



Geomorfología de la cuenca alta del río Mapocho, Región Metropolitana

ISBN: 978-956-7459-61-2

Diciembre 2023

Autores: Waldo Pérez, Benjamín Castro, Natalia Tapia,

Idania Briceño, Paulina Vidal

Diseño e ilustración:

Gabriela Anabalón

Revisión idiomática:

Ana María Abraham Guajardo

Coordinación Técnica AngloAmerican:

Alejandro Tamayo

Proyecto desarrollado por:



CENTRO | HÉMERA
UM Observación de la Tierra



Geomorfología de la cuenca alta del río Mapocho, Región Metropolitana

Introducción

Chile está constituido por tres zonas geográficas (continental, insular y antártica). Se caracteriza por ser uno de los países más largos del mundo, alcanzando en su zona continental 4.270 km de extensión, con un relieve accidentado y montañoso (20% superficie plana), condicionado por la subducción de la placa oceánica de Nazca y Antártica bajo la placa continental de Sudamérica.

El relieve chileno continental se desarrolla en sentido norte-sur y se clasifica de este a oeste en cinco unidades morfológicas: cordillera de los Andes, depresión intermedia, cordillera de la Costa, planicies litorales y mesetas patagónicas.

La dinámica geomorfológica pasada y reciente de la zona central de Chile, se debe a la acción de procesos tectónicos (desplazamiento de placas), climáticos (erosión diferencial), volcánicos y en menor medida a movimientos sísmicos.

La Región Metropolitana se encuentra en los dominios de la cordillera de la Costa en el oeste, depresión intermedia en la zona central y cordillera de los Andes en el sector este. Debido a los procesos internos y externos de la superficie terrestre, el territorio de la región es altamente dinámico, con ocurrencia de fenómenos naturales que modifican continuamente el relieve.

La cuenca alta del río Mapocho presenta un relieve joven y geomorfológicamente activo, con una alta disponibilidad de sedimentos y afloramientos expuestos. Se espera que la cuenca siga siendo una zona susceptible a la generación de procesos de remociones en masa ante el escenario de cambio climático global proyectado, producto del aumento de la temperatura, retroceso de los glaciares y el aumento en la frecuencia de eventos climáticos extremos.





¿Qué es la geomorfología?

El término "geomorfología" proviene de la combinación de tres palabras griegas: "geo" que significa "Tierra", "morphos" que se traduce como "forma", y "logo" que representa "estudio" o "tesis" (Huggett, 2011). Entonces

la geomorfología es la ciencia que estudia el origen y desarrollo de las formas del relieve y cómo esas formas se combinan para configurar los paisajes.

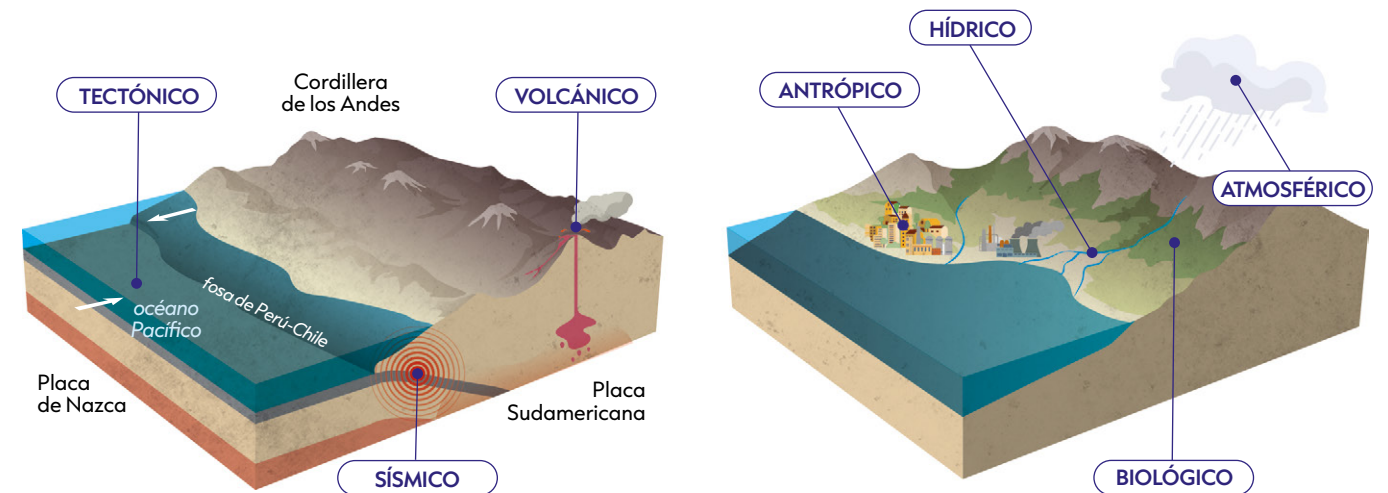
El relieve terrestre, también conocido como "topografía", es el resultado del equilibrio entre dos tipos de procesos:

Procesos Endógenos

Se producen en el interior de la Tierra y dan lugar a la formación de cadenas montañosas y depresiones en la superficie.

Procesos Exógenos

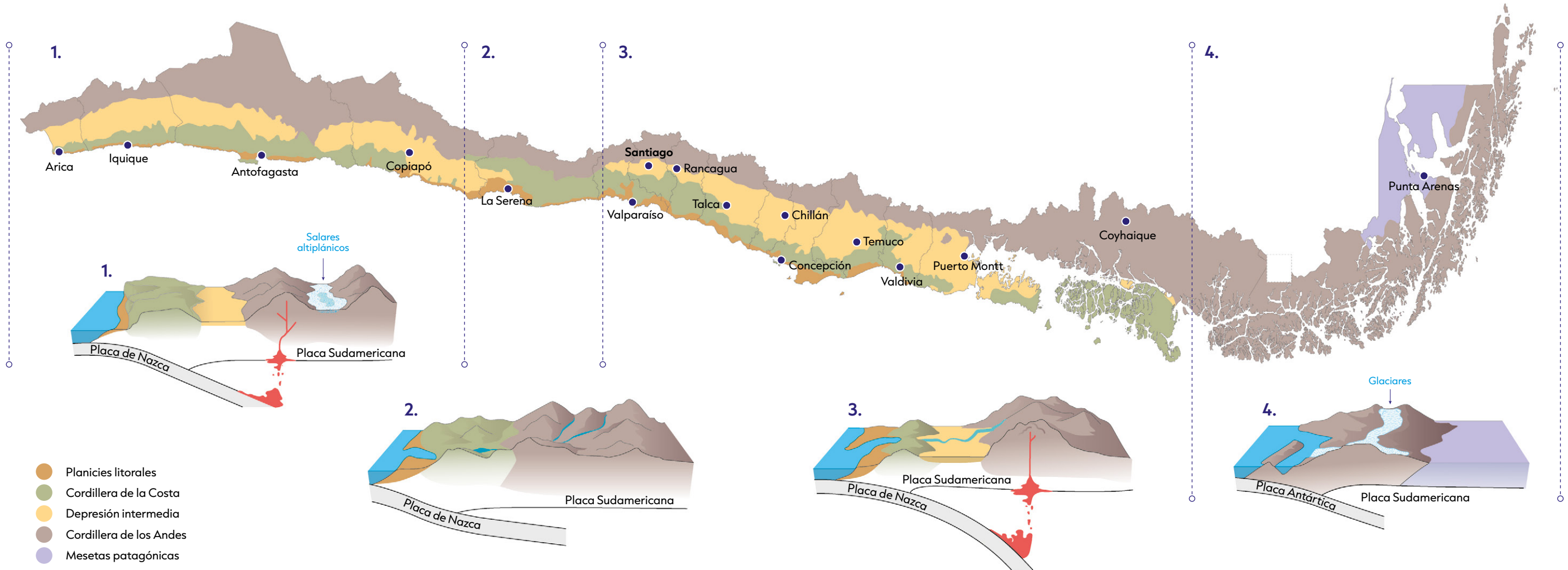
Operan en la superficie de la Tierra y actúan de manera progresiva, erosionando el relieve creado previamente y permitiendo el transporte de sedimentos.



