

# REPORTE DE ESTADO DE REMOCIÓN EN MASA SECTOR DE YERBA LOCA, SANTUARIO DE LA NATURALEZA, COMUNA DE LO BARNECHEA, REGIÓN METROPOLITANA

Valeska Farías Sarmiento

---

**Reporte de estado de remoción en masa sector de Yerba Loca, Santuario de la Naturaleza, comuna de Lo Barnechea, Región Metropolitana**

**INFORME TÉCNICO, 2023**

©Servicio Nacional de Geología y Minería. Av. Santa María 0104, Casilla 10465, Santiago, Chile.

Director Nacional: Patricio Aguilera P.

Subdirector Nacional de Geología (S): Álvaro Amigo

Este informe se puede difundir o reproducir libremente, siempre y cuando se mencione la fuente.

Tipo de informe: Informe Técnico

Unidad Ejecutora: Unidad de Peligros Geológicos y Ordenamiento Territorial, Santiago.

Revisado por: Mónica Marin y Constanza Hoffman, Departamento de Geología Aplicada.

**Edición**

Este informe no ha sido editado en conformidad con estándares y/o nomenclaturas de la Subdirección Nacional de Geología del SERNAGEOMIN.

**Referencia bibliográfica:**

Farías, V. Reporte de estado de remoción en masa sector de Yerba Loca, Santuario de la Naturaleza, comuna de Lo Barnechea, Región Metropolitana. Servicio Nacional de Geología y Minería, Informe Técnico 2023 (Inédito): 11 p. Santiago.

Portada: Comparación deslizamiento Yerba Loca escala 1:10:000, izquierda: SkySat tomada 11/2020, derecha: SkySat tomada 12/2022.

Este Informe inédito está disponible en Biblioteca del Servicio Nacional de Geología y Minería, Santiago: <https://catalogobiblioteca.sernageomin.cl>

## CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN.....	4
2. METODOLOGÍA.....	6
2.1 Análisis multitemporal de imágenes satelitales.....	6
2.2 Imágenes utilizadas .....	6
2.3 Consideraciones .....	6
3. RESULTADOS .....	7
4. CONCLUSIONES.....	9
5. RECOMENDACIONES.....	9
6. REFERENCIAS.....	11
ANEXO I DEFINICIONES UTILIZADAS (extraídas de: Proyecto Multinacional Andino, 2007)	i

## ÍNDICE DE FIGURAS

FIG. 1 Ubicación del deslizamiento Yerba Loca. ....	4
FIG. 2. Modificado de Alfaro y Espinoza (2019). Izquierda: Mapa de puntos de encuentro en zonas seguras (círculos verdes) para el sector de Villa Paulina. Derecha: Mapa de puntos de encuentro en zonas seguras (círculos verdes) para la localidad de Corral Quemado. Las rutas de evacuación se muestran con flechas negras. Por último, el área de amenaza por flujos asociados al valle de Yerba Loca se muestra en color amarillo. ....	6
FIG. 3. Análisis temporal de características geomorfológicas del deslizamiento Yerba Loca entre los años 2003 y 2022. ....	8

## ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1. Informes elaborados por Sernageomin en el deslizamiento Yerba Loca. ....	5
TABLA 2 : Glosario de la actividad de un movimiento en masa (WP/WLI, 1993). Extraído de PMA (2007).....	i

# REPORTE DE ESTADO DE REMOCIÓN EN MASA SECTOR DE YERBA LOCA, SANTUARIO DE LA NATURALEZA, COMUNA DE LO BARNECHEA, REGIÓN METROPOLITANA

## 1. INTRODUCCIÓN

El objetivo del presente informe es realizar un análisis seguimiento de deslizamiento Yerba Loca, obteniendo su estado actual de actividad mediante análisis multitemporal remoto de imágenes satelitales disponibles desde el 2018 hasta la fecha (diciembre 2022).

El deslizamiento Yerba Loca corresponde a una remoción en masa activa (clasificada según PMA, 2017. Ver Tabla en Anexo I) tipo deslizamiento compuesto de roca (Sernageomin, 2019).

