

GUÍA DE CAMPO DEL II SIMPOSIO ACHIGEO Ingeniería Geológica para Comunidades Resilientes (15 al 18 de octubre de 2025)

**Salida técnica por el valle del río Maule, Paso Internacional Pehuenche y Complejo
Volcánico Laguna del Maule**

Sábado 18 de octubre de 2025

por

Rodrigo Pérez Garay

Director Científico del proyecto Geoparque Pillanmapu

Docente a tiempo parcial de la carrera de Geología, Universidad Católica del Maule, Talca

1. Introducción

La presente salida técnica se enmarca en el II Simposio de ACHIGEO “Ingeniería Geológica para Comunidades Resilientes”, organizado en colaboración con la Universidad Católica del Maule. La excursión, guiada por el equipo del Geoparque Pillanmapu y de la Facultad de Ciencias Básicas de la Universidad Católica del Maule, tiene por objeto dar a conocer a las y los participantes el conocimiento disponible a la fecha sobre la constitución y evolución geológica de la Cordillera Principal de la región del Maule, con cierto énfasis en los procesos volcánicos recientes que han modelado el relieve andino a lo largo del valle del río Maule.

Este texto guía incluye un marco general sobre la constitución y evolución geológica y volcanológica de Chile Central, enfocado en la región del Maule, presentándose una descripción breve de los principales rasgos que se apreciarán a lo largo del transecto de la excursión. Para mayores antecedentes, sobre la geología de la región andina, se sugiere consultar Mpodozis & Ramos (1990), Charrier et al. (2007, 2009, 2015), y Ramos (2020).

2. Marco Geológico

2.1. La Cordillera de los Andes del Maule en el marco de la TSVZ

Con una extensión de ~7500 km, la Cordillera de los Andes es la cadena montañosa más larga en la Tierra. Su distribución abarca desde Venezuela (10° de latitud norte), pasando por Colombia, Ecuador y Perú, hasta alcanzar los 55° de latitud sur en el extremo austral de Chile y Argentina. Su ancho varía desde valores menores a 200 km, en el sur de Chile y en Ecuador, hasta alrededor de 600 km en la región del Altiplano, en el norte de Chile y en Bolivia. En los Andes chilenos existen 1.509 cumbres de más 4.000 m de altitud, más de 24.000 glaciares y unas 270 termas. En la Región del Maule destacan el Complejo Volcánico Planchón-Peteroa-Azufre, el Grupo Descabezados (Descabezado Grande, Descabezado Chico, Quizapu y Azul), el Complejo Volcánico Tatara-San Pedro-Pellado, el Complejo Volcánico Laguna del Maule y el Volcán Nevado del Longaví. La cumbre más elevada es el volcán Azufre con sus 4.113 m de altitud.

La región donde se desarrollará la salida técnica se encuentra entre, aproximadamente, 35,5° y 36° S, formando parte del segmento andino de subducción normal (**Figura 1**). Este segmento presenta un ángulo de inclinación del plano de subducción de unos 25-30° al este, y se caracteriza por tener un buen desarrollo de la Depresión Central y un activo volcanismo que da origen a la Zona Volcánica Sur (Cembrano & Lara, 2009). Específicamente, la región del Maule pertenece a la Zona Volcánica Sur Transicional.

La Cordillera Principal es la unidad más oriental de la Cordillera de los Andes en esta región y en ella se encuentran las mayores alturas de la cadena y los centros volcánicos activos. En su parte occidental, entre la Depresión Central y el sector de La Mina, en el valle del río Maule, la Cordillera Principal está formada por rocas cenozoicas de edad oligo-miocénica y de origen principalmente volcánico, que conforman la Cordillera Principal occidental. Más al este, en la localidad de La Mina, afloran rocas mesozoicas, que son las que conforman la Cordillera Principal oriental. Estos afloramientos se encuentran parcialmente cubiertos por (i) los principales complejos volcánicos activos de la región, y (ii) la sucesión volcánica estratificada de la Formación Campanario (Mioceno medio), unidad geológica que se extiende hasta el límite con Argentina, en la vertiente oriental de la cordillera.