¿Cómo es el relieve de Chile?

Dominios Geomorfológicos

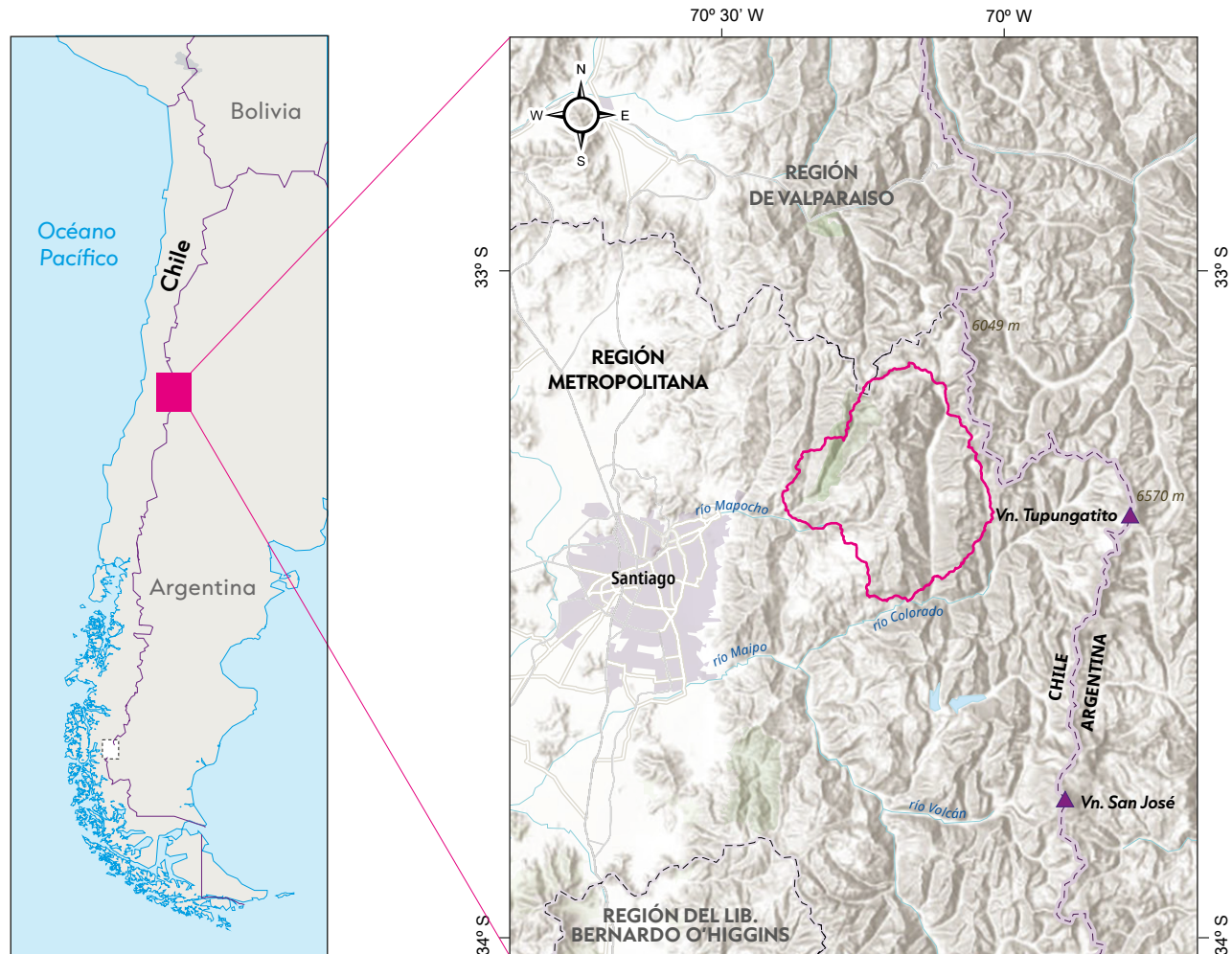
El relieve de Chile se puede dividir en **dominios geomorfológicos** que corresponden a planicies litorales, cordillera de la Costa, depresión intermedia, cordillera de los Andes y mesetas patagónicas, las que se distribuyen en franjas orientadas norte-sur, donde la cordillera de los Andes es el dominio principal que se extiende a lo largo de todo el territorio.



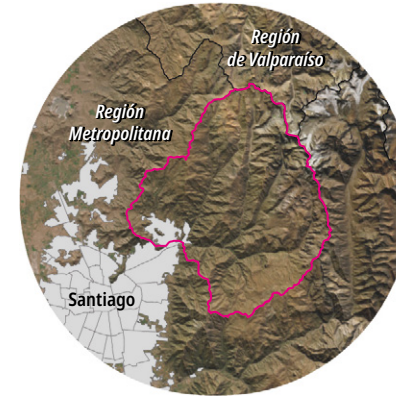
Fuente: Modificado de Albers (2015) y Charrier et al. (2007)

Cuenca del río Mapocho

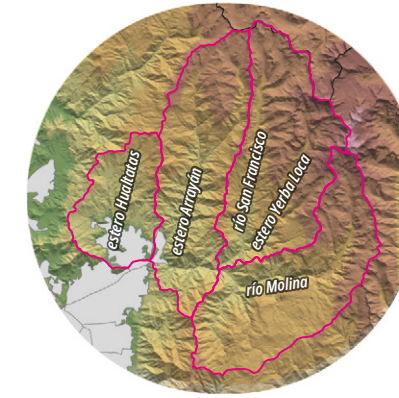
El sector alto de la cuenca del río Mapocho está ubicado en la Región Metropolitana, entre las coordenadas geográficas 33°06'S - 33°29'S y 70°36'O - 70°11'O. Esta cuenca es parte del sistema hidrológico del río Maipo e incluye las subsubcuencas del río Mapocho entre estero Arrayán y bajo junta estero de Las Rosas, estero Arrayán, río San Francisco y río Molina. Presenta un clima mediterráneo con estación seca prolongada y frío en zonas elevadas en la cordillera de los Andes (Sarricolea et al., 2017).



Esri, HERE, Garmin, Foursquare, METI/NASA, USGS | Esri, CGIAR



1.021 km²
de superficie



Contiene cuatro sub subcuencas.
Los principales cauces dentro de la cuenca son los esterios Hualtatas, Arrayán, Yerba Loca, río San Francisco y río Molina.



138 glaciares
Entre los más destacados se encuentran los glaciares La Paloma y El Plomo.



Dos áreas con protección
Santuario de la Naturaleza Yerba Loca y Los Nogales.



Elevadas cimas
Cerro El Plomo (5.424 m s.n.m.), cerro Leonera (4.954 m s.n.m.), cerro Altar (5.222 m s.n.m.) y cerro Manquehue (1.665 m s.n.m.).



4 Centros de esquí
Valle Nevado, La Parva, El Colorado y Farellones.

¿Qué podemos encontrar en la cuenca del río Mapocho?

Geoformas

Como resultado de la interacción de los procesos **endógenos y exógenos** en la cuenca del río Mapocho, podemos encontrar distintas **formas del relieve (geoformas)**. Estas pueden ser de origen glaciar, gravitacional, aluvial o fluvial.

Tipos de Geoformas

Geoformas



Glaciares

Glaciar
Glaciar rocoso
Morrenas
Circo glaciar
Valle glaciar
Lago proglaciar



Gravitacionales

Conos coluviales
Corona de deslizamiento
Hummocky



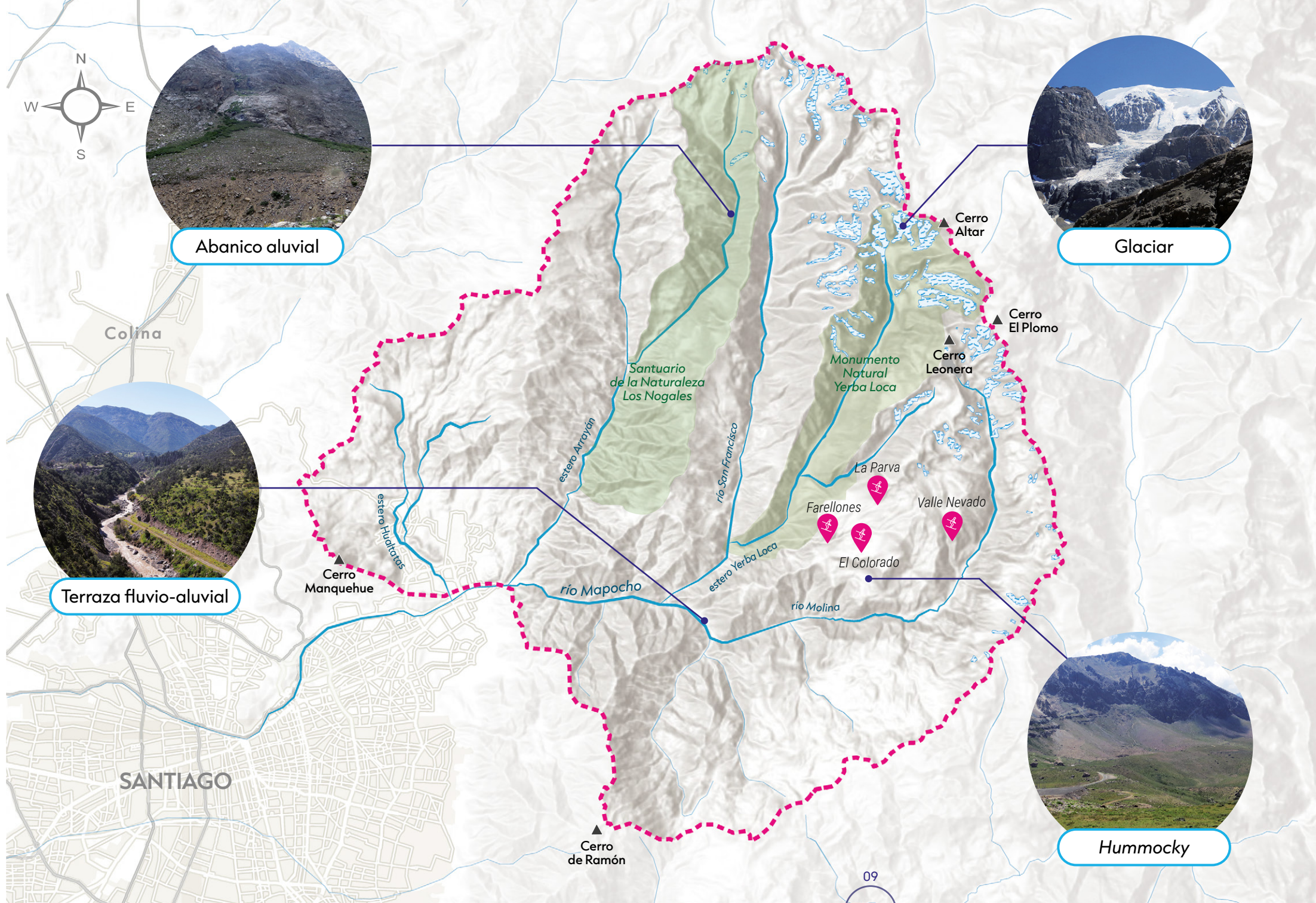
Aluviales

Cono aluvio-coluvial
Abanico aluvial
Planicie aluvial



Fluviales

Llanura fluvio-aluvial
Terraza fluvio-aluvial

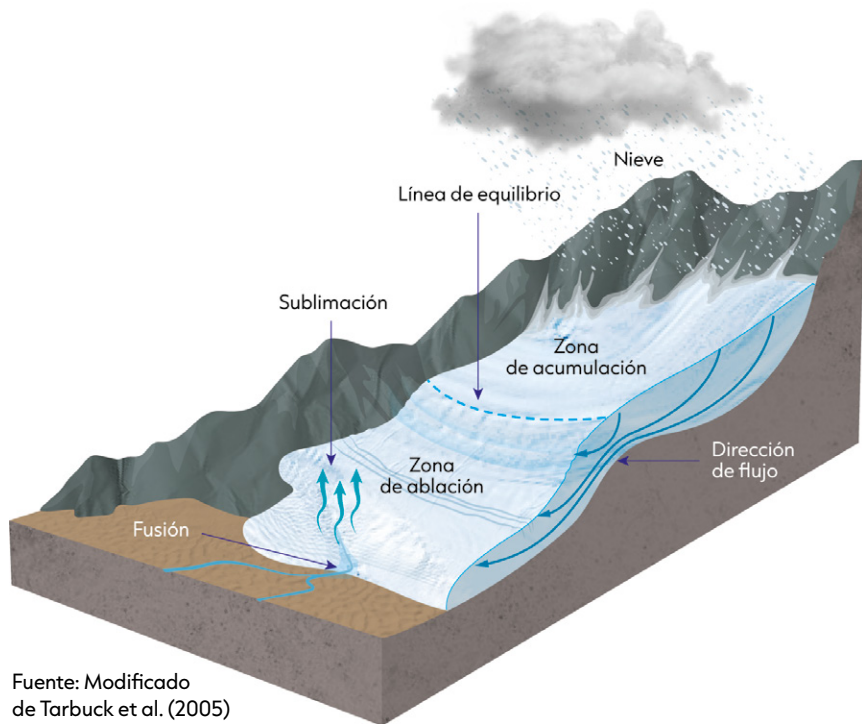


Geoformas Glaciares

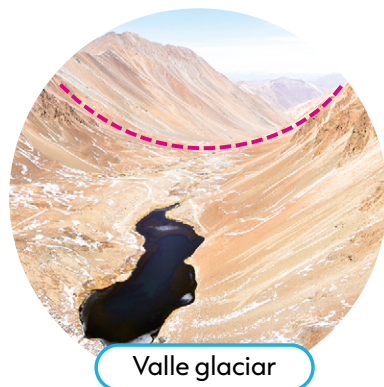
Las geoformas glaciares son resultado de la acción del hielo glaciar sobre la superficie terrestre. El avance y retroceso de los glaciares genera la erosión del relieve y el transporte de sedimentos, formando circos glaciares, valles con forma de "U" y depósitos de sedimentos conocidos como morrenas.

