

VISOR TERRITORIAL DE FALLECIDOS POR REMOCIONES EN MASA EN CHILE EN LOS ÚLTIMOS 90 AÑOS.

Mónica Marín¹, Hugo Neira², Natalia Garrido¹, Francisco Báez³

¹ Servicio Nacional de Geología y Minería, SERNAGEOMIN, Chile.

² Sumitomo Metal Mining Chile

³ Arcadis Chile SpA.

monica.marin@sernageomin.cl; h.neira@smm.cl; natalia.garrido@sernageomin.cl; francisco.baez@arcadis.com

RESUMEN

Este trabajo consiste en la creación de un visor web interactivo que da cuenta de las víctimas fatales en Chile, a consecuencia de remociones en masa ocurridas entre 1928 y 2020. El visor territorial registra 68 eventos de remociones en masa, distribuidos espacialmente a lo largo de Chile y los cuales dejaron un saldo de al menos 1.010 víctimas fatales, de las cuales corresponden a 854 fallecidos y 156 desaparecidos en 92 años. Las remociones en masa de tipo flujos, son los principales causantes de las muertes, esto se debe a sus características físicas causando un mayor impacto y alcance en la población, principalmente gatillados por lluvias intensas y sismos.

Para el análisis anterior, se utilizó la base de datos de Marín *et al.* (2019), enmarcada en el catastro de informes técnicos de remociones en masa del Servicio Nacional de Geología y Minería, esta se complementa con nuevos antecedentes tanto en prensa, (páginas webs) como en otras entidades públicas como la Oficina Nacional de Emergencia del Ministerio del Interior y Seguridad Pública y Municipalidades. Posteriormente con los nuevos datos, se ubicó espacialmente cada punto de remoción en masa, algunas de manera aproximada, utilizando la plataforma de *ArcGIS Online*, y la herramienta *dashboard* o panel de información de datos, en la cual se visualizan en tiempo real y de forma interactiva los diferentes eventos de remociones en masa y avalanchas de nieve, con información de su clasificación, sus desencadenantes, ubicación, fecha y números de fallecidos y/o desaparecidos, para todo Chile.

Palabras clave: remociones en masa – fallecidos - flujo de detritos – lluvias - visor territorial.

ABSTRACT

This paper presents the creation of an interactive web viewer of the different types of landslides (rockfall, debris flow, mud flow, avalanche, collapse, etc) that left a large number of fatalities in Chile, dating from 1928 to 2020. The creation of this viewer includes 68 landslides events registered, spatially distributed throughout Chile with a balance of at least 1,010 fatalities, of which 854 died and 156 disappeared in the last 92 years. Debris flow has been found to be the main cause of deaths due to this phenomenon, mainly caused because their physical characteristics have a greater impact in population, mainly triggered by intense rainfall and earthquakes.

For the previous analysis, the database used was that of Marín *et al.* (2019), framed only in the public technical reports of landslides of the National Geology and Mining Service and complemented with the information both in the digital newspaper (web pages) and other public entities such as the National Office of the Ministry of the Interior and Public Security

and Municipalities. Subsequently, with the new database, each slip point was located spatially, some of them have been located within the affected area and others approximately, using the platform ArcGIS Online to create the territorial viewer, also the tool dashboard was used in which the different landslides events and snow avalanches are visualized in real time. Other interactively information as of their classification, cause events location, date and numbers of deceased and /or disappeared, for the Chilean territory is visualize.

Keywords: landslides – deceased – debris flow – rainfall - dashboard.

Introducción

La Asamblea de las Naciones Unidas¹, “*insta a los Estados a que, al tiempo que aplican el Marco de Sendai, prioricen el establecimiento y fortalecimiento de bases de datos nacionales sobre las pérdidas causadas por los desastres para potenciar los esfuerzos encaminados a crear o mejorar sistemas para la reunión de datos y la elaboración de bases de referencia sobre las pérdidas causadas por los desastres, incluidas las pérdidas de medios de vida y de otros tipos, y procuren reunir información desglosada por ingreso, sexo, edad y discapacidad y sobre las pérdidas históricas causadas por los desastres que se remonte por lo menos a 2005, si es posible*”. Siguiendo esta propuesta, se considera como una parte importante de la gestión del riesgo, visibilizar y recordar los anteriores eventos asociados al peligro de remociones en masa ocurridos en el territorio chileno, junto con los efectos devastadores que han tenido mayor impacto en la sociedad chilena y directamente en la pérdida de vidas humanas entre 1928 y 2020.