El Deslizamiento Yerba Loca se localiza en la quebrada homónima, coordenadas UTM 381.940 E y 6.319.270 N (WGS 1984, Huso 19S), referencia Santuario de la Naturaleza Yerba Loca. Comuna de Lo Barnechea, Región Metropolitana (FIG. 1).

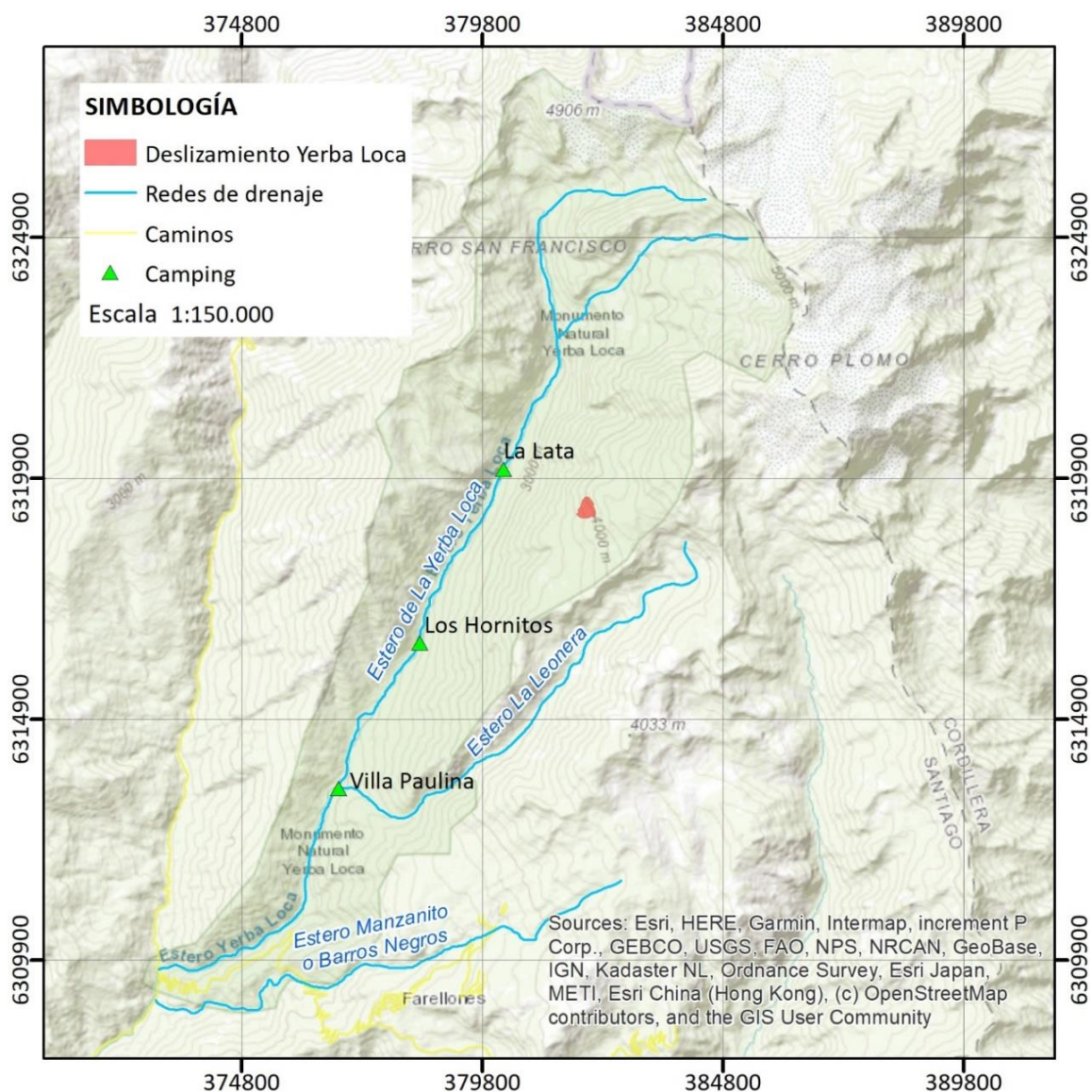


FIG. 1 Ubicación del deslizamiento Yerba Loca.