Zonas de un glaciar

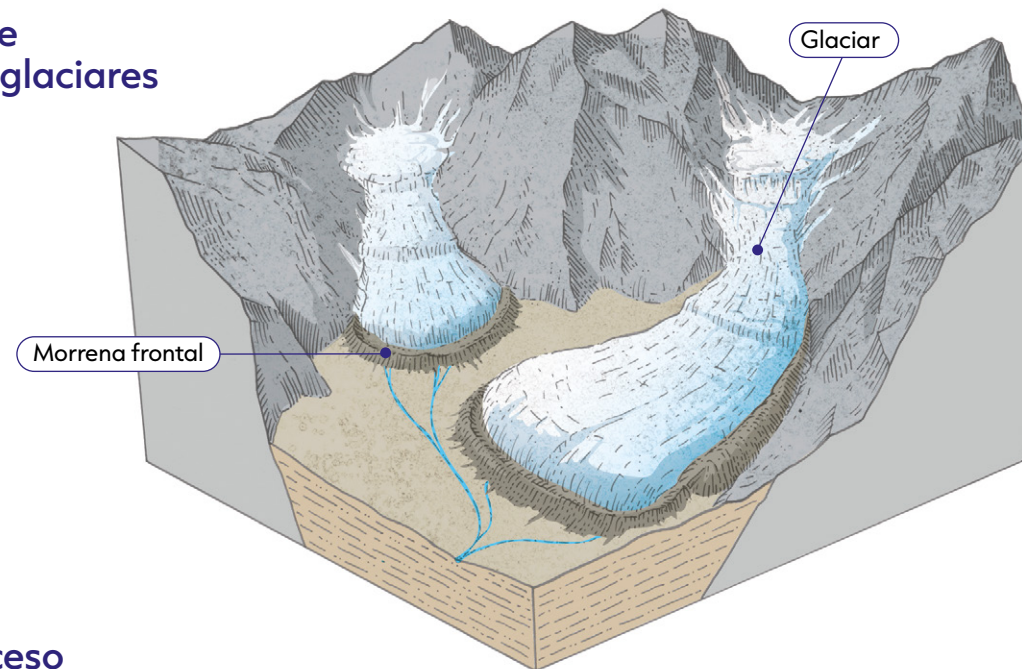
Los glaciares teóricamente se componen por dos zonas a lo largo de su perfil, asociadas al aumento de masa o pérdida de ella. La zona donde gana masa se conoce como zona de acumulación, condicionada por la precipitación nival, mientras que la zona donde pierde masa se conoce como zona de ablación, vinculada al derretimiento del hielo glaciar. Ambas zonas se encuentran limitadas entre sí, por la Línea de Equilibrio Altitudinal (ELA, del inglés Equilibrium Line Altitude).



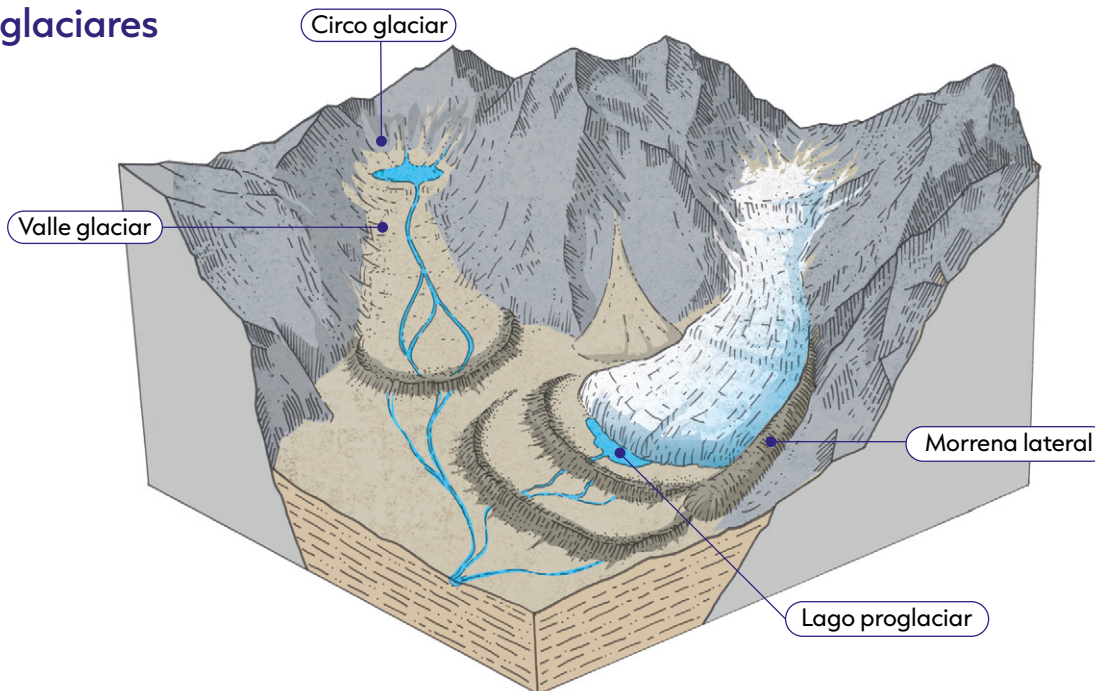
Fuente: Modificado de Tarbuck et al. (2005)



Avance de los glaciares



Retroceso de los glaciares



Descubre los glaciares de la alta cuenca del río Mapocho

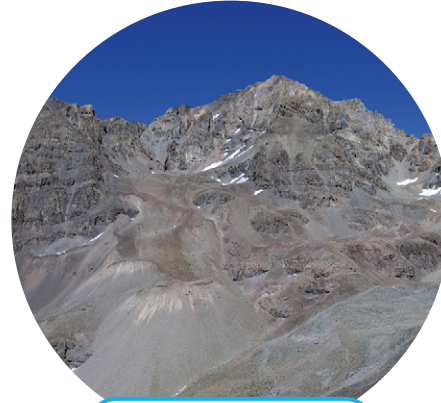


Esri, HERE, Garmin, Foursquare, METI/NASA, USGS | Earthstar Geographics

123
son glaciares
rocosos
y
10
son glaciares
de montaña/valle



Glaciar La Paloma



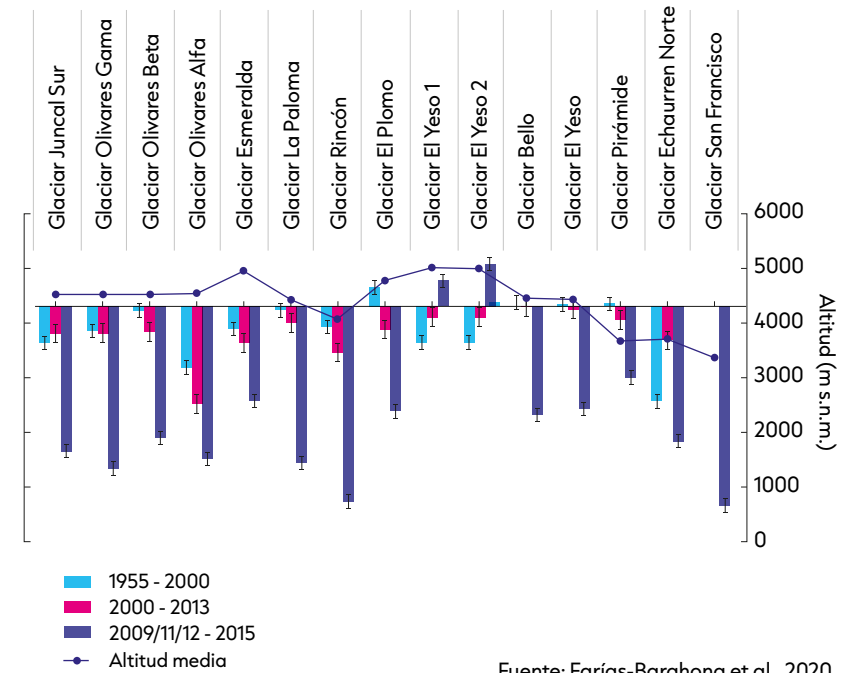
Glaciar rocoso

¿Qué es un glaciar rocoso?