Es importante mencionar que los últimos años, se han evidenciado los impactos del cambio climático como uno de los factores que impulsan el riesgo de desastres, siendo los fenómenos meteorológicos extremos unos de los principales desencadenantes de remociones en masa. En este sentido, las lluvias intensas ocurridas en cortos periodos de tiempo asociadas a alturas de isoterma 0 °C² por sobre el promedio histórico en diferentes lugares de Chile, han detonado una serie de eventos de remoción en masa. Entre ellos, los flujos con descargas violentas y de gran alcance que han dejado al descubierto la alta vulnerabilidad que existe ante estos procesos, los cuales dejaron pérdidas de vidas humanas, daños en la infraestructura y un notable deterioro en la calidad de vida de la población involucrada.

Lo expuesto a su vez, ha puesto en evidencia la falta de actualización en las políticas de ordenamiento territorial existentes, así como el crecimiento demográfico y la ocupación del territorio que se desarrolla en zonas de peligro geológico.

El visor territorial será presentado y puesto en marcha a todo público, durante este congreso. Posteriormente se irá actualizando a medida que ocurran nuevos eventos con víctimas

¹ La resolución 74/218 de la Asamblea General “Reducción del Riesgo de Desastres” A/RES/74/218 (23 de enero de 2020), disponible en <https://undocs.org/A/RES/74/218>

² La isoterma 0°C indica a qué altura la precipitación se congela y cae en forma de nieve. Aproximadamente desde ese punto hacia abajo, cae en forma de lluvia.

fatales ya sean fallecidos y/o desaparecidos por remociones en masa en Chile. En la Fig. 1 se observa una previsualización del *dashboard*.



Fig. 1: Visor Territorial de fallecidos por remociones en masa en Chile en los últimos 90 años. (Enlace: <https://arcg.is/0KyT00>)

Materiales y Métodos

La metodología para generar la página del visor territorial de fallecidos por remociones en masa en Chile se sustenta en los datos recopilados por Marín *et al.* (2019), los cuales se enmarcan en información obtenida del catastro de informes técnicos de remociones en masa a nivel nacional del Servicio Nacional de Geología (Sernageomin). Estos datos fueron revisados y depurados. Posteriormente dicha base de datos fue editada con nuevos informes disponibles en la página del Portal Geomin de SERNAGEOMIN (2021). Además, de registros en prensa digital, antecedentes de otras entidades públicas como la ONEMI (2001) junto con algunas Municipalidades.

Una vez generada la nueva versión de la base de datos, se determinó la ubicación espacial (en algunos casos aproximada) de cada uno de los 68 eventos de remociones en masa recopilados, los cuales dejaron 1.010 víctimas fatales, que se distribuyen entre 854 fallecidos y 156 desaparecidos.

Es importante mencionar que, en la elaboración de la base de datos, se usó la clasificación de movimientos de ladera de Chacón (2012), para identificar los tipos de remociones en masa, las cuales se enmarcan dentro de los términos movimientos o deslizamientos de laderas y taludes, en función de que afecten a superficies inclinadas naturales (laderas) o artificiales (taludes), los movimientos básicos presentes son: caída, flujos y deslizamientos, además de otros movimientos más complejos como avalanchas y flujos por colapsos de relave.

La base de datos consta de 18 columnas con información que detalla las características de los eventos de remoción en masa que causaron fallecidos en Chile, tal y como se observa en la Tabla 1.

Estructura de la base de datos para el visor territorial de fallecidos por remociones en masa							
1	Nombre evento	6	Mes	11	Fuente	16	Enlace
2	Desaparecidos	7	Año	12	Desencadenante	17	Enlace Referencia
3	Fallecidos	8	Estación del año	13	Tipo de Remoción	18	Precisión Coordenada
4	Total	9	Región	14	Longitud		
5	Fecha	10	Comuna	15	Latitud		

Tabla 1: Base de datos utilizada para generar el visor territorial, con las 18 columnas que recopilan la información de cada uno de los registros existentes sobre fallecidos y desaparecidos en Chile por causa de remociones en masa.

