geophysical Research Letters*, 42, 2918–2925. <https://doi.org/10.1002/2015GL063333>
2. Contreras-López, M., Winckler, P., Sepúlveda, I., Andaur-Álvarez, A., Cortés-Molina, F., Guerrero, C. J., Mizobe, C. E., Iguall, F., Breuer, W., Beyá, J. F., & Vergara, H. (2016). Field survey of the 2015 Chile tsunami with emphasis on coastal wetland and conservation areas. *Pure and Applied Geophysics*, 173(2), 349–367. <https://doi.org/10.1007/s00024-015-1235-2>
3. Centro Sismológico Nacional (CSN). (2025). Informe de sismo. <https://www.sismologia.cl/sismicidad/informes/2025/05/295837.html>
4. Fritz, H., Petroff, C., Catalán, P., Cienfuegos, R., Winckler, P., Kalligeris, N., Weiss, R., Meneses, G., Valderas-Bermejo, M. A. C., Barrientos, S., Ebeling, C., Papadopoulos, A., Contreras, M., Almar, R., Domínguez, J., & Synolakis, C. (2011). The Chile tsunami of 27 February 2010: Field survey and modeling. *AGU Fall Meeting Abstracts*, 3.
5. Fuentes, M., Riquelme, S., Hayes, G., et al. (2016). A study of the 2015 Mw 8.3 Illapel earthquake and tsunami: Numerical and analytical approaches. *Pure and Applied Geophysics*, 173, 1847–1858. <https://doi.org/10.1007/s00024-016-1305-0>
6. Herman, M. W., Nealy, J. L., Yeck, W. L., Barnhart, W. D., Hayes, G. P., Furlong, K. P., & Benz, H. M. (2017). Integrated geophysical characteristics of the 2015 Illapel, Chile, earthquake. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 122, 4691–4711. <https://doi.org/10.1002/2016JB013617>
7. Madariaga, R. (1998). Sismicidad de Chile. *Física de la Tierra*, 10, 221–258.
8. Melgar, D., Riquelme, S., Xu, X., Báez, J. C., Geng, J., & Moreno, M. (2017). The first since 1960: A large event in the Valdivia segment of the Chilean Subduction Zone, the 2016 Mw 7.6 Melinka earthquake. *Earth and Planetary Science Letters*, 474, 68–75. <https://doi.org/10.1016/j.epsl.2017.06.026>
9. Melnick, D., Moreno, M., Quinteros, J., Báez, J. C., Deng, Z., Li, S., & Oncken, O. (2017). The super-interseismic phase of the megathrust earthquake cycle in Chile. *Geophysical Research Letters*, 44, 784–791. <https://doi.org/10.1002/2016GL071845>
10. Peña, C., Heidbach, O., Moreno, M., Melnick, D., & Oncken, O. (2021). Transient deformation and stress patterns induced by the 2010 Maule earthquake in the Illapel segment. *Frontiers in Earth Science*, 9. <https://doi.org/10.3389/feart.2021.644834>
11. Philippine Institute of Volcanology and Seismology (PHIVOLCS). (2018). Earthquake hazards. <https://www.phivolcs.dost.gov.ph/index.php/earthquake/earthquake-hazards>
12. Ranero, C. R., von Huene, R., Weinrebe, W., & Reichert, C. (2006). Tectonic processes along the Chile convergent margin. En O. Oncken et al. (Eds.), *The Andes* (pp. 91–121). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-540-48684-8_5
13. Ruiz, S., Klein, E., Del Campo, F., Rivera, E., Poli, P., Métis, M., Christophe, V., Báez, J., Vargas, G., Leyton, F., Madariaga, R., & Fleitout, L. (2016). The seismic sequence of the 16 September 2015 Mw 8.3 Illapel, Chile, earthquake. *Seismological Research Letters*, 87(4), 789–799. <https://doi.org/10.1785/0220150281>
14. Ruiz, S., & Madariaga, R. (2018). Historical and recent large megathrust earthquakes in Chile. *Tectonophysics*, 733, 37–56. <https://doi.org/10.1016/j.tecto.2018.01.015>
15. Ruiz, S., Moreno, M., Melnick, D., Del Campo, F., Poli, P., Báez, J. C., Leyton, F., & Madariaga, R. (2017). Reawakening of large earthquakes in south-central Chile: The 2016 Mw 7.6 Chiloé event. *Geophysical Research Letters*, 44, 6633–6640. <https://doi.org/10.1002/2017GL074133>
16. Rutherford, J., & Cassidy, J. (2022). Comparing felt intensity patterns for deep intraslab earthquakes in the Cascadia and Chilean subduction zones, offshore British Columbia, United States, and Chile. *Geological Survey of Canada, Open File 8899*. <https://doi.org/10.4095/330207>
17. United States Geological Survey (USGS). (2012). M 8.8 – 2010 Maule, Chile earthquake. https://earthquake.usgs.gov/earthquakes/eventpage/official20100227063411530_30/executive
18. United States Geological Survey (USGS). (2014). M 8.2 – 93 km NW of Iquique, Chile. <https://earthquake.usgs.gov/earthquakes/eventpage/us0000nzd/executive>
19. United States Geological Survey (USGS). (2015). M 8.3 – 48 km W of Illapel, Chile. <https://earthquake.usgs.gov/earthquakes/eventpage/us20003k7a/executive>
20. United States Geological Survey (USGS). (2016). M 7.6 – 41 km SW of Quellón, Chile. <https://earthquake.usgs.gov/earthquakes/eventpage/us10007mn3/executive>
21. United States Geological Survey (USGS). (2025). M 7.4 – Drake Passage earthquake. <https://earthquake.usgs.gov/earthquakes/eventpage/us7000pwfn/executive>
22. van de Lagemaat, S. H. A., Swart, M. L. A., Vaes, B., Kusters, M. E., Boschman, L. M., Burton-Johnson, A., Bijl, P. K., Spakman, W., & van Hinsbergen, D. J. J. (2021). Subduction initiation in the Scotia Sea region and opening of the Drake Passage: When and why? *Earth-Science Reviews*, 215. <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2021.103551>