La zona del deslizamiento ha presentado actividad al menos desde el año 2003 (Sernageomin, 2019), y el primer deslizamiento ocurrió en agosto del 2018. En lo que respecta a Sernageomin, se han realizado los informes que se resumen en la TABLA 1.

TABLA 1. Informes elaborados por Sernageomin en el deslizamiento Yerba Loca.

Título	Año	Autor	Tipo
Minuta técnica por remoción en masa en el estero Yerba Loca, comuna de Lo Barnechea, Santiago, Chile.	2018	Fernández, J.	Fotointerpretación.
Informe Remoción en masa en Parque Yerba Loca. Propuesta preliminar de actividades.	2018	Marín, M./UATEG	Sobrevuelo
Remoción en masa en Santuario de la naturaleza Yerba Loca. Santiago, Chile.	2019	Sernageomin	Terreno y modelos en RAMS.
Identificación de puntos de encuentro en el estero de Yerba Loca, comuna de Lo Barnechea.	2019	Alfaro A., Espinoza, L.	Asistencia técnica para municipio de Lo Barnechea.
Sobrevuelo en las cuencas altas de los ríos Maipo y Mapocho.	2019	Farías V., Marín, M.	Sobrevuelo general cuenca Mapocho y Maipo.
Sobrevuelo al deslizamiento del estero Yerba Loca, cuenca alta del río Mapocho, comuna de Lo Barnechea, región Metropolitana.	2020	Marín, M., Muñoz, M.	Sobrevuelo, y mediciones en terreno.

El depósito presenta una estructura cohesiva, y se conforma por un nivel de ignimbritas de la Formación Farellones (Sernageomin, 2019) cubiertas por detritos de origen criogénico (Sepúlveda et al., 2020). El depósito en sí tiene un espesor de al menos 20 metros, y el escarpe principal mide al menos 30 metros de largo (Sernageomin, 2019). Mediante interferometría Carrasco (2022) determinó un desplazamiento de decenas de centímetros al año.

De acuerdo con Sernageomin (2019), en un escenario pesimista estimado para la caída del volumen deslizado en 2018, que se genere una avalancha de roca y hielo de máxima fluidez y descienda a lo largo del valle del estero de Yerba Loca podría generar una crecida aluvial que afectase áreas llanas próximas al nivel del estero y del río San Francisco, particularmente los sectores de Los Hornitos, Villa Paulina y Corral Quemado.

Alfaro y Espinoza (2019), identificaron 4 puntos de encuentro en zonas seguras sobre la base de una inspección en terreno realizada el 29 de abril del 2019 en el sector de Villa Paulina y Corral Quemado, considerando además los diferentes modelos de remoción en masa presentados por Sernageomin (2019), incluyendo el escenario pesimista



(mencionado en el párrafo anterior), y un área de amenaza por flujos asociados al estero La Leonera. De este modo, presentaron 4 puntos de encuentro: dos en el Santuario de la Naturaleza Yerba Loca y dos en la localidad de Corral Quemado, los cuales se presentan en la FIG. 2.



FIG. 2. Modificado de Alfaro y Espinoza (2019). Izquierda: Mapa de puntos de encuentro en zonas seguras (círculos verdes) para el sector de Villa Paulina. Derecha: Mapa de puntos de encuentro en zonas seguras (círculos verdes) para la localidad de Corral Quemado. Las rutas de evacuación se muestran con flechas negras. Por último, el área de amenaza por flujos asociados al valle de Yerba Loca se muestra en color amarillo.

## 2. METODOLOGÍA

### 2.1 Análisis multitemporal de imágenes satelitales

Se realizó un análisis multitemporal mediante la fotointerpretación de imágenes satelitales, buscando rasgos morfológicos superficiales asociados a deslizamientos y otras remociones en masa. Estas características fueron: grietas de tracción, zonas de abombamiento, zonas de hundimiento, depósitos o cuerpos de deslizamiento, zonas de denudación, escarpes, grietas en general, y caídas de rocas.