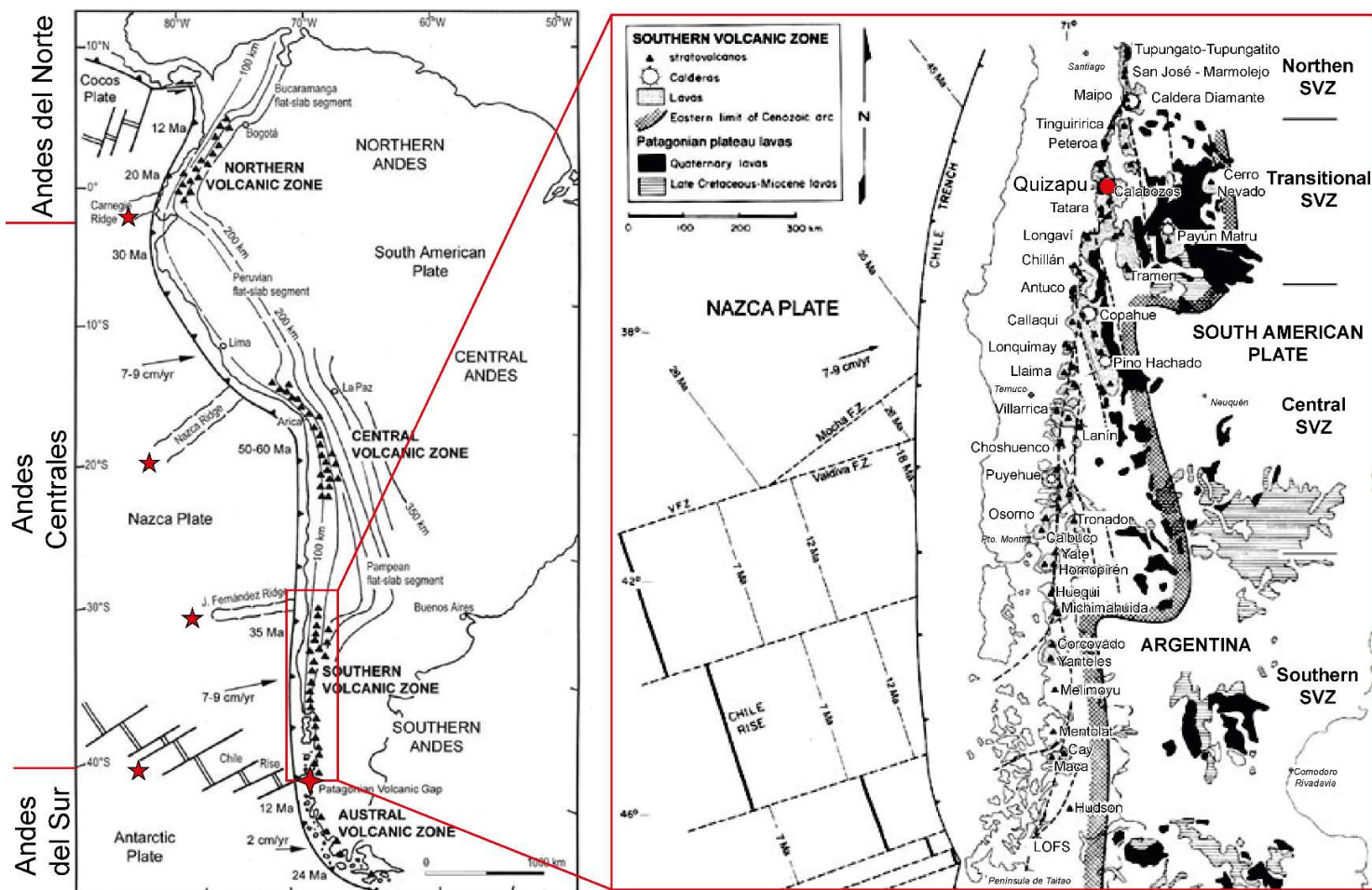


Figura 1. La Cordillera de los Andes y su contexto geodinámico y volcánico. Se presentan las distintas subdivisiones y segmentación de la Cordillera en el margen continental occidental de Sudamérica. Se indican, además, los principales centros volcánicos de la Zona Volcánica Sur (SVZ). Fuente: Adaptado de Stern (2004).

2.2. Evolución tectono-estratigráfica

A fines del Paleozoico, como consecuencia de una serie de eventos tectónicos enmarcados en la fase San Rafael, se produjeron importantes modificaciones de las condiciones tectónicas a lo largo del margen continental. Este nuevo contexto, caracterizado por sus condiciones extensionales, permitió el desarrollo de extensas cuencas de trasarco entre el Triásico superior hasta fines del Cretácico inferior. Para el área de estudio, las unidades geológicas de esta etapa corresponden a secuencias de ciclos de transgresiones y regresiones marinas de edades Jurásicas y Cretácicas de la primera etapa del Ciclo Andino, representadas por las Formaciones Nacientes del Teno, Río Damas, Baños del Flaco y Colimapu (**Figuras 2 y 3**).