Dentro de la cuenca podemos encontrar los glaciares blancos que comúnmente conocemos. Sin embargo, los glaciares rocosos son los más comunes dentro de la cuenca. Los glaciares rocosos, en su forma activa, se definen como un cuerpo en forma de lengua con hielo en su interior que se encuentra mezclado con rocas y sedimentos, y se desplazan pendiente abajo por reptación. Corresponden a la expresión geomorfológica del permafrost de montaña (Barsch, 1996; Burger et al., 1999).

Comportamiento de glaciares en la Región Metropolitana

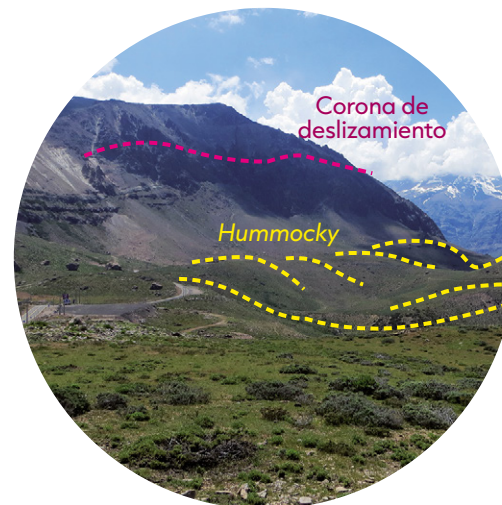
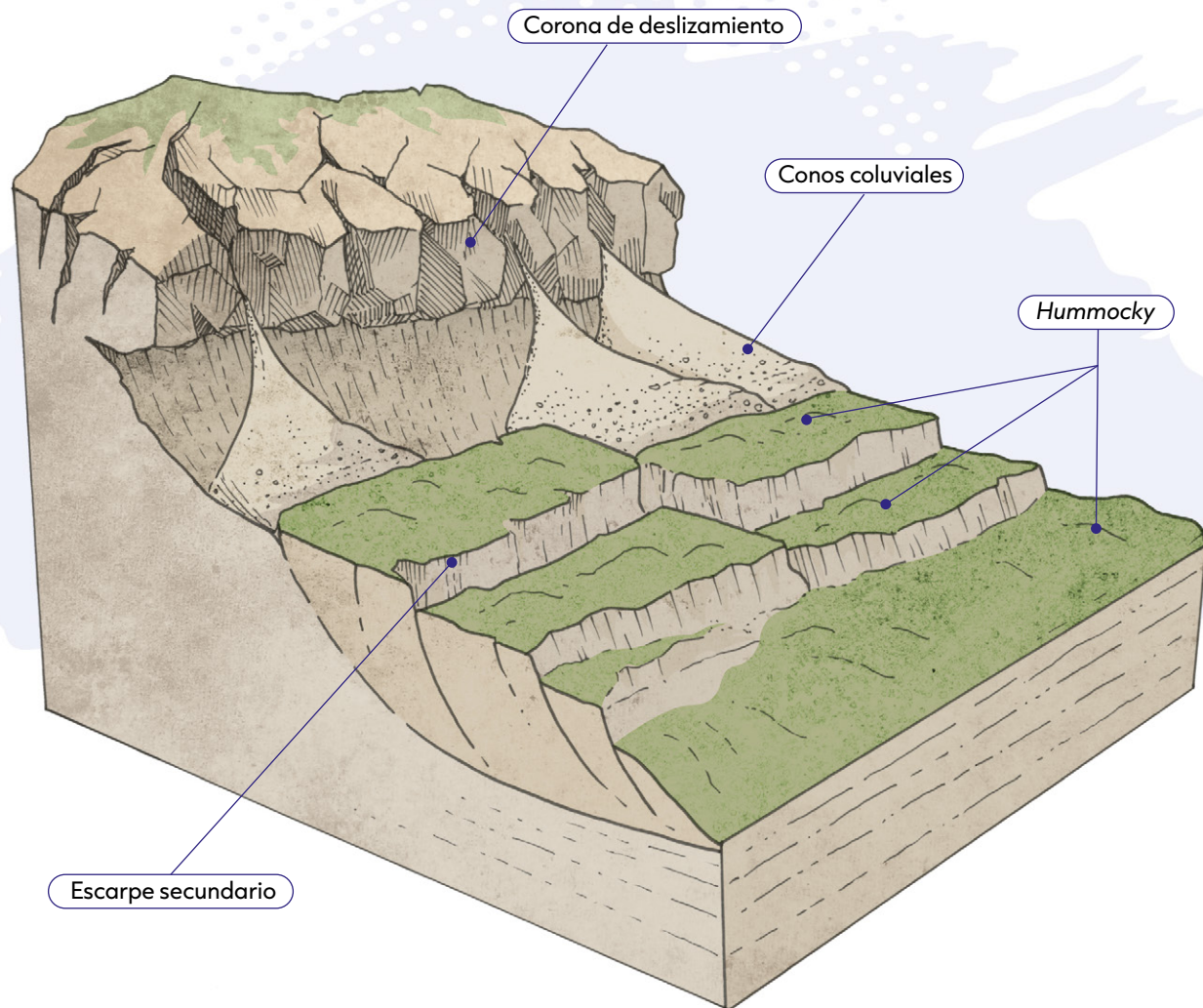
En general, los glaciares en la región han mostrado un retroceso y adelgazamiento continuo en las últimas décadas. Después del 2010 se registra una aceleración en la tasa de adelgazamiento, donde los glaciares La Paloma y Rincón de la cuenca del río Molina, presentan en conjunto un promedio de $-1,81 \pm 0,14$ m/a entre 2012 y 2015 (Fariás-Barahona et al., 2020).



Fuente: Fariás-Barahona et al., 2020

Geoformas Gravitacionales

Las geoformas gravitacionales corresponden a formas del relieve generadas por el transporte de sedimentos mediante la fuerza de gravedad. Debido a la inestabilidad del terreno pueden ocurrir procesos de remociones en masa, como los deslizamientos de tierra o caída de rocas que forman conos coluviales.