### 2.2 Imágenes utilizadas

- Imágenes disponibles en Google Earth disponibles entre 2003 y 2021.
- Imágenes SkySat con fechas del 20/11/2020 y 20/12/2022. También se contó con imágenes del 27/08/2022 y 13/12/2022, pero estas no fueron utilizadas por tener cobertura nival y humo, respectivamente.
- Basemap de ESRI, correspondiente a la imagen "World Imagery" de ESRI disponible en ArcGIS Desktop con fecha del 24/03/2022 (ESRI, DigitalGlobe, GeoEye, Earthstar Geographics, CNES/Airbus DS, USDA, USGS, AeroGRID, IGN, and the GIS User Community).

### 2.3 Consideraciones

Dadas las distintas fuentes de las imágenes se debe considerar una diferencia en la proyección entre las interpretaciones realizadas en Google Earth, con el Basemap en ArcGIS, o con la SkySat en ArcGIS. Lo anterior se traduce en una "deformación" de la

imagen y un error cercano a 20 metros entre las entidades geométricas asociadas a cada análisis (shapes lineales o poligonales).

### **3. RESULTADOS**

Entre los años 2003 y 2018 hubo formación de grietas de tracción y deformación del tipo abombamiento en la zona de futuro escarpe y cuerpo del deslizamiento principal, refiriéndose a éste como el ocurrido el 2018.

El año 2019 se cuenta con imágenes en Google Earth en donde es posible ver el deslizamiento ocurrido el 2018, por lo que el escarpe principal y cuerpo son caracterizados para ese año, se presentan en verde en la FIG. 3. En base a la cartografía realizada en este trabajo se estima un área de casi 80 m<sup>2</sup> para el depósito del deslizamiento (polígonos en verde llamado "Depósitos del deslizamiento 2019" en la FIG. 3).

Desde el 2019 hasta la fecha (diciembre 2022), y sobre todo en el segundo semestre de este año (2022), se observó un avance progresivo de los escarpes principal y secundario hacia el sur del deslizamiento principal, con una extensión del escarpe principal hasta una distancia de aproximadamente 300 metros. Esto se interpretó en color rojo en la FIG. 3. A lo anterior se suma: aumento en la apertura de los escarpes ya existentes, erosión en distintas zonas del depósito principal y generación de nuevas grietas de tracción. Estas nuevas grietas de tracción se concentran en la parte superior o cabecera de lo que podría ser el cuerpo del deslizamiento en formación que se encuentra directamente al sur del deslizamiento actual, se presentan como líneas simples en la FIG. 3.