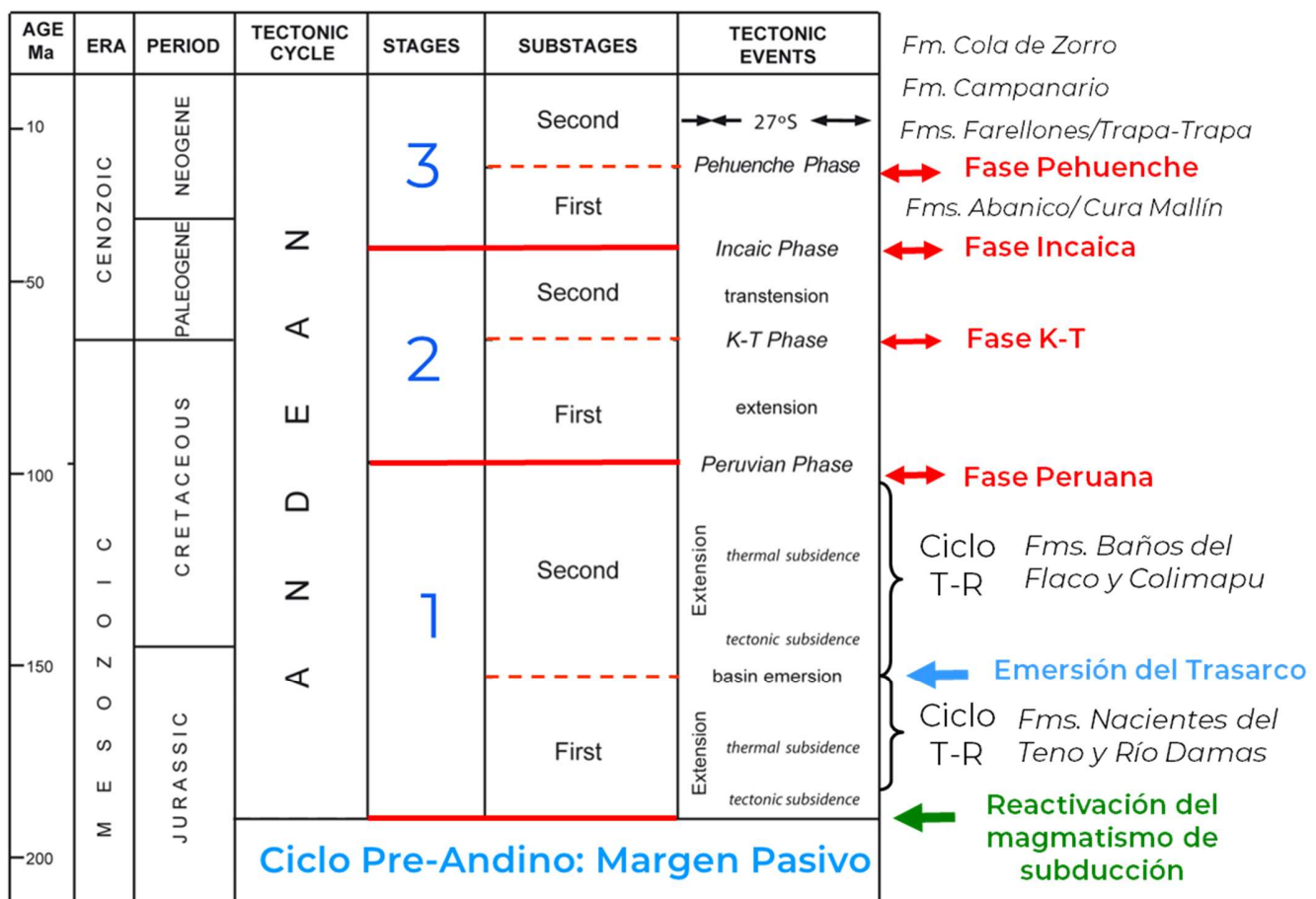


Figura 2. Evolución tectono-estratigráfica de la Cordillera de los Andes durante el Ciclo Andino a la latitud de Talca. Se indican las distintas etapas y subetapas del ciclo Andino, junto con los eventos tectónicos asociados. Adicionalmente, se refleja la relación entre los procesos y contextos geológicos con las principales formaciones que afloran en las cercanías del Paso Pehuenche. Fuente: Adaptado de Stern (2004).

Hace unos 100 millones de años, hacia fines del Cretácico Inferior, la presión ejercida contra el continente por la placa oceánica subductante, probablemente más joven que la anteriormente presente, provocó el alzamiento de todo el margen continental, modificando la geografía existente. Con este evento de la evolución andina, denominado fase tectónica Peruana, las rocas acumuladas en la cuenca extensional de Mendoza-Neuquén emergieron definitivamente, se deformaron y con ello se formó, en la región de la actual Cordillera de la Costa oriental, la primera cadena de montañas de carácter andino.

La evolución posterior, en el Cretácico Superior y el Cenozoico, se caracterizó por la mantención de condiciones sub-aéreas y de intensa actividad volcánica. Si bien a lo largo de todo ese período la subducción aparentemente no se interrumpió, se reconocen eventos de

extensión de la corteza superior que causaron la formación de extensas cuencas continentales en las que se concentró la actividad volcánica, inicialmente cerca del límite entre el Cretácico Superior y el Paleoceno inferior (cuenca de Plan de los Yeuques; Muñoz et al., 2018), otra en el Eoceno superior - Mioceno inferior (cuenca de Abanico, Charrier et al., 2002) y, finalmente, una en el Mioceno inferior y medio (cuenca de Cura-Mallín; Jordan et al., 2001; Radic et al., 2002; Radic, 2010; Burns et al., 2006). Estas etapas extensionales se alternaron con etapas de intensa compresión durante las que se desarrollaron sucesivos relieves o cordones montañosos asociados a volcanismo: la fase Incaica, en el Eoceno medio; la fase Pehuenche, en el Mioceno inferior; y la fase Quechua, en el Mioceno superior. Luego de cada una de estas fases, el eje de la actividad magmática se fue desplazando hacia el este, hasta llegar a la situación actual en que el volcanismo se ubica a lo largo del eje de la cordillera, principalmente a lo largo de la actual divisoria de aguas. Estudios recientes plantean que la altura actual de la cordillera se habría alcanzado entre aproximadamente 15 y 10 millones de años atrás (Farías et al., 2010).