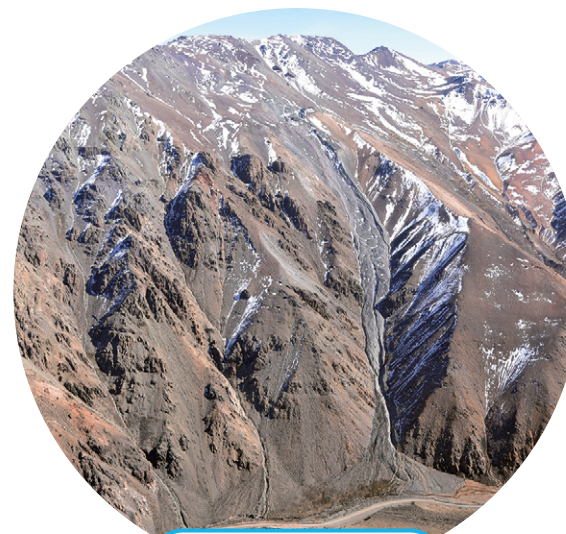
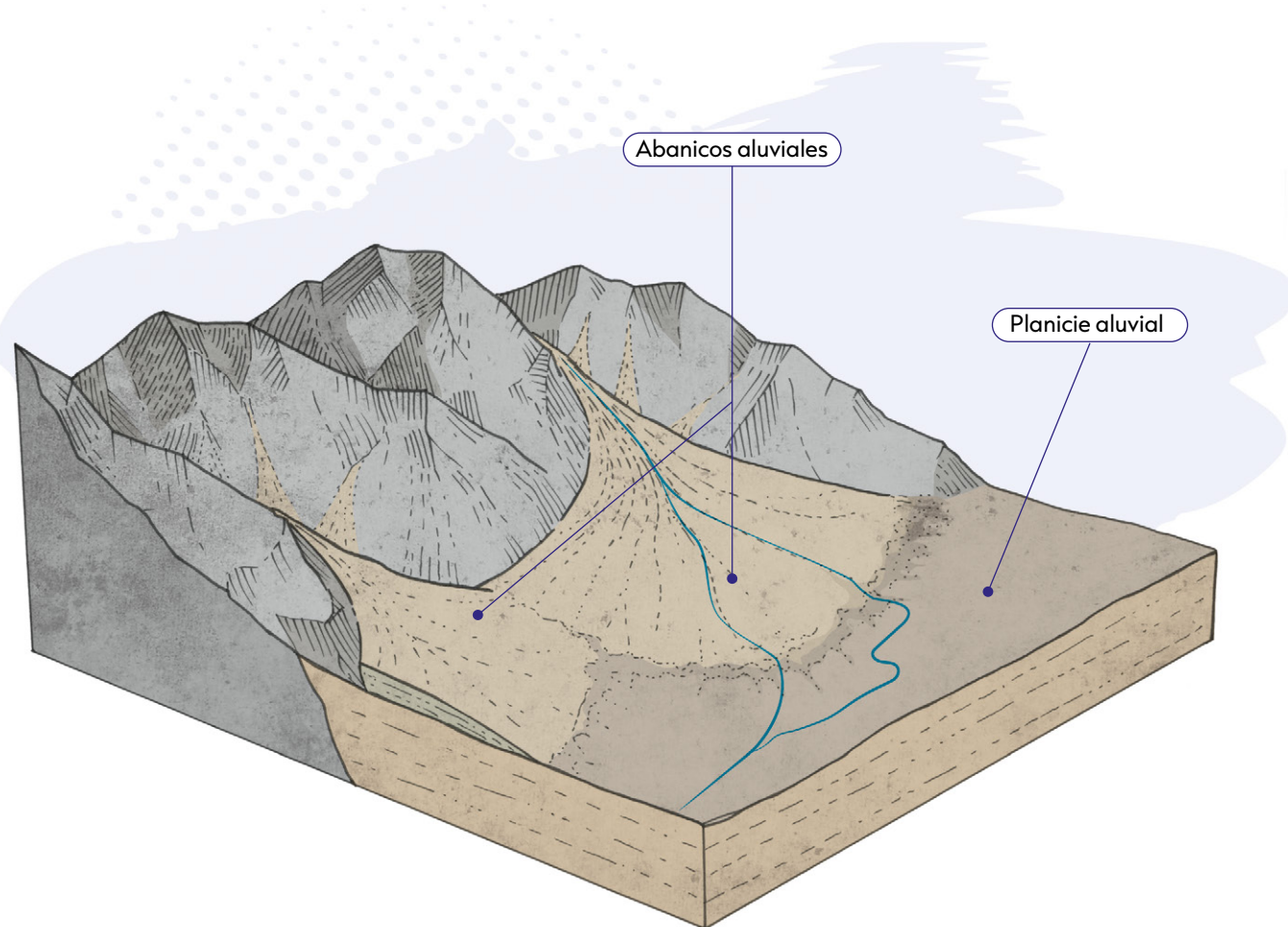
¿Cuáles son los riesgos de los procesos de remociones en masa?

Estos eventos pueden tener consecuencias devastadoras para las comunidades cercanas. Los riesgos incluyen la destrucción de viviendas, infraestructuras y carreteras, así como la interrupción de servicios básicos como el suministro de agua y electricidad. Además, pueden causar pérdidas de vidas humanas y animales, al igual que daños ambientales a largo plazo, como la degradación del suelo y la contaminación del agua.

Geoformas Aluviales

Las geoformas aluviales se forman a partir del transporte de sedimentos mediante flujos saturados en agua, que se originan en la parte alta de quebradas y laderas. Los sedimentos se depositan en la parte baja de los valles y a los pies de las laderas, generalmente en forma de abanico.

Estos procesos han estado en marcha desde que comenzó a configurarse el relieve actual, hace aproximadamente 11.6 millones de años. Es por ello que en los límites con el frente cordillerano, como en la comuna de Lo Barnechea, se observan diversos depósitos aluviales de distintas épocas, incluso algunos aún se encuentran activos.



Abanicos aluviales

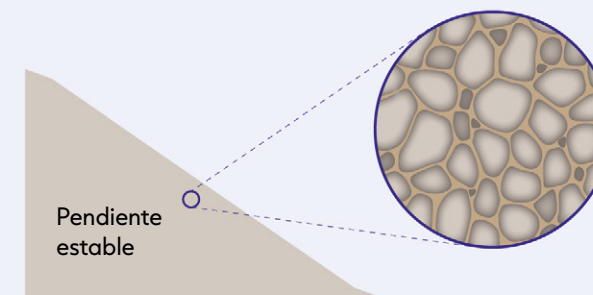


Abanicos aluviales

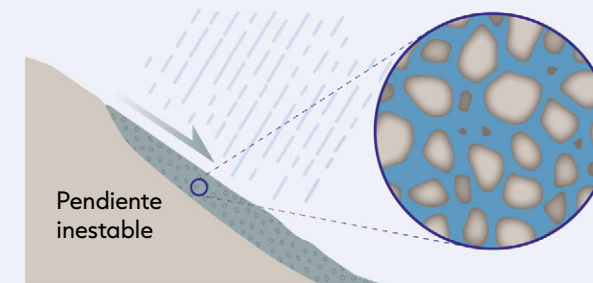
¿Cómo se forma un abanico aluvial?

A partir de una corriente de agua y sedimentos que fluyen rápidamente pendiente abajo por una quebrada, y que al entrar en una zona más plana y abierta, disminuyen su velocidad, extendiéndose en forma de abanico.

La presencia de agua en los poros del sedimento debilita la unión entre partículas, facilitando su desplazamiento. Por ejemplo, la arena ligeramente húmeda se mantiene unida, pero al añadir más agua y llenar los espacios entre los granos, la arena se desliza en diversas direcciones.



A. Suelo seco - alta fricción



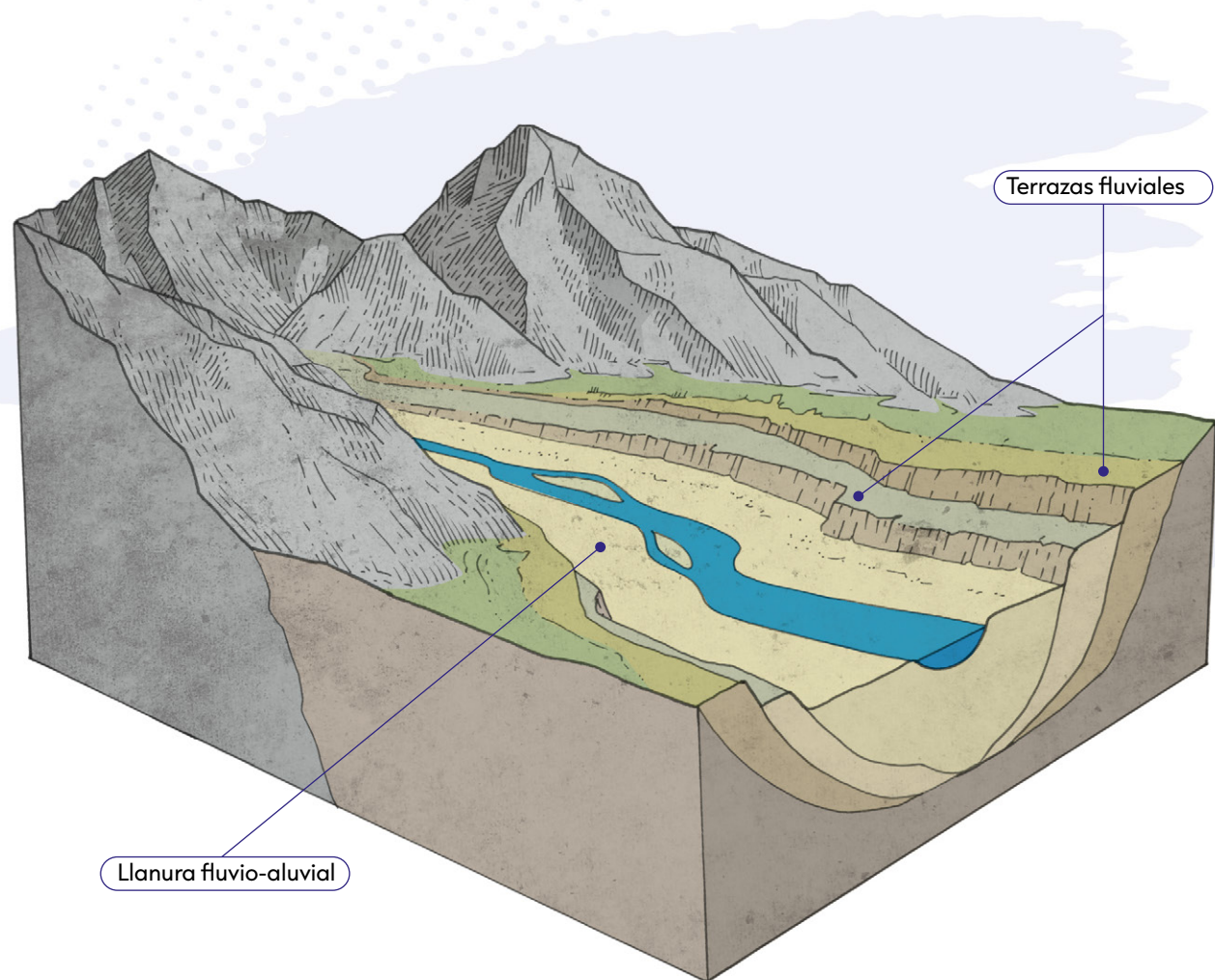
B. Suelo saturado

Fuente: Modificado de Tarbuck et al. (2005)

Geoformas Fluviales

Las geoformas fluviales se forman a partir de la erosión, transporte y depositación de sedimentos generada por los ríos. A partir de estos procesos se forman principalmente llanuras fluvio-aluviales y terrazas fluviales o fluvio-aluviales, las que corresponden a superficies planas ubicadas a los costados de los ríos.

En la alta cuenca del río Mapocho, las terrazas fluviales se desarrollan en el sector inferior del río Molina, próximo a la confluencia con el río San Francisco. Mientras que, las llanuras fluvio-aluviales se presentan en todos los esteros y ríos de la cuenca, con anchos variables entre 30 y 150 m.



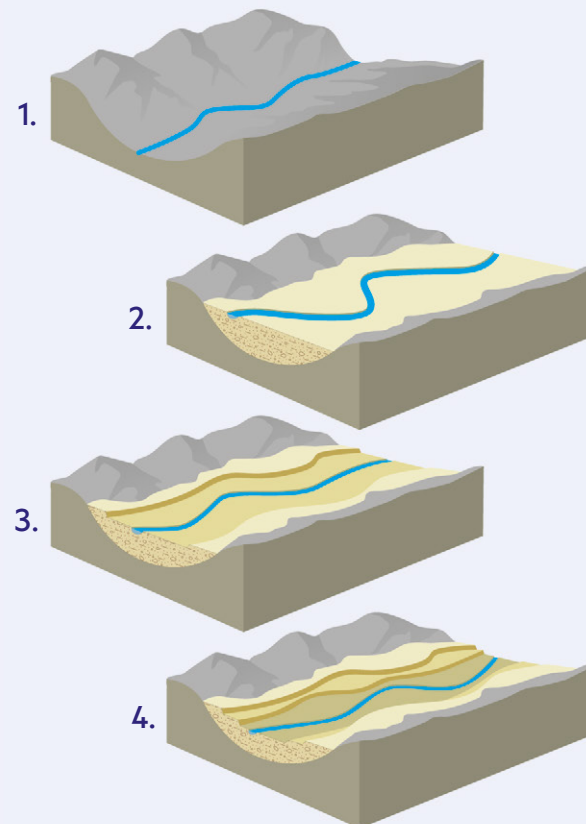
Llanura fluvio-aluvial



Terraza fluvial

¿Cómo se forma las terrazas fluviales?

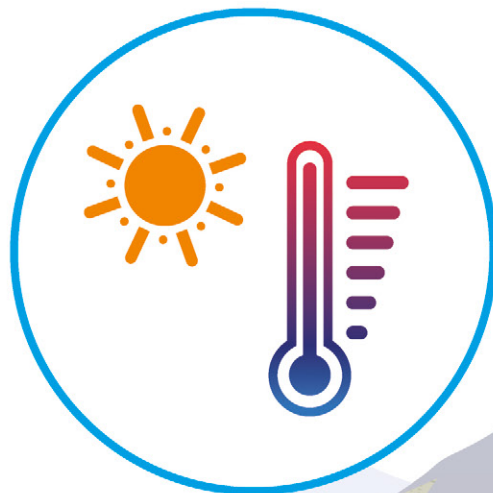
Las terrazas fluviales tienen el aspecto de escalones paralelos a los ríos que se crean con el tiempo. Cuando el río aumenta su caudal (1 y 2), inunda zonas laterales (llanura fluvio-aluvial), depositando sedimentos en los lados (3). Al disminuir la cantidad de agua, el río erosiona la zona central y abandona los sedimentos depositados generando niveles planos, que forman una terraza fluvial (4). El río eventualmente puede volver a generar este ciclo, formando así una serie de terrazas.



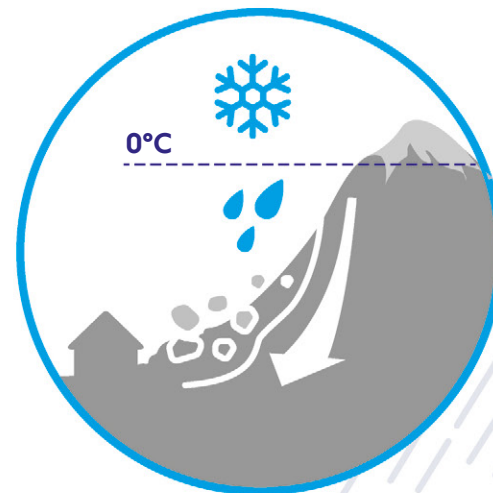
Geomorfología y Cambio Climático

Las geoformas presentes en la cuenca del río Mapocho son el resultado de procesos del pasado, aunque continúan desarrollándose actualmente. Estas estructuras geomorfológicas son moldeadas por una combinación de fuerzas internas (endógenas) y externas (exógenas), cada una desempeñando un papel crucial en su formación y evolución. El cambio climático ha intensificado de manera significativa los procesos exógenos. En este sentido, es esencial destacar que el cambio climático no solo impacta, sino que también desencadena y contribuye de manera sustancial a la dinámica del relieve y la apariencia del entorno en la alta cuenca del río Mapocho.

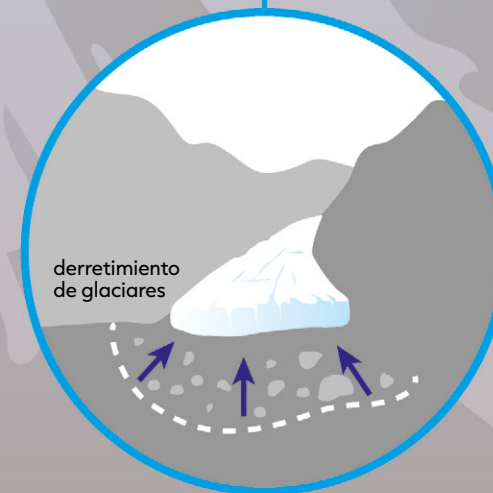
Las altas temperaturas y las sequías prolongadas han provocado una disminución en los caudales de los ríos; como resultado, la erosión y el transporte de sedimentos a través de los mismos también han disminuido.



El aumento en la frecuencia de lluvias con isotermas 0°C en alturas elevadas, incrementa el caudal de agua que fluye a través de las cuencas, transportando sedimentos aguas abajo y generando eventualmente flujos aluviales, como también deslizamientos de tierra.



El derretimiento de glaciares provoca cambios significativos en la geomorfología al alterar la topografía. La retirada del hielo revela superficies previamente cubiertas, lo que expone rocas y sedimentos que pueden ser erosionados y transportados por el agua, modificando la configuración del paisaje.



Glosario

Abanicos aluviales:

Depósitos de sedimentos que se forman en la desembocadura de un valle o quebrada, donde un río o corriente de agua que transporta sedimentos se encuentra con una zona relativamente plana o área más amplia.

Circo glaciar:

Se origina a medida que el hielo se acumula y erosiona la parte superior de una montaña en forma de anfiteatro.

Conos coluviales:

Acumulaciones de material rocoso y sedimentos que se depositan en forma de cono en la base de una ladera, debido a la erosión y son transportados por la gravedad.

Corona de deslizamiento:

Zona superior del escarpe principal de un deslizamiento, donde se evidencia la zona de arranque de material y la zona que permanece estable.

Cuenca:

Región geográfica definida por la delimitación de su drenaje, ríos y quebradas que desembocan en un único punto de salida, como un lago, un océano o un mar.

Dominios geomorfológicos:

Áreas de la superficie terrestre que comparten características geomorfológicas similares, como la forma del terreno, los procesos geológicos y las formaciones de relieve.

Escarpes:

Pendientes pronunciadas o cortes en la superficie terrestre que se caracterizan por cambios abruptos en la elevación del terreno. Pueden formarse por una variedad de procesos geológicos, como la erosión o tectónicos.

Geoformas:

Formas naturales en la superficie terrestre, como montañas, valles y dunas.

Glaciar:

Masa de hielo y nieve acumulada que se forma en regiones donde la acumulación de nieve supera la fusión. Los glaciares se mueven lentamente a lo largo del tiempo debido a su propio peso y a la deformación interna del hielo.

Hummocky:

Pequeñas elevaciones de terreno, a menudo de forma irregular, formadas por deslizamientos o movimientos de tierra, dando lugar a colinas o montículos de aspecto desigual en el paisaje.

Isoterma 0°C:

Línea en un mapa que conecta puntos donde la temperatura es de 0 grados Celsius, marcando el límite entre las áreas con temperaturas por encima y por debajo del punto de congelación.

Lago proglaciar:

Cuerpo de agua que se forma cerca o en frente de un glaciar debido al deshielo glaciar.

Llanura fluvio-aluvial:

Superficie plana adyacente a los ríos y canales, sometida a eventos de inundación por la crecida de caudal.

Morrena:

Depósito de rocas y sedimentos dejado por un glaciar en movimiento.

Planicie aluvial:

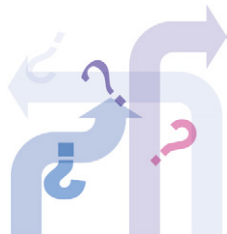
Superficie levemente inclinada contigua al piedemonte, descendiendo la inclinación en la medida que se aleja hacia las planicies contiguas. Se forma principalmente por el depósito de materiales arrastrados por corrientes de agua desde zonas distales.

Reptación:

Proceso lento, casi imperceptible de movimiento o avance, que implica arrastre a lo largo de la superficie.



¿Necesitas más información?



Ponte en contacto con nosotros, visita nuestra página <https://hemera.umayor.cl/>. Además, te dejamos a tu disposición los siguientes vínculos donde podrás revisar material educativo.

Enlaces

- Unidades Geomorfológicas de Chile en ArcGIS online: <https://ide-cigiden.hub.arcgis.com/datasets/f18aa2001ae04a51998abb952f337370/explore>
- Remociones en Masa: <https://www.usgs.gov/programs/landslide-hazards/landslides-101>
- International Association of Geomorphologists (IAG/AIG): <http://www.geomorph.org/>
- British Society for Geomorphology: <https://www.geomorphology.org.uk/>

Referencias

- Albers, C. (2015). Unidades geomorfológicas de Chile. Universidad de la Frontera, Temuco. Recuperado el 10 de agosto de 2023, de https://ide-cigiden.hub.arcgis.com/datasets/f18aa2001ae04a51998abb952f337370_0/about.
- Barsch, D. (1996). Rockglaciers: Indicators for the Present and Former Geoecology in High Mountain Environments. Springer Series in Physical Environment, Heidelberg, Volume 16, pp. 331. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-80093-1>
- Burger, K.C., Degenhardt, J.J. & Giardino, J.R. (1999). Engineering geomorphology of rock glaciers. *Geomorphology*, 31(1-4), 93-132. [https://doi.org/10.1016/S0169-555X\(99\)00074-4](https://doi.org/10.1016/S0169-555X(99)00074-4).
- Charrier, R., Pinto, L., Rodríguez, M.P. (2007). Tectonostratigraphic evolution of the Andean orogen in Chile. In *The Geology of Chile*. 1st ed.; Moreno, T; Gibbons, W. The Geological Society of London, Volume 1, pp. 21–114.
- Farías-Barahona, D., Ayala, Á., Bravo, C., Vivero, S., Seehaus, T., Vijay, S., Schaefer, M., Buglio, F., Casassa, G., Braun, M. (2020). 60 Years of Glacier Elevation and Mass Changes in the Maipo River Basin, Central Andes of Chile. *Remote Sensing*, 12(10), 1658. doi.org/10.3390/rs12101658.
- Huggett, R. (2016). *Fundamentals of Geomorphology*. En Routledge eBooks. <https://doi.org/10.4324/9781315674179>
- Sarricolea, P., Herrera, M.J., Meseguer-Ruiz, O. (2017). Climatic regionalization of continental Chile. *Journal of Maps*, 13(2), 66-73. <https://doi.org/10.1080/17445647.2016.1259592>.
- Tarbuck, E. & Lutgens, F. (2005). *Ciencias de la Tierra: una introducción a la geología física* (8th ed.). Madrid, España: Pearson Prentice Hall.





Material educativo preparado por la Gerencia de Biodiversidad y Cambio Climático - Vicepresidencia de Asuntos Corporativos y Sustentabilidad de AngloAmerican, como parte de su compromiso por aportar al conocimiento de la cordillera andina y de la preparación de la población frente a fenómenos naturales peligrosos.

ISBN: 978-956-7459-61-2



9 789567 445961 2