Dicha tabla, presenta una estructura que permite clasificar y cuantificar la información contenida de cada evento, dentro de las que se destacan las siguientes: Nombre del evento, número de desaparecidos y fallecidos, fecha, lugar geográfico, tipo de remoción, factor desencadenante y fuente de la información. Este modelo de base de datos alimenta y provee de información al visor territorial.

Cada uno de los eventos tiene una estructura de información que sustenta el dato registrado, clasificándose según el tipo de proceso entre: deslizamientos, caídas, flujos, avalanchas de nieve y flujos por colapso de relaves. Además, a cada evento se le asignó el factor desencadenante, los cuales podrán ser lluvias intensas, sismos, intervención antrópica, deshielo y erosión (para este último existe un solo caso). Las avalanchas fueron incluidas en este estudio dado que su gatillante principal se asocia con caída de nieve en zonas de alta pendiente. Otro aspecto importante es que además de la ubicación, fecha y de la cantidad de fallecidos y/o desaparecidos, cada punto contiene un informe asociado y/o link a la información fuente almacenada, lo que se transforma en un repositorio de datos referenciales para la comunidad científica y el público general.

El objetivo principal de este trabajo consiste en desarrollar una plataforma web que busca informar de manera gráfica los lugares en donde ocurrieron los eventos de remociones en masa que han causado víctimas fatales y/o desaparecidos, con el fin de poner a disposición un visor territorial que permita mostrar estadísticamente dichos eventos y la información asociada a éstos, de esta manera se informa y educa a la comunidad sobre los peligros que existen asociados a este tipo de procesos.

El visor territorial de fallecidos por remociones en masa en Chile es una herramienta de gestión de indicadores, métricos y de datos. Tiene un mapa con la ubicación espacial de los eventos que causaron fallecidos y desaparecidos que es interactivo con los indicadores del visor. Además, un cuadro con el número de eventos por región político-administrativa.

Por otra parte, existen 5 indicadores que muestran el número de fallecidos por tipos de remociones y 6 gráficos que muestran los fallecidos por; tipo de remoción, estación del año, eventos que generaron fallecidos por gatillante e histograma de personas fallecidas por remociones entre los años 1928-2020, respectivamente, tal como se observa en la Fig. 1.

En este trabajo se considera como fallecidos, la suma de muertos y desaparecidos, definidas por ONEMI (2002).

Cabe destacar, que, aunque las avalanchas de nieve, no están dentro de los catastros de

remociones en masa del SERNAGEOMIN, en este trabajo si fueron integradas, ya que consideramos que cabe dentro de los movimientos ladera abajo, gatillados por caída de nieve en procesos hidrometeorológicos y que en el pasado dejó una gran cantidad de víctimas fatales asociadas a acumulación de nieve en las zonas cordilleranas especialmente en laderas de taludes muy inclinados adyacentes a rutas y/o cercanas a centros de *ski*.

Con respecto al colapso de relaves, estos se consideraron en este estudio ya que inicialmente se pueden originar como un deslizamiento, o falla de talud, y posteriormente se comportan como un flujo a medida que se desarrollan y encauzan.

Cabe mencionar que en este análisis no se consideraron las muertes causadas por peligros volcanogénicos, (lahares), inundaciones o caídas de rocas en faenas mineras.

Resultados y discusión

El principal resultado obtenido en este estudio es la georreferenciación espacial de 68 eventos de remociones en masa que ocasionaron víctimas fatales en casi todo el territorio chileno (16 regiones). Solo hubo dos regiones en las que no se encontraron registros validados de fallecidos por remociones en masa, que fueron Ñuble y Magallanes y de la Antártida Chilena.

A continuación, se muestra el total de fallecidos y desaparecidos por región de norte a sur: Arica y Parinacota (1), Tarapacá (5), Antofagasta (169), Atacama (61), Coquimbo (10), Valparaíso (301), Metropolitana (145), O'Higgins (167), Ñuble (0), Maule (4), Biobío (17), Araucanía (2), Los Ríos (2), Los lagos (110), Aysén (16) y Magallanes y de la Antártida Chilena (0).

La principal ventaja que entrega el visor es poder realizar consultas junto con parametrizar la búsqueda y el filtro de datos que se quieren visualizar, entregando al usuario los resultados estadísticos que le permiten hacer análisis de la información espacial de las remociones en masa que han causado víctimas fatales.