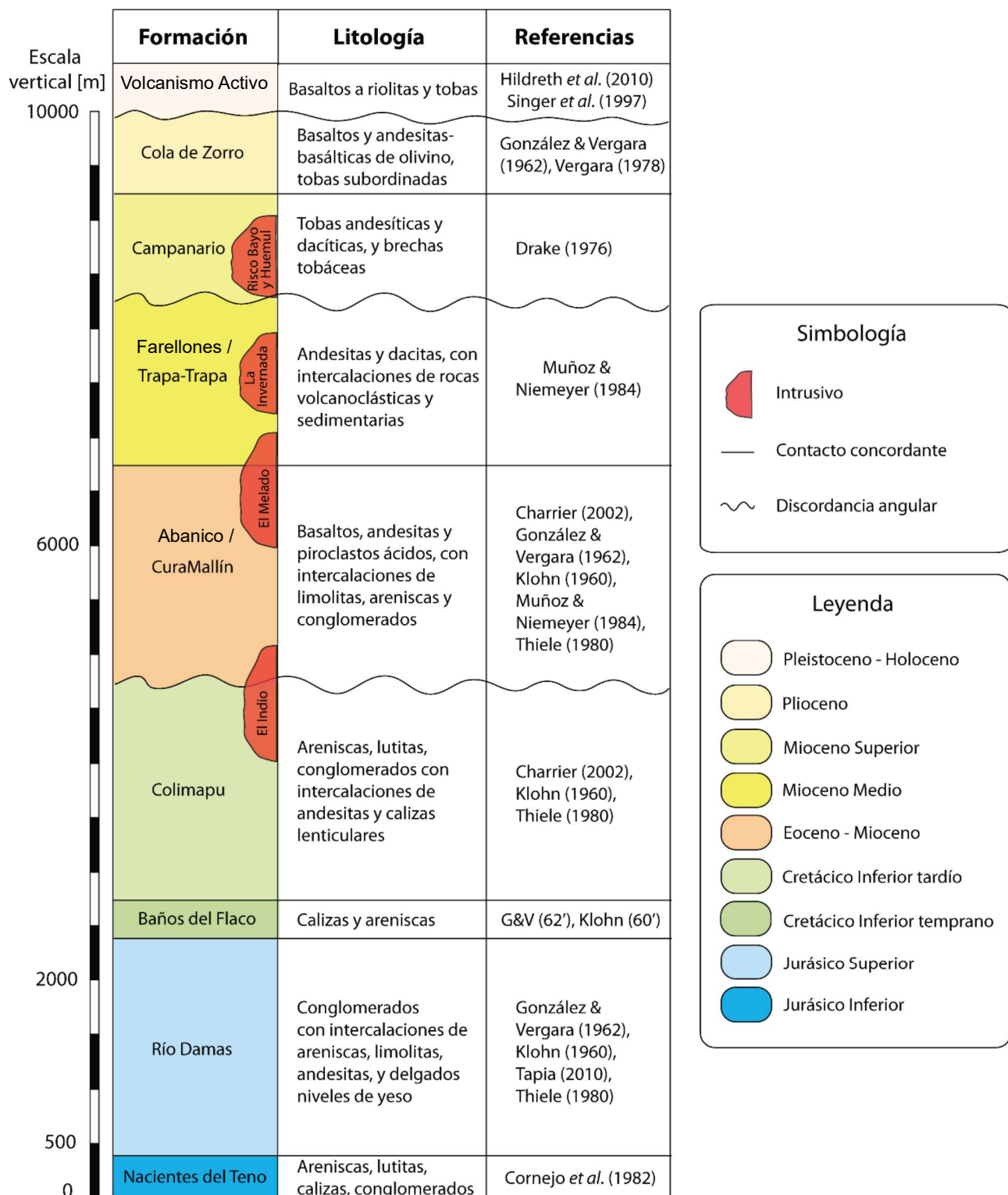


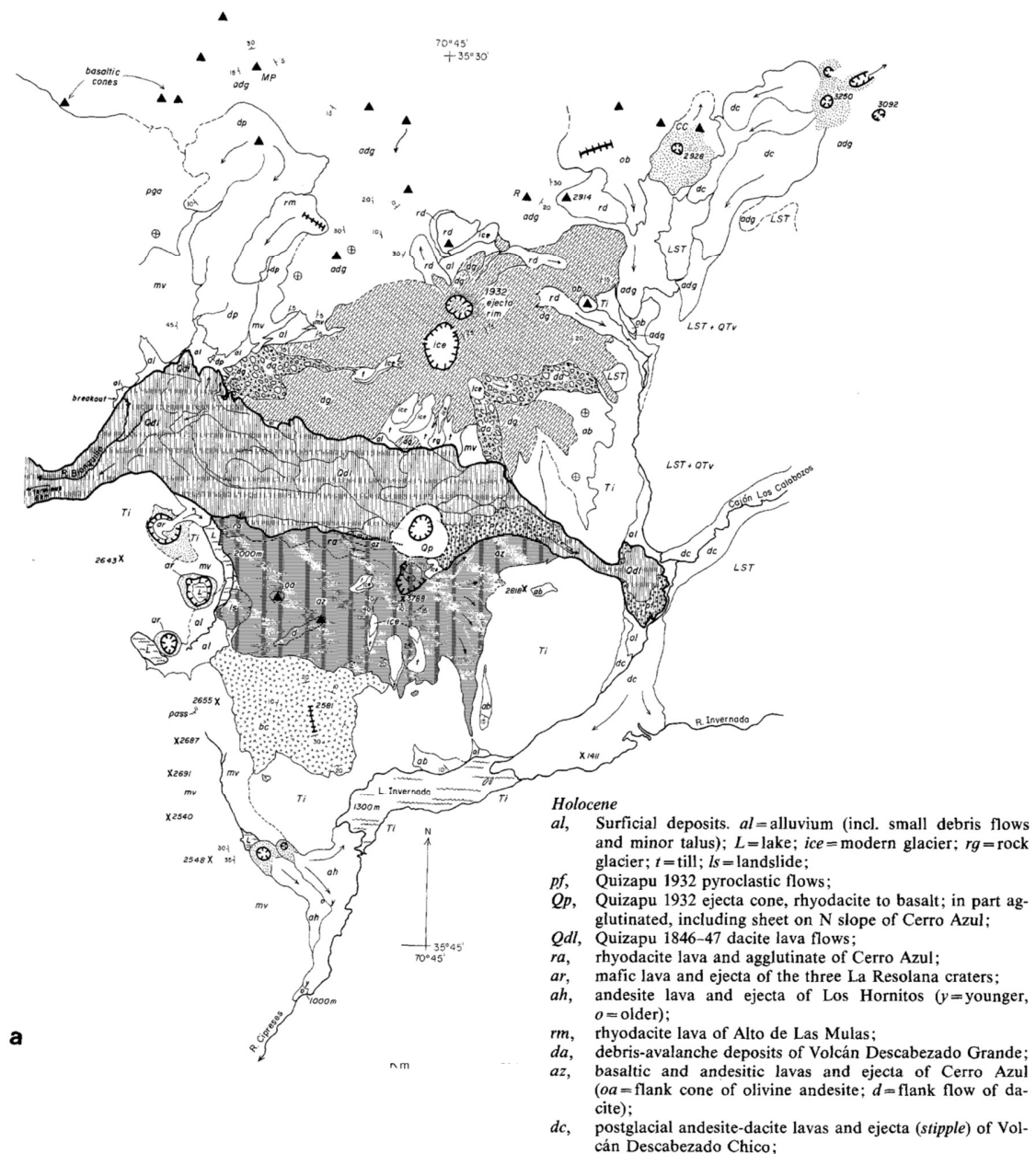
Figura 3. Columna estratigráfica generalizada del área de estudio. Para el volcanismo activo en la zona del Paso Pehuenche destaca, de oeste a este, el Grupo Descabezados, Complejo Volcánico Tatara-San Pedro y el Complejo Volcánico Laguna del Maule. Modificado de Rojas (2019).

