



REMOCION EN MASA EN VALLE LOS TURBIOS-TERMAS EL AMARILLO, PROVINCIA DE PALENA, REGIÓN DE LOS LAGOS.

David Quiroz, Paul Duhart, Violchen Sepulveda

INFORME TÉCNICO INF-LOS LAGOS-04.2020



**OFICINA TÉCNICA PUERTO VARAS
SUBDIRECCIÓN NACIONAL DE GEOLOGÍA**

2020

**REMOCION EN MASA EN VALLE LOS TURBIOS-TERMAS EL AMARILLO, PROVINCIA DE PALENA,
REGIÓN DE LOS LAGOS.
INFORME TÉCNICO INF-LOS LAGOS-04.2020**

©Servicio Nacional de Geología y Minería. Av. Santa María 0104, Santiago, Chile.
Director Nacional: Alfonso Domeyko L.
Subdirector Nacional de Geología: Alejandro Cecioni R.

Este informe se puede citar o reproducir libremente, siempre y cuando se mencione la fuente.
Derechos reservados. Prohibida su reproducción.

Tipo de informe: Asistencia Técnica
Unidad Ejecutora: Oficina Técnica Puerto Varas, Región de Los Lagos.
Código de identificación interno: INF-Los Lagos-04.2020

Revisado por: David Quiroz, Paul Duhart

Edición

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

Referencia bibliográfica:

Quiroz D.; Duhart P.; Sepulveda V. 2020. Remoción en masa en el valle los Turbios-Termas el Amarillo, Provincia de Palena, Región de Los Lagos. Servicio Nacional de Geología y Minería, Informe Técnico INF-Los Lagos-04.2020 (Inédito): 17 p. Puerto Varas.

Portada: Vista parcial de la remoción en masa en el sector El Amarillo.
Fotografía: D. Quiroz.

Este informe inédito está disponible en la Biblioteca del Servicio Nacional de Geología y Minería, Santiago.
Podrá ser impreso a demanda del usuario.

<http://www.biblioteca.sernageomin.cl>

CONTENIDO

RESUMEN	4
1. INTRODUCCIÓN	5
2. ANTECEDENTES GEOMORFOLÓGICOS Y GEOLÓGICOS.....	7
3. OBSERVACIONES ANÁLISIS Y DISCUSIÓN	9
4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	14
5. AGRADECIMIENTOS	17
6. REFERENCIAS.....	17

REMOCION EN MASA EN VALLE LOS TURBIOS-TERMAS EL AMARILLO, PROVINCIA DE PALENA, REGIÓN DE LOS LAGOS.

RESUMEN

El día 13 de mayo en curso la Dirección Meteorológica de Chile (DMC) declaró Alerta Meteorológica para las regiones de Los lagos y Aysén (CNA AA37/2020). Consecuentemente con ello SERNAGEOMIN emitió una Minuta Técnica indicando moderada a alta la posibilidad de ocurrencia de remociones en masa en la Provincia de Palena. Luego, durante las jornadas de los días 15 y 16 de mayo, producto de las intensas precipitaciones asociadas a una elevada isoterma 0°C, se produjeron remociones en masa e inundaciones por crecidas de ríos y esteros en diversas localidades de la provincia, provocando cortes de caminos, daños en viviendas y personas damnificadas. A raíz de lo anterior la III Brigada Aérea de La FACH realizó un sobrevuelo de inspección técnica con participación de autoridades de Defensa Nacional, de OMEMI Los Lagos y del MOP. En dicha inspección se pudo constatar la ocurrencia de una remoción en masa (aluvión) de extensión kilométrica que afectó el sector de las Termas El Amarillo en el valle Los Turbios. Como consecuencia de dicha remoción en masa (aluvión), las viviendas e infraestructura de las Termas El Amarillo fueron destruidas, una persona se encuentra desaparecida y la ruta W-877 fue cubierta de sedimentos en una extensión aproximada de 2,5 km.

Un nuevo sobrevuelo de la FACH realizado el día 21 de mayo al valle Los Turbios y a sectores de la Carretera Austral (lago Yelcho, Cuesta Moraga, villa Santa Lucía y valle del río Tranquilo) con participación de personal de SERNAGEOMIN, Vialidad, DOH y ONEMI, permitió registrar desde el aire, con buenas condiciones meteorológicas, los eventos de remoción en masa ocurridos como consecuencia de las intensas precipitaciones.

El presente informe técnico entrega algunos elementos para el análisis de lo ocurrido en el sector de las Termas El Amarillo, aunque no ha sido posible, hasta ahora, realizar una inspección en terreno para la obtención de datos directos del depósito dejado por la remoción en masa y de su área de generación.