De los 68 eventos de remociones en masa, se dividieron según el tipo de proceso entre: flujos canalizados, flujos por colapso de relaves, avalanchas de nieve, deslizamientos y caídas, según, se observa en la Fig. 2.

Porcentaje de fallecidos según tipo de remoción en masa

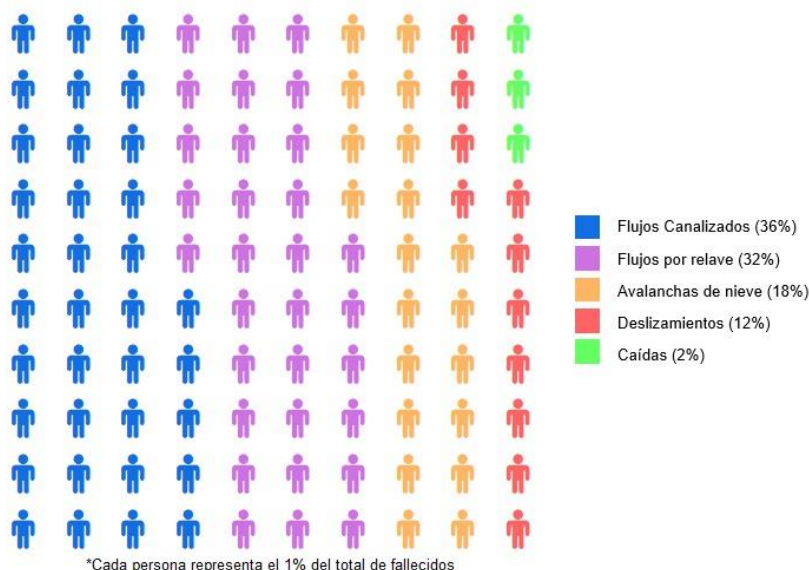


Fig. 2: Porcentaje de fallecidos por tipo de remoción en masa desde 1928 hasta 2020.

Los factores desencadenantes de remociones en masa observados en este estudio se concentran en tres tipos: primero el factor hidrometeorológico tales como lluvias intensas, caída de nieve, deshielo, valores alto de isoterma; segundo el factor sísmico; y tercero el factor por intervención antrópica (en menor medida erosión).

Según los registros de la base de datos durante los últimos 92 años en Chile, el factor hidrometeorológico es uno de los principales factores desencadenantes de remociones en masa dejando un saldo de 615 víctimas fatales, en segundo lugar, está el factor sísmico con 387 fallecidos y en tercer lugar el factor antrópico con 8 fallecidos (ver Fig. 3).

Dentro del factor hidrometeorológico sobresalen los eventos de caída de nieve resultante de al menos 8 avalanchas con consecuencias fatales en el periodo comprendido entre las décadas de los años cuarenta y ochenta en la zona cordillerana junto con lluvias intensas en algunos casos con isoterma 0°C (por sobre lo normal), con picos importantes en la década de los noventa y en los años 2015 y 2017, las cuales dejaron un registro de 30 flujos también conocidos en Chile como aluviones.

Por otro lado, los sismos desencadenaron remociones en masa de tipo caída, deslizamientos, flujos, pero principalmente flujos por colapso de relaves.