2.2. Volcanismo Cuaternario

En el área de estudio de la presente salida técnica se identifican tres sistemas volcánicos de interés, de oeste a este: (i) Grupo Descabezados, (ii) Complejo Volcánico Tatara-San Pedro, y (iii) Complejo Volcánico Laguna del Maule.

2.2.1. Grupo Descabezados (#5 en el Ranking de Riesgo Específico)

Grupo volcánico responsable de las dos erupciones más voluminosas de Sudamérica en tiempos históricos a través del Volcán Quizapu, un volcán parásito que se encuentra entre el estratovolcán Azul y el estratovolcán Descabezado Grande (**Figura 4**).





b

Holocene and/or latest Pleistocene

- dg*, dacite and andesite lavas and ejecta of Volcán Descabezado Grande;
rd, rhyodacite lavas north and east of Volcán Descabezado Grande;
dp, aphyric dacite lava of Cerro La Palizada;
ob, olivine basalt west and south of Cerro Colorado;

Late Pleistocene

- cc*, mafic ejecta (*stipple*) and lavas of Cerro Colorado;
adg, glaciated andesite and dacite lavas of recognized centers, principally Cerro Manantial Pelado, Cerro Rajaduras, and Volcán Descabezado Chico (all at N edge of map);
LST, Loma Seca Tuff (0.15-Ma and 0.3-Ma regional ignimbrites);
ab, andesitic lavas of Estero Barroso (0.33 Ma);
bc, basalt of Las Casitas (0.34 Ma);

Pre-glacial Basement Rocks

- pga*, extensive stacks of subhorizontal andesitic lavas from unidentified vents (1.1 Ma at Cordón El Despalmado);
QTV, undifferentiated late Cenozoic pyroclastic rocks and lavas (cf. Campanario Formation of Drake 1976);
Ti, Invernada pluton (7 Ma): granodiorite, tonalite, diorite, minor granite;
mv, Deformed and altered, intermediate and silicic volcanic rocks with metasedimentary rocks intercalated locally. Thought to be Late Cretaceous in age

Figura 4. Mapa geológico del Grupo Descabezados. Los cráteres se indican a través de círculos achurados, vents fisurales mediante línea achurada y triángulos indican otros vents menores (Hildreth y Drake, 1992).

2.2.2. Complejo Volcánico Tatará – San Pedro (#55 en el Ranking de Riesgo Específico)

Complejo volcánico que yace sobre el erosionado estratovolcán Pellado, y que se encuentra activo desde el Plioceno (Siebert et al., 2010; Rojas, 2019). Se compone del:

- i. Volcán Tatará: volcán escudo de composición andesítica-basáltica ubicado en el extremo oeste del complejo. Las lavas muestreadas presentan edades K-Ar desde 90 ± 18 ka a 19 ± 13 ka (Singer et al., 1997).
- ii. Volcán San Pedro: estratovolcán andesítico Holoceno, ubicado a 1 Km al este del Tatará (Siebert et al., 2010). La actividad magmática comienza con una serie de flujos de lava andesítica a dacítica (Singer et al. 1997). No se tienen registros de erupciones históricas.

