



XII Congreso Geológico Chileno  
Santiago, 22-26 Noviembre, 2009



Geología  
FACULTAD DE CIENCIAS  
FÍSICAS Y MATEMÁTICAS  
UNIVERSIDAD DE CHILE

---

S3\_013

## **Antecedentes geológicos y geomorfológicos para el análisis de susceptibilidad de remociones en masa en la zona de Hornopirén (41°50' - 42°10')**

Náquira, M.V.<sup>1</sup>, Sepúlveda, S.A.<sup>1</sup>, Arenas, M.A.<sup>2</sup>

(1) Departamento de Geología, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile, Plaza Ercilla 803, Santiago, Chile.

(2) Servicio Nacional de Geología y Minería, Santa María 0104, Santiago, Chile.

[mnaquira@ing.uchile.cl](mailto:mnaquira@ing.uchile.cl);

### Introducción

El 21 de Abril de 2007, un sismo superficial de magnitud Mw 6.2 afectó la zona del Fiordo Aysén (45.5° S) en la Patagonia Chilena, generando decenas de remociones en masa en la costa del fiordo y sus alrededores [1,2]. La actividad sísmica se asocia a la zona de falla Liquiñe-Ofqui (ZFLO), una estructura de carácter regional norte-sur de más de 1000 km de longitud [3]. Debido a las consecuencias generadas por los sismos de Aysén de 2007, se ha despertado un interés en registrar con mayor constancia la actividad sismogénica de la ZFLO y sus potenciales efectos.

Hacia el norte, en la localidad de Hornopirén (42.05° S), se registró a partir del 23 de mayo de 2008 una actividad sísmica asociada a la ZFLO, que continuó durante el resto del año 2008, y los primeros meses del año 2009, con magnitudes de hasta Mw 5.4 [4]. Previamente también se ha detectado actividad sísmica superficial en la zona [5].

En la comuna de Hualaihué, donde Hornopirén es el principal centro poblado, la actividad humana se ha desarrollado en distintas áreas, como agricultura en los valles y la pesca y salmonicultura en los canales y fiordos. El turismo es otra actividad importante, ya que la comuna resguarda el Parque Nacional Hornopirén y parte del Parque Pumalín. En esta zona se planea además construir la sección faltante de la Carretera Austral. Por esta razón, es conveniente evaluar la susceptibilidad de remociones en masa a lo largo de las costas de los fiordos y canales ante posibles futuros eventos sísmicos. En particular, se analizan las costas de los canales Hornopirén, Cholgo, Llancahué, el fiordo Quintumpeu, y la costa norte del canal Comau (Figura 1.). Estos fiordos, llamados también canales, presentan costas abruptas, y las pendientes varían en general entre 30° - 50°.



XII Congreso Geológico Chileno  
Santiago, 22-26 Noviembre, 2009

---

### Geología de la zona

La zona de estudio (Figura 1) está compuesta mayoritariamente por rocas graníticas de probable edad terciaria y/o cretácica, que intruyen principalmente a rocas metamórficas de edad precámbrica- paleozoica [6]. Los afloramientos metamórficos (PP y Pz) se encuentran en la mitad oeste de las islas Pelada y Llancahué. Estas rocas poseen una esquistosidad variable con rumbo y manteo promedio de N8° W / 77° E. Por sus características mineralógicas y texturales, representarían facies metamórficas entre esquistos verdes y de anfibolita. Los afloramientos intrusivos (Ttm) se encuentran en la costa este del canal Hornopirén, y en ambas costas del canal Cholgo y fiordo Quintumpeu. Se presentan migmatitas formadas por rocas graníticas, y gneisses. Las rocas graníticas son en su mayoría tonalitas. En la costa norte del canal Llancahué existen cuerpos y filones de pórfidos dioríticos, tonalíticos y microdioritas, de espesores métricos (Tpd). Las unidades cuaternarias corresponden a materiales volcánicos (Qv); sedimentos aluviales, y fluviales recientes (Qs) y remociones en masa.

La zona de estudio se puede dividir en dos sectores gracias a la traza de la falla principal de la Zona de Falla Liquiñe-Ofqui (ZFLO). Esta falla presenta una dirección NNE, y se encuentra paralela a la costa este del canal Cholgo (Figura 1). Las disposiciones de las estructuras principales (Dip/Direction: 82°/091° - 71°/102°), que existen tanto al E como al W de la falla principal, y las direcciones de los planos de foliación presentes en las unidades metamórficas son similares (Dip/Direction: 78°/082°).

### Inventario de Remoción en Masa

En la zona de estudio se observaron decenas de remociones en masa, con las que se pudo realizar un mapa de distribución. Los deslizamientos se clasificaron según su tipo en: caída de roca, flujo de detritos, deslizamientos de roca-suelo, y deslizamientos de suelo. Una clasificación temporal de éstas no fue posible realizar; sin embargo, sí fueron clasificadas de manera distinta las remociones donde era evidente su mayor antigüedad debido al desarrollo de vegetación en sus depósitos.

Las remociones en masa de la zona de estudio se distribuyen principalmente en las costas más abruptas; es decir, donde las pendientes son mayores. Por esta razón, en las zonas que presentan menores alturas, como es el caso de las islas Pelada y Llancahué, el número de remociones en masa es mucho menor. La mayor concentración de remociones se encuentra en el fiordo Quintumpeu, donde se mapearon alrededor de 30 remociones en masa, y el tipo principal de éstas es caída de roca. En este fiordo, y la costa sur de la isla Llancahué, se constataron algunas remociones ocurridas por el sismo mayor del enjambre de mayo de 2008. Los tamaños de las remociones, en general, varían arealmente entre 1.000 y 100.000 m<sup>2</sup>.

### Análisis de Susceptibilidad

Con los antecedentes presentados, se está realizando un estudio de susceptibilidad por medio de un método de análisis estadístico bivariado, similar al utilizado por Arenas et al.



XII Congreso Geológico Chileno  
Santiago, 22-26 Noviembre, 2009

2008 [7] para el evento en el fiordo Aysén. En este método, los factores que se consideran determinantes en la inestabilidad del terreno (por ejemplo litología, pendientes, dirección de pendientes, curvatura de laderas, etc.) y factores asociados a la sismicidad superficial, se combinan con formulaciones matemáticas para obtener el grado de contribución al desequilibrio. En términos generales, el método combina por separado cada uno de los mapas de factores (separados en clases) con los diferentes tipos de remociones en masa, obteniéndose así, mediante la densidad de deslizamientos, un peso ponderado asociado a cada clase de los diferentes mapas de factores. Finalmente, para cada tipo de deslizamiento, se suman los pesos ponderados para poder obtener el mapa de susceptibilidad, el que es luego reclasificado para mostrar tres categorías cualitativas de susceptibilidad.

#### Agradecimientos

Este trabajo es financiado por el proyecto Fondecyt 11070107 y el Centro Internacional de Investigación de Terremotos Montessus de Ballore

#### Referencias

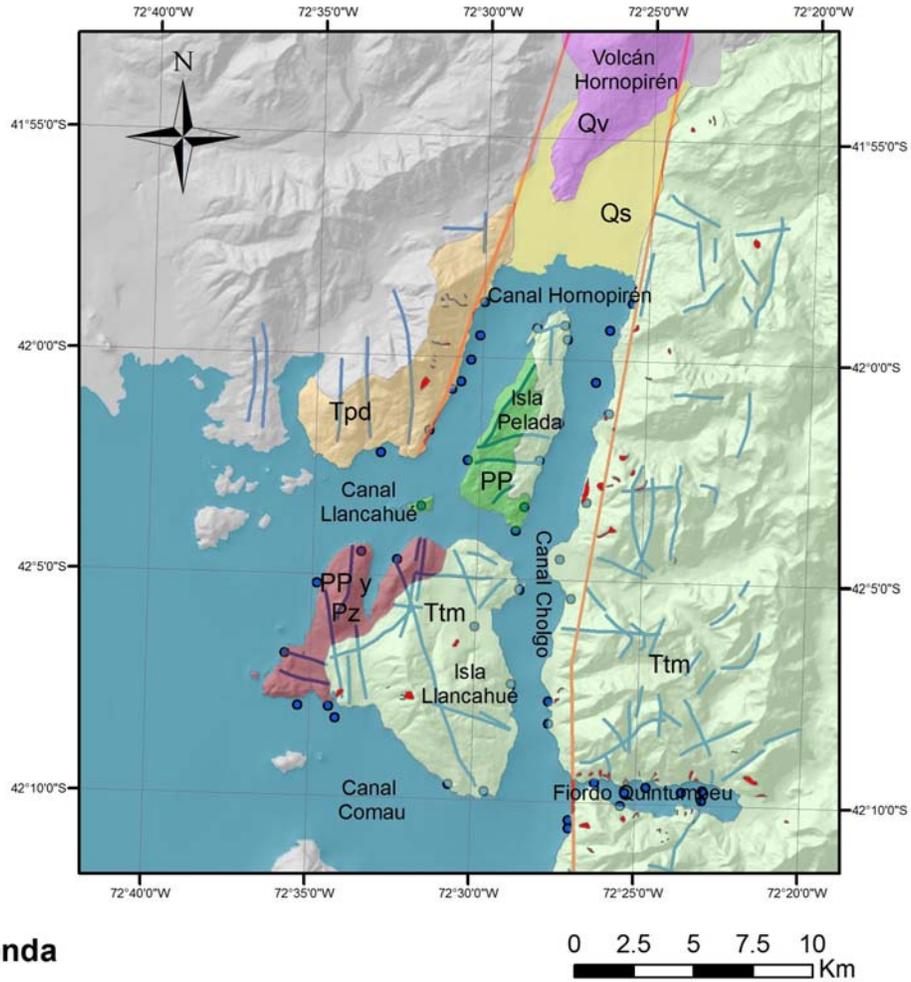
- [1] Naranjo, J.A.; Arenas, M.; Clavero, J.; Muñoz, O. (2009). Mass movement-induced tsunamis: main effects during the Patagonian Fjordland seismic crisis in Aysén (45°25'S), Chile. *Andean Geology*, 36, 137-146.
- [2] Sepúlveda, S.A.; Serey, A. (2009). Tsunamigenic, earthquake-triggered rock slope failures during the 21st of April 2007 Aysén earthquake, southern Chile (45.5°S). *Andean Geology*, 36 (1), 131-136.
- [3] Cembrano, J.; Lavenu, A.; Reynolds, P.; Arancibia, G.; López, G.; Sanhueza, A. (2002). Late Cenozoic transpressional ductile deformation north of the Nazca-South America-Antarctica triple junction. *Tectonophysics* 354: 289-314.
- [4] Servicio Sismológico, 2008a. Informe sobre la actividad sísmica de la Región de Los Lagos, Hornopirén, Mayo 2008. Servicio Sismológico Universidad de Chile, [http://www.sismologia.cl/ultimo\\_evento/hornopiren2008.pdf](http://www.sismologia.cl/ultimo_evento/hornopiren2008.pdf)
- [5] Lange, D.; Cembrano, J.; Rietbrock, A.; Haberland, C.; Dahm, T.; Bataille, K. (2008). First seismic record for intra-arc strike-slip tectonics along the Liquiñe- Ofqui fault zone at the obliquely convergent plate margin of the Southern Andes. *Tectonophysics*, doi: 10.1016/j.tecto.2008.04.014.
- [6] Levi, B.; Aguilar, A.; Fuenzalida, R. (1966). Reconocimiento geológico en las provincias de Llanquihue y Chiloé. *Boletín N°19*.
- [7] Arenas, M.; Naranjo, J.; Clavero, J.; Lara, L. (2008). Earthquake-induced landslides: susceptibility mapping for crisis management. *Congreso Geológico Argentino, N° 17, Actas 1:255*. Salvador de Jujuy.



fcfm

Geología  
FACULTAD DE CIENCIAS  
FÍSICAS Y MATEMÁTICAS  
UNIVERSIDAD DE CHILE

XII Congreso Geológico Chileno  
Santiago, 22-26 Noviembre, 2009



### Leyenda

#### Geología

- Áreas fuera zona estudio
- PP
- PP y Pz

- Ttm
- Tpd
- Qv

- Qs
- Falla (ZFO)
- Lineamientos

#### Remociones en Masa

- Red square symbol
- Puntos de terreno

Figura N°1: Unidades litológicas, y remociones en masa de la zona de estudio.