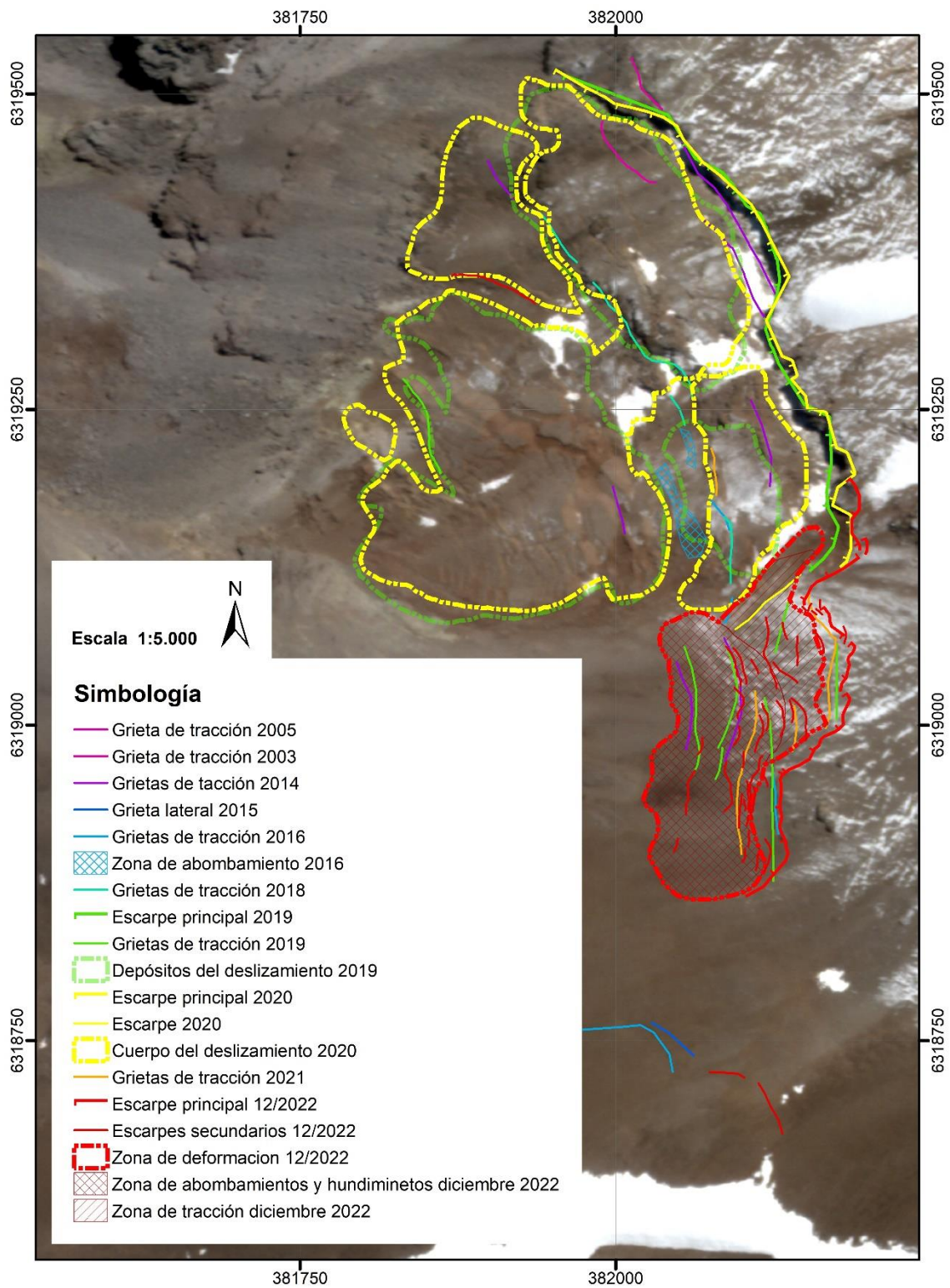


FIG. 3. Análisis temporal de características geomorfológicas del deslizamiento Yerba Loca entre los años 2003 y 2022.



#### 4. CONCLUSIONES

- El deslizamiento Yerba loca **se encuentra activo** (ver ANEXO 1), progresando hacia la zona sur del depósito actual, hasta una distancia de casi 300 metros.
- Lo anterior se traduce en zona de posible activación de un nuevo cuerpo de deslizamiento de condiciones similares al que se observa actualmente, cuya área es de aproximadamente 25.000 m<sup>2</sup>.
- Tanto el cuerpo ya deslizado y activo del deslizamiento Yerba Loca, como su progresión hacia el sur representan riesgo para turistas, zonas de campings, senderos, y las localidades que se encuentran aguas abajo por el estero Yerba Loca, en específico Los Hornitos, Villa Paulina y Corral Quemado, en el peor de los escenarios.