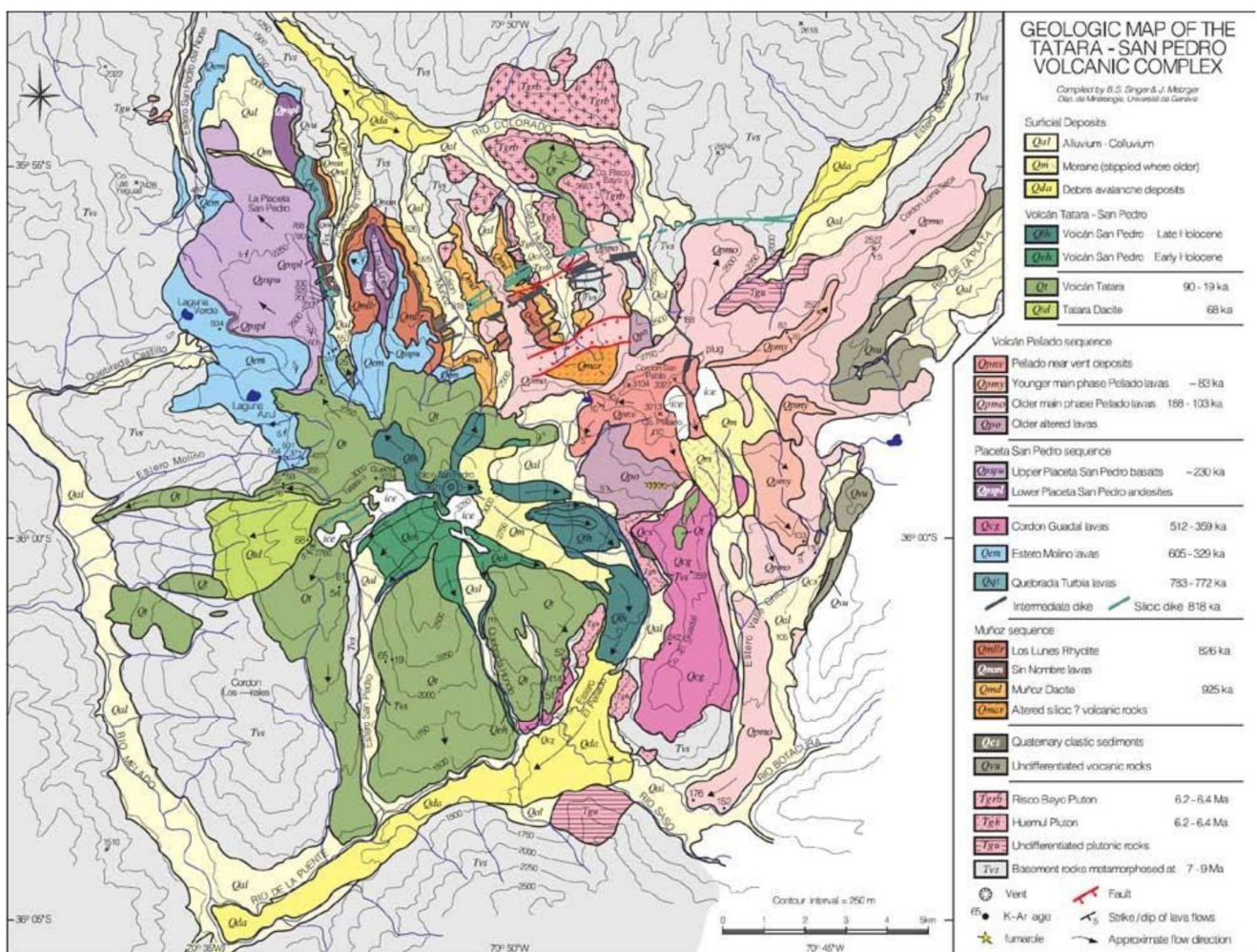


Figura 5. Mapa geológico del Complejo Volcánico Tatará – San Pedro (Singer et al., 1997).

2.2.3. Complejo Volcánico Laguna del Maule (#23 en el Ranking de Riesgo Específico)

Sistema volcánico ubicado en el límite entre Chile y Argentina, formado por una serie de domos, flujos de lava y edificios volcánicos asociados a eventos explosivos de intensidad variable distribuidos en una caldera volcánica de $\sim 380 \text{ km}^2$ (Hildreth et al., 2010; **Figuras 6 y 7**). Esta caldera volcánica es el producto de dos eventos formadores de ignimbrita (hace 1.5 Ma y 990 ka, aproximadamente), cuyos productos se encuentran ampliamente distribuidos en los alrededores de la laguna.

Se reconocen 36 erupciones silíceas durante los últimos 25 ka, que involucran volcanismo tanto explosivo como efusivo, así como transiciones syn-eruptivas, con su última erupción efusiva hace $\sim 2 \text{ ka}$ (Andersen et al., 2017; Cáceres et al., 2018; Hildreth et al., 2010; Singer et al., 2014, 2018; Rojas, 2019). El Complejo Volcánico Laguna del Maule presenta un control estructural dominado por una falla de rumbo denominada Falla Troncoso, de orientación $\sim \text{N}45^\circ\text{E}$ y cinemática dextral con componente normal, que se extiende desde el borde NE de la Laguna del Maule hasta 30 km al SW (González & Vergara, 1962; Muñoz & Niemeyer, 1984). Cardona et al. (2018) identificaron un lineamiento WNW, llamado falla Laguna Fea que intersecta la falla Troncoso al SW de la Laguna del Maule (LM), y muestra un comportamiento sinistral y/o normal, proponiendo un sistema estructural tipo cuenca *pull-apart* dextral (**Figura 6**).

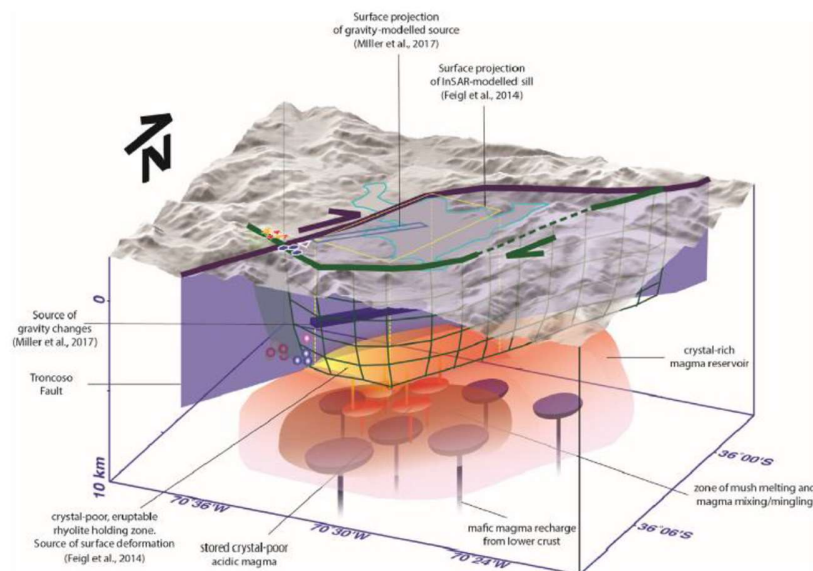


Figura 6. Modelo estructural conceptual para el Complejo Volcánico Laguna del Maule, entendido como una cuenca *pull-apart* dextral. Proyectado en superficie se muestra en morado la falla Troncoso, en verde la falla Laguna Fea, y en círculos y estrellas los epicentros de enjambres sísmicos recientes (Cardona et al., 2018).

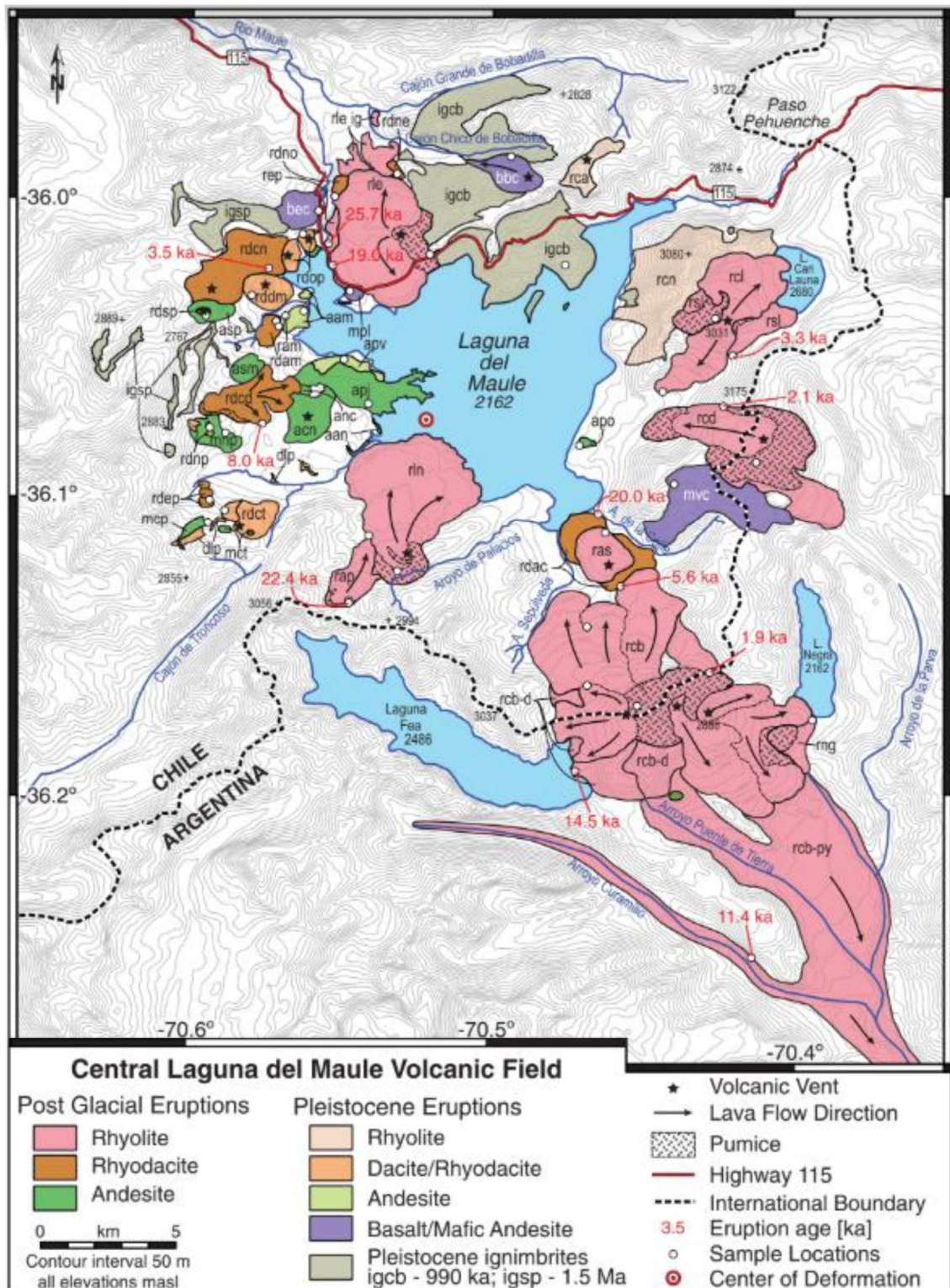


Figura 7. Mapa geológico del Complejo Volcánico Laguna del Maule (Andersen et al., 2017).

2. Programación de la Salida Técnica



Parada 1: Laguna del Maule. Mirador hacia geoformas volcánicas del Complejo Volcánico Laguna del Maule, accediendo además hacia la Colada Riolítica Loma de Los Espejos, con abundante presencia de obsidiana.

Parada 2: Monjes Blancos. Mirador hacia el geosito icónico de las tobas de los Monjes Blancos.

Parada 3: Cascada Invertida. Recorrido por el sendero que conduce a la Cascada Invertida, en la que caminaremos sobre mesetas andesíticas de edad Pleistocenas, con desarrollo de diaclasamiento columnar hacia la base.

Parada 4: Sistema hidrotermal del Médano. Recorrido por el sistema hidrotermal del Médano, el cual se compone de grutas de vapores termales, fuentes termales y una zona de alteración de colores pardos, amarillos y rojizo.