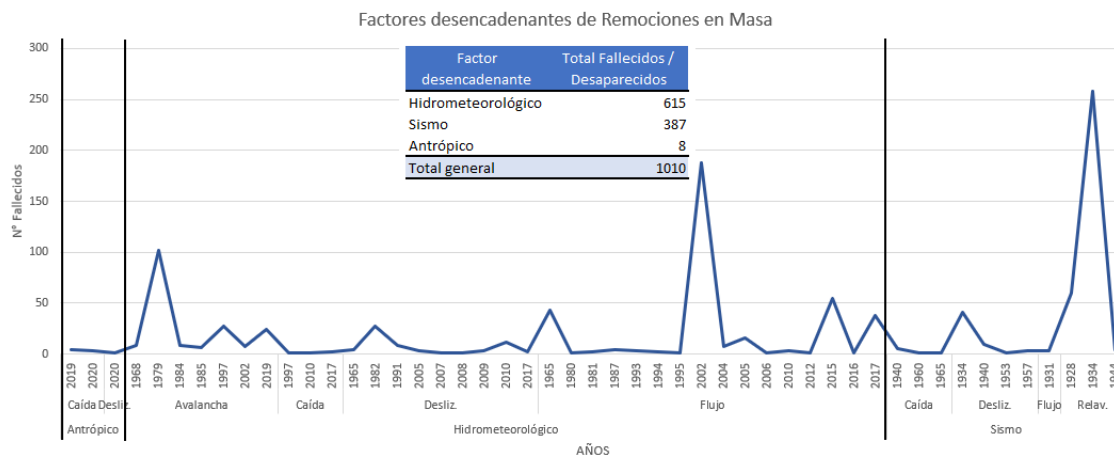


Fig. 3: Número de fallecidos por remoción en masa, según su factor desencadenante (antrópico, hidrometeorológico y sísmico) en el periodo de 1928-2020.

Con base en los análisis se puede resaltar que, la región de Valparaíso se ha visto afectada enormemente por la ocurrencia de eventos de remociones en masa en los últimos 92 años, dejando un saldo de 301 víctimas fatales, de las cuales más del 83% fueron causadas por flujos asociado al colapso de relaves gatillados por terremotos.



Fig. 4: Principales eventos de remoción en masa que concentran la mayor cantidad de fallecidos.

Según la base de datos, a nivel nacional, existen tres eventos que concentran el mayor número de personas fallecidas, como se muestra en la Fig. 4, los que en total suman 498 víctimas fatales, que equivalen al 49% del total. El resto de los eventos de remociones en masa se encuentra bajo las 50 personas fallecidas, con una media de 9 fallecidos por evento de remoción en masa. A nivel general el promedio anual de los últimos 92 años en Chile corresponde a 11 personas fallecidas al año por remociones en masa, según este estudio.

Por otra parte, del total de fallecidos, las remociones de tipo flujo canalizados concentran el 36% y las de tipo flujo por colapso de relaves concentran el 32% de los fallecidos respectivamente. Es decir, estos dos tipos de eventos concentran el 68% de las víctimas fatales por remociones en masa.

Con respecto al colapso de relaves mineros es importante mencionar que la mayoría de dichas estructuras están asociados a los principales yacimientos cupríferos en Chile, em-

plazados en ambientes andinos donde según los registros de este estudio, los relaves están ubicados cerca de cauces de valles fluviales. Estos relaves, cuando son sometidos a fuertes sismos tienen un elevado potencial de licuefacción, por lo que adquieren la consistencia de un fluido de baja viscosidad que si colapsan puede escurrir por cauces preexistentes, favorecidos por la pendiente del terreno, como lo observado después del terremoto de Talca de magnitud (Ms) 8.3 ocurrido el 1/12/1928 y el de 1965 de (Ms) 7.4 ocurrido el 28/03/1965, los cuales generaron el colapso de algunos de los taludes de relaves (depósitos mineros) entre ellos el del tranque Barahona de la Mina Sewell y el de la Mina El Soldado, este último alcanzando a la localidad El Cobre, donde murieron aproximadamente 60 y 258 fallecidos respectivamente.

Referido a este evento, Hauser (2000) señaló que “*este accidente dio inicio a una serie de estudios conducentes a la elaboración de una normativa destinada a regular la Construcción y Operación de Tranques de Relaves en Chile (Decreto Supremo No. 86, del 31 de julio de 1970)*”, el cual se derogó el 11-04-2007 y se modificó al Decreto 248. Es importante mencionar que su estricta aplicación ha contribuido decisivamente en minimizar el riesgo del colapso de estructuras para el almacenamiento de residuos mineros. Lo que indica que en la medida del tiempo la construcción de relaves en Chile se ha realizado con mejores condiciones de seguridad ya que compromete consideraciones de diseño, construcción, operación y cierre de estos.

En la elaboración de la base de datos, uno de los principales desafíos, se asoció con la búsqueda de información, sobre todo para la primera mitad del siglo XX, debido a la dificultad de definir con exactitud la ubicación espacial (latitud y longitud) asociada a cada evento. En algunos casos existe el registro de la cantidad de personas afectadas por remociones en masa, sin embargo, no se cuenta con el dato geoespacial para individualizar cada suceso, debido a que se menciona por región y no por localidad.

El número de fallecidos y desaparecidos entregados en el presente estudio corresponde a la mínima cantidad registrada según fuentes de datos oficiales. En ningún caso se toma este análisis estadístico como absoluto.