#### 5. RECOMENDACIONES

- De acuerdo con lo anterior, se recomienda que Sernageomin evalúe pertinencia y factibilidad de realizar seguimiento del deslizamiento y de su progresión hacia el sur. Este puede realizarse mediante diversas metodologías a definir por este servicio, entre ellas se proponen: Análisis periódico (idealmente trimestral) de imágenes satelitales, sobrevuelos periódicos, levantamiento de datos con drones con tecnología PPK (*Post Processing Kinematic*) y puntos de control en terreno (GCP: *Ground Control Point*) para monitoreo periódico, o exploración en terreno.
- Cabe reiterar las siguientes conclusiones y recomendaciones expresadas en los informes anteriores elaborados por Sernageomin (2019) y Alfaro y Espinoza (2019), las cuales se mantienen totalmente vigentes:
  - En relación con el modelo realizado por Sernageomin (2019), en el cual las simulaciones se basaron en los rangos típicos para los parámetros reológicos tomados de Sosio et al., (2008): (a) El modelo que se ajusta a las características de un flujo de detritos, y que estaría asociado a una reactivación de la remoción por movimientos sísmicos o por precipitaciones líquidas en altura, formaría un depósito in-situ y no descendería por el valle, generando un represamiento y una laguna temporal. (b) El modelo que se ajusta a las características de una avalancha de hielo y roca, la que estaría asociada a una reactivación por sobrecarga de nieve superficial junto con un aumento del hielo intersticial, podría alcanzar una mayor distancia, aumentando el riesgo en las zonas expuestas. En este escenario, el flujo podría evolucionar a un hiperconcentrado por adición de agua, generando una crecida aluvial que afectaría áreas llanas próximas al nivel del estero y del río San Francisco, particularmente los sectores de Los Hornitos, Villa Paulina y Corral Quemado.
  - En conjunto con el monitoreo, debe establecerse un protocolo de evacuación de las áreas de riesgo ubicadas en el Estero Yerba Loca en caso de sismos, lluvias intensas con isoterma 0°C alta, o percepción de estruendos y/o nubes de polvo provenientes del sector de la remoción.
  - Dicha evacuación podría realizarse hacia los 4 puntos de encuentro propuestos por Alfaro y Espinoza (2019), de los cuales dos se ubican en el Santuario de la Naturaleza homónimo y dos en la localidad de Corral Quemado.
  - Tanto la población flotante y fija expuesta como el personal del Parque Yerba Loca deben participar del establecimiento de planes de evacuación y puntos de encuentro.
  - Para la correcta implementación de los puntos de encuentro mencionados, es necesario hacer difusión a los visitantes del sector, además de habilitar y mejorar de

los sectores definidos como seguros, así como, la limpieza de bloques de roca en algunas laderas.

- En el caso particular del punto "Sede JJ.VV." se deberán realizar importantes labores de mejora en la ladera y en los accesos, a fin de disponer de una superficie plana cuya altura con respecto al nivel del río San Francisco sea de por lo menos 15 m. Se recomienda considerar este punto para la construcción de la futura Sede Vecinal que se emplazaría en esta zona.
- No es recomendable el tránsito de personas por el sendero al glaciar La Paloma, sobre todo snestar informado respecto al riesgo que puede conllevar ingresar a dicha zona, particularmente en las áreas ubicadas directamente bajo la zona del deslizamiento, desde su escarpe hasta el fondo de la quebrada Yerba Loca.
- Finalmente, se recomienda que tanto la municipalidad como el sistema de protección civil trabajen en conjunto con SENAPRED para implementar áreas seguras o zonas de encuentro, así como rutas de evacuación con accesibilidad y señalética para la zona entre Yerba Loca y Corral Quemado.
- Se recomienda a la Municipalidad presentar un sistema de monitoreo para la zona en cuestión en caso tal que SERNAGEOMIN no cuente con los recursos para continuar con el análisis de imágenes multitemporal.

## 6. REFERENCIAS

- Alfaro A., Espinoza, L. (2019) Identificación de puntos de encuentro en el estero de Yerba Loca, comuna de Lo Barnechea. Asistencia técnica para municipio de Lo Barnechea.
- Carrasco, J. (2022). Aplicación de interferometría radar de apertura sintética (INSAR) en tres eventos de remoción en masa en los andes chilenos. [Memoria para optar al título de Geóloga]. Universidad de Chile.
- Farías V., Marín, M. (2019). Sobrevuelo en las cuencas altas de los ríos Maipo y Mapocho.
- Marín, M., Muñoz, M. (2020) Sobrevuelo al deslizamiento del estero Yerba Loca, cuenca alta del río Mapocho, comuna de Lo Barnechea, región Metropolitana.
- Muñoz, A.; Pérez, L.; Gálvez, V.; Sánchez, B.; Opazo, E. 2022. Aluviones en el río Las Minas de Punta Arenas: desde una perspectiva histórica de la ocupación del territorio hasta el monitoreo de la amenaza. Actas Primer Simposio Asociación Chilena de Ingeniería Geológica. Santiago. 46 p.
- Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas. (2007). Movimientos en Masa en la Región Andina: Una guía para la evaluación de amenazas. In Publicación Geológica Multinacional. Servicio Nacional de Geología y Minería.
- Rosales, V. (2022). Modelamiento numérico 2d de estabilidad de laderas en ambientes paraglaciaros: caso deslizamiento yerba loca, Santiago, región metropolitana. [Memoria para optar al título de Geóloga]. Universidad de Chile.
- Sepúlveda, S., Alfaro, A., Lara, M., Carrasco, J., Olea-Encina, P., Rebolledo, S., Garcés, M. (2020) An active large rock slide in the Andean paraglacial environment: The Yerba Loca landslide, central Chile. Landslides, Springer Nature.
- Sernageomin (2018). Minuta técnica por remoción en masa en el estero Yerba Loca, comuna de Lo Barnechea, Santiago, Chile.
- Sernageomin (2019). Remoción en masa en Santuario de la naturaleza Yerba Loca. Santiago, Chile.
- Sosio, R., Crosta, G. B., & Hungr, O. (2008). Complete dynamic modeling calibration for the Thurwieser rock avalanche (Italian Central Alps). Engineering Geology, 100(1-2), 11–26.
- VAN WESTEN, C.J.; VAN DUREN, I.; KRUSE, H.M.G. & TERLIEN, M.T.J. 1993. GISSIZ: training package for Geographic Information System in slope instability zonation. ITC. Publication. Vol. 1 N° 15: 245 pp. Enschede.

## ANEXO I      DEFINICIONES UTILIZADAS (extraídas de: Proyecto Multinacional Andino, 2007)

**ACTIVIDAD** La actividad de un movimiento en masa se refiere a tres aspectos generales del desplazamiento en el tiempo de la masa de material involucrado: el estado, la distribución y el estilo de la actividad. El primero describe aquello que se sabe con respecto a la regularidad o irregularidad temporal del desplazamiento; el segundo describe grosso modo las partes o sectores de la masa que se encuentran en movimiento; y el tercero indica la manera cómo los diferentes movimientos dentro de la masa contribuyen al movimiento total (WP/WLI, 1993) (PMA, 2017).

*TABLA 2 : Glosario de la actividad de un movimiento en masa (WP/WLI, 1993). Extraído de PMA (2007).*

<b>Estado de actividad</b>	<b>Distribución de la actividad</b>	<b>Estilo de la actividad</b>
Activo	Retrogresivo	Complejo
Reactivado	Avanzando	Compuesto
Suspendido	Ensanchando	Múltiple
Inactivo	Confinado	Sucesivo
Latente		
Abandonado	Creciente	Único
Estabilizado	Decreciente	
Relicto	Móvil	

**ACTIVIDAD HISTÓRICA:** Evidencia geológica o histórica de la ocurrencia de un movimiento en masa.

**ACTIVO:** Movimiento en masa que actualmente se está moviendo, bien sea de manera continua o intermitente.

**REACTIVADO:** Movimiento en masa que presenta alguna actividad después de haber permanecido estable o sin movimiento por algún período de tiempo.

**SUSPENDIDO:** Movimiento en masa que se desplazó durante el último ciclo anual de las estaciones climáticas, pero que en el momento no presenta movimiento (Varnes, 1978).

**INACTIVO:** Estado de actividad de un movimiento en masa en el cual la masa de suelo o roca actualmente no presenta movimiento, o que no presenta evidencias de movimientos en el último ciclo estacional (WP/WLI, 1993).