3. Referencias

- Andersen, N.L., Singer, B.S., Jicha, B.R., Beard, B.L., Johnson, C.M., Licciardi, J.M., 2017. Pleistocene to Holocene growth of a large upper crustal rhyolitic magma reservoir beneath the active Laguna del Maule volcanic field, central Chile. *Journal of Petrology*, 58, 85–114.
- Burns, W.M., Jordan, T.E., Copeland, P., Kelley, S.A., 2006. The case for extensional tectonics in the Oligocene-Miocene Southern Andes as recorded in the Cura Mallín basin (36–38 S). *Geological Society of America, Special Paper 407*: 163-184.
- Cáceres, F., Castruccio, Á., Parada, M.A., 2018. Morphology, effusion rates, and petrology of postglacial lavas of Laguna del Maule Volcanic Field, Chilean Andes, and implications for their plumbing system. *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*, 19.
- Cardona, C.E., Tassara, A., Cruz, G., Lara, L.E., Morales, S., et al., 2018. Crustal seismicity associated to rapid surface uplift at Laguna del Maule Volcanic Complex, Southern Volcanic Zone of the Andes. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*.
- Cembrano, J., Lara, L., 2009. The link between volcanism and tectonics in the southern volcanic zone of the Chilean Andes: a review. *Tectonophysics* 471(1–2), 96–113.
- Charrier, R., Baeza, O., Elgueta, S., Flynn, J.J., Gans, P., et al., 2002. Evidence for Cenozoic extensional basin development and tectonic inversion south of the flat-slab segment, southern Central Andes, Chile (33–36 S). *Journal of South American Earth Sciences*, 15(1), 117-139.
- Charrier, R., Pinto, L., Rodríguez, M.P., 2007. Tectonostratigraphic evolution of the Andean Orogen in Chile. In: Moreno, T. y Gibbons, W. (Ed.): Chapter 3, *The Geology of Chile*: 21-114. The Geological Society, London.
- Charrier, R., Farías, M., Makshev, V., 2009. Evolución tectónica, paleogeográfica y metalogénica durante el Cenozoico en los Andes de Chile norte y central e implicaciones para las regiones adyacentes de Bolivia y Argentina. *Revista Asociación Geológica Argentina*, 65(1): 5-35.
- Charrier, R., Ramos, V.A., Sagripanti, L., Tapia, F., 2015. Tectono-stratigraphic evolution of the Andean Orogen between 31 and 37°S (Chile and Western Argentina). In: Sepúlveda, S. A., Giambiagi, L. B., Moreiras, S. M., Pinto, L., Tunik, M., Hoke, G. D. y Farías, M. (eds.) *Geodynamic Processes in the Andes of Central Chile and Argentina*. Geological Society, London, Special Publications, 399:13-61.
- Farías, M., Comte, D., Charrier, R., Martinod, J., David, C., et al., 2010. Crustal scale architecture in central Chile based on seismicity and surface geology: Implications for Andean Mountain building. *Tectonics*, Vol. 29, TC3006.
- González, O., Vergara, M., 1962. Reconocimiento geológico de la Cordillera de los Andes entre los paralelos 35° y 38° latitud S. Instituto de Geología, Universidad de Chile, Publicación, 24, 121 p., Santiago.
- Hildreth, W., Drake, R. E., 2010. Volcán Quizapu, Chilean Andes. *Bulletin of Volcanology*, 54, 93-125.
- Hildreth, W., Godoy, E., Fierstein, J., Singer, B.S., 2010. Laguna del Maule volcanic field: eruptive history of a Quaternary basalt to rhyolite distributed volcanic field on the Andean range crest in central Chile. *Servicio Nacional de Geología y Minería, Boletín 63*. Santiago, Chile.
- Jordan, L., Burns, M., Veiga, R., Pángaro, F., Copeland, P., et al., 2001. Extension and basin formation in the southern Andes caused by increased convergence rate: A mid-Cenozoic trigger for the Andes. *Tectonics* 20 (3): 308-324.
- Mpodozis, C., Ramos, V., 1990. *The Andes of Chile and Argentina*.
- Muñoz, J., Niemeyer, H., 1984. Hoja Laguna del Maule, Regiones del Maule y del Bío Bío. *Servicio Nacional de Geología y Minería, Carta Geológica de Chile*, N 64.
- Muñoz, M., Tapia, F., Persico, M., Benoit, M., Charrier, R., et al., 2018. Extensional Tectonics During Late Cretaceous Evolution of the Southern Central Andes: Evidence from the Chilean Main Range at ~35°S. *Tectonophysics*, 744: 93-117.

- Radic, J.P., Rojas, L., Carpinelli, A., Zurita, E., 2002. Evolución tectónica de la cuenca terciaria de Cura-Mallín, región cordillerana chileno argentina (36°30'-39°00'S). In Congreso Geológico Argentino, No.15, Actas 3: 233-237. Calafate.
- Radic, J.P., 2010. Las cuencas cenozoicas y su control en el volcanismo de los Complejos Nevados de Chillán y Copahue-Callaqui (Andes del Sur, 36-39 S). *Andean geology*, 37(1), 220-246.
- Ramos, V.A., 2020. The tectonic regime along the Andes: Present-day and Mesozoic regimes. *Geological Journal*, 45: 2-25.
- Rojas, A., 2019. Mineralogía de alteración e hidroquímica del sistema volcánico-hidrotermal Laguna del Maule: implicancias en el riesgo volcánico, alzamiento superficial y recurso geotérmico. Tesis para optar al Grado de Magíster en Ciencias, mención Geología. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Departamento de Geología, 137 pp. Santiago.
- Siebert, L.; Simkin, T.; Kimberly, P. 2010. *Volcanoes of the World* (3rd edition). University of California Press: 568 p. Berkeley.
- Singer, B.S., Thompson, R.A., Dungan, M., Feeley, T.C., Nelson, S.T., et al., 1997. Volcanism and erosion during the past 930 k.y. at the Tatara-San Pedro complex, Chilean Andes. *GSA Bulletin*, 109, n°2, 127-142.
- Singer, B.S., Andersen, N.L., Le Mével, H., Feigl, K.L., DeMets, C., et al., 2014. Dynamics of a large, restless, rhyolitic magma system at Laguna del Maule, southern Andes, Chile. *GSA Today*, 24, 4-10.
- Singer, B.S., Le Mével, H., Licciardi, M., Córdova, L., Tikoff, B., 2018. Geomorphic expression of rapid Holocene silicic magma reservoir growth beneath Laguna del Maule, Chile. *Science Advances*, Vol. 4, no. 6.
- Stern, C. R. (2004). Active Andean volcanism: its geologic and tectonic setting. *Revista geológica de Chile*, 31(2), 161-206.