Conclusiones

La creación de una base de datos estandarizada permite retroalimentar la información contenida e integrar nuevos datos de manera rápida y eficaz.

Es importante mencionar que, aunque casi todas las regiones presentan una cantidad importante de fallecidos por eventos de remociones en masa, las que más aportan son las regiones de Valparaíso, Antofagasta y O'Higgins donde estos fenómenos dejaron un saldo de 637 víctimas en total, siendo el más catastrófico los flujos por colapso de relaves y aluviones.

El presente estudio recopila información de fallecidos y desaparecidos por remociones en masa incluida las avalanchas de nieve en una base de datos que sustenta la visualización gráfica de los datos a través de un visor territorial que, donde además muestra la localización espacial de los datos e información descriptiva por cada tipo de evento, en algunos sectores el dato es aproximado.

Para el caso de remociones en masa, esta herramienta es un aporte para la gestión del riesgo de desastres del territorio frente al peligro de remociones en masa, ya que permite identificar rápidamente aquellos sectores en que históricamente ha habido víctimas fatales. Lo

anterior, resulta fundamental al tener en cuenta que una buena educación en materia de peligros geológicos permite salvar vidas humanas y disminuir el impacto de estos fenómenos en la sociedad chilena y es un insumo para el ordenamiento territorial.

En virtud de lo anterior, resulta de gran importancia visibilizar los daños causados por remociones en masa para reducir el riesgo frente a estos procesos y, así evitar nuevas víctimas fatales en Chile asociados a estos.

Dentro de la base de datos, se cuenta con 68 eventos de remociones en masa registrados en un periodo de 92 años, desde 1928 hasta 2020. Los fenómenos con mayor recurrencia en el territorio chileno, y los que más víctimas fatales provocan, son los flujos (conocidos en Chile como aluviones). Las políticas y las herramientas para la gestión del riesgo deben estar enfocadas en la prevención, fortalecimiento y el conocimiento de la comunidad hacia ese tipo de remociones en masa, que se dan principalmente en quebradas alcanzando además sus zonas de descarga en abanicos aluviales.

En la misma línea de este trabajo, es importante definir la cantidad de víctimas fatales a causa de otros peligros geológicos como volcanes, terremotos, tsunamis e inundaciones, entre otros. Asimismo, es necesario educar a la población y avanzar en la elaboración de políticas públicas enfocadas en la gestión integral del riesgo ante desastres socionaturales y dentro de este marco institucional, poder focalizar y priorizar las decisiones sociopolíticas asociadas a los desastres que constantemente afectan al territorio y sus habitantes.

Agradecimientos

Se agradece a la Subdirección Nacional de Geología del Servicio Nacional de Geología y Minería (SERNAGEOMIN) y la Asociación de Ingeniería Geológica Chilena (ACHIGEO), por el patrocinio en este documento y además a Alejandro Alfaro y Antonio Muñoz por la revisión de este documento.

Referencias

Hauser, A., 2000. Remociones en masa en Chile. Servicio Nacional de Geología y Minería, Boletín, No. 59, Versión actualizada 2000, 89p. Santiago.

Chacón, J., 2012. Movimientos de ladera: clasificación, descripción y evolución espacial y temporal. Asociación Argentina de Geología Aplicada a la Ingeniería, ASAGAI.

Marín, M., Muñoz, A. y Naranjo, J. 2019. Víctimas fatales causadas por remociones en masa en Chile (1928-2017). In Congreso Geológico Chileno - Geociencias hacia la comunidad No. 15, 2018, Actas: 216-219. Concepción.

Oficina Nacional de Emergencias del Ministerio del Interior, ONEMI. (2001). Temporales del siglo XX. Santiago, Chile: Gobierno de Chile.

Oficina Nacional de Emergencias del Ministerio del Interior, ONEMI. (2002). Plan Nacional: Instrumento Indicativo para la Gestión Integral Decreto N° 156. Chile.

Servicio Nacional de Geología y Minería. SERNAGEOMIN. (2021). Visor de mapas. Peligros Geológicos, Remociones en Masa, Catálogo de remociones en masa de la Región Me-

tropolitana. <http://portalgeominbeta.sernageomin.cl/share/5efb9a12825fd> - Última visita 25-05-2021.