1. INTRODUCCIÓN

El sector de las Termas El Amarillo, en el valle Los Turbios, se encuentra ubicado aproximadamente 25 km al sureste de la ciudad de Chaitén. Se accede al valle desde el puente del río Amarillo por la ruta W-877, que recorre cerca de 20 km hasta su final. El sector de las Termas El Amarillo está en el km 4 de dicha ruta (figura 1).



Figura 1. Imagen de Google Earth que muestra ubicación del valle Los Turbios y sector de las Termas El Amarillo. La ruta W-877 está destacada en rojo hasta el sector donde se originó la remoción en masa.

Luego de la Alerta Meteorológica decretada por la DMC para la Provincia de Palena el día 13 de mayo en curso, y a raíz de las intensas precipitaciones, el día sábado 16 de mayo cerca de las 8 am se desencadenó una remoción en masa (aluvión) que impactó el sector de las Termas El Amarillo. El conocimiento de la magnitud de este proceso geológico solo fue posible gracias a un sobrevuelo de reconocimiento realizado durante una ventana climática el mismo día 16. En dicho sobrevuelo se constató que todo el fondo del valle en el sector de las Termas El Amarillo en un tramo aproximado de 2,5 km, se encontraba cubierto por sedimentos y agua, y las viviendas, así

como las instalaciones de las termas, habían sido destruidas por un aluvión. Además, en ese reconocimiento, se logró el rescate de dos personas (habitantes del sector) y se constató la desaparición del Sr. Héctor Müller, administrador de las termas.

Los videos y fotografías enviadas desde ONEMI y que fueron socializadas por el Comité Operativo de Emergencias (COE) de Geología (SERNAGEOMIN), evidenciaron la gran magnitud de la remoción en masa en El Amarillo. Por otro lado, se informó de numerosos eventos de remociones en masa en diversas localidades de la Provincia de Palena, algunas de las cuales afectaron caminos e interrumpieron la conectividad y otras afectaron viviendas. Además, se produjo la crecida de ríos y localmente de lagos, los que generaron inundaciones locales y dejaron a personas aisladas.

ONEMI-Los Lagos solicitó a SERNAGEOMIN el mismo día sábado en la noche un informe preliminar basado en las imágenes y videos aportados por ONEMI y COE Geología, el cual fue elaborado rápidamente y enviado a ONEMI el domingo 17 a primera hora de la mañana.

El presente informe técnico se ha elaborado luego de la realización del sobrevuelo del día 21 de mayo al valle Los Turbios y a sectores puntuales solicitados por ONEMI, Vialidad y DOH, con el apoyo de imágenes satelitales post aluvión obtenidas por SERNAGEOMIN de la plataforma Planet.

Cabe precisar que no se tuvo oportunidad de descender en el sector de El Amarillo para la obtención de datos directos del depósito de la remoción en masa.

El evento meteorológico de precipitaciones intensas con elevada isoterma 0°C, ocurrido entre los días 14 y 16 de mayo en las regiones de Los Lagos y Aysén, fue registrado como un 'río atmosférico', los que consisten en filamentos con alto contenido de humedad en la atmósfera, de unos cientos de kilómetros de ancho y algunos miles de kilómetros de extensión, que descargan lluvia muy concentrada en la Cordillera Principal de Los Andes (Viale y otros, 2018). Así, los ríos atmosféricos pueden desencadenar eventos hidrometeorológicos extremos como los ocurridos en Villa Santa Lucía (2017), Hornopirén (2019) y Palena (2020), afectando con precipitaciones muy intensas a una franja de algunos cientos de kilómetros de ancho y con elevada isoterma 0°C, aumentando el área que recibe precipitaciones líquidas sobre la cordillera (Garreaud 2013). Un periodo de lluvia cálido, prolongado e intenso como los asociados con los 'ríos atmosféricos' puede producir inundaciones y aluviones.

El área del valle Los Turbios y las Termas El Amarillo no dispone de estaciones meteorológicas que permitan definir el umbral de precipitaciones que desencadenó la remoción en masa

(aluvión), aunque el registro meteorológico regional indica que el evento alcanzó entre 73,6 y 267 mm en 48 horas. En efecto, las estaciones meteorológicas situadas en las provincias de Palena y Aysén registran las siguientes precipitaciones acumuladas en 48 horas (desde las 12:00 horas del día jueves 14 de mayo, hasta las 12:00 horas del día sábado 16 de mayo):

- Estación Nueva Chaitén: 73,6 mm, localizada a 25 km al noroeste de Termas El Amarillo (www.climatología.meteochile.gob.cl);
- Estación Futaleufú: 109,8 mm, localizada a 50 km al sureste de Termas El Amarillo (www.climatología.meteochile.gob.cl);
- Estación Villa Santa Lucía: 267 mm, localizada a 45 km al sur de Termas El Amarillo (www.dgasatel.mop.cl);
- Estación La Junta: 157,2 mm, localizada a 110 km al sur de Termas El Amarillo (www.agrometeorologia.cl).

2. ANTECEDENTES GEOMORFOLOGICOS Y GEOLÓGICOS

El sector de las Termas El Amarillo se ubica en un valle glaciar colgado cuya longitud aproximada es de 10 km. Es un valle estrecho, con la mayor parte de fondo plano cuyo ancho varía entre 300 y 150 m. Su trazado, desde las nacientes, tiene una dirección NS, por 3 km, y luego cambia a dirección EO y SO. Las laderas son empinadas, con pendientes superiores a 50°. En su cabecera se encuentra un pequeño portezuelo que comunica con el valle del río Michinmahuida, a lo largo del cual continua el camino aguas arriba. Todo el sector en conjunto se denomina valle Los Turbios.

El área de generación de la remoción en masa se encuentra en el km 6,7 de la ruta W-877. Desde dicha área al valle del río Amarillo hay un desnivel de 250 m (pendiente promedio de 7,2%, figura 2).

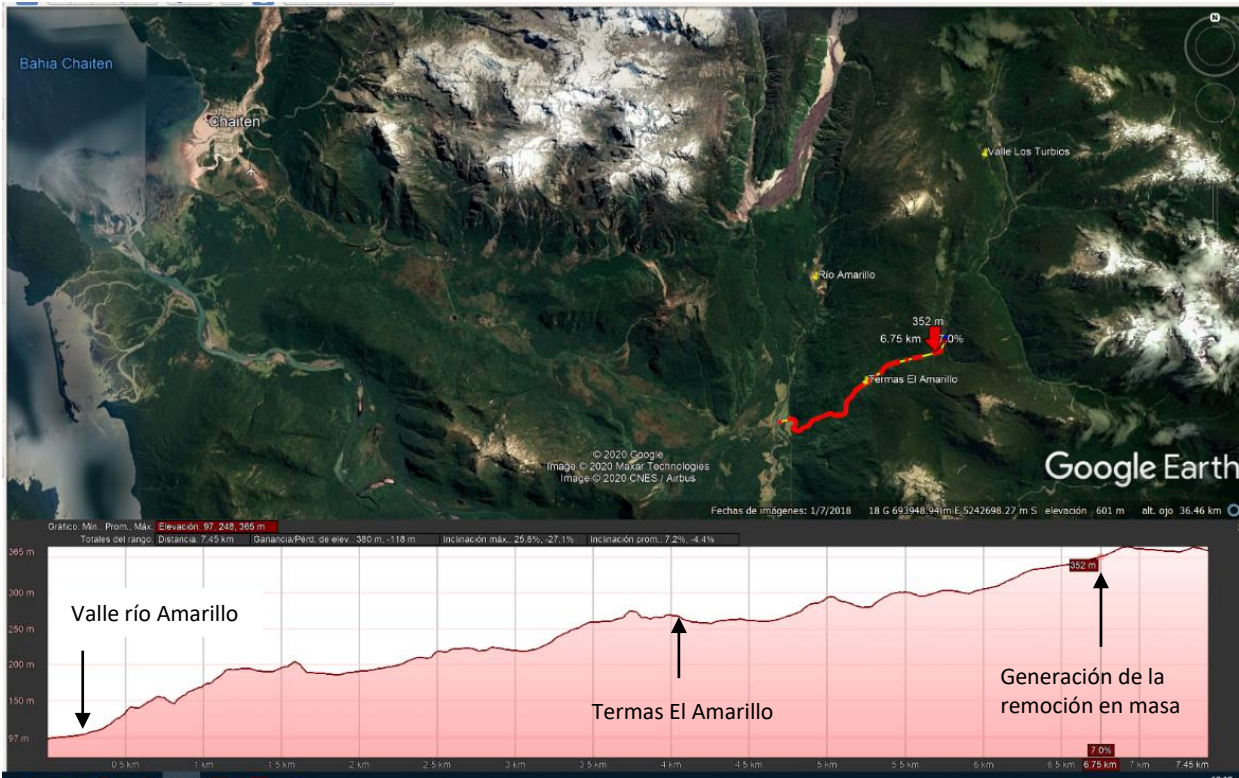


Figura 2: Imagen y perfil de Google Earth donde se muestra el área de generación de la remoción en masa en el valle de las Termas El Amarillo (flecha roja) y el desnivel entre esa área y el valle del río Amarillo (aproximadamente 250 m).

La geología del sector está caracterizada por un basamento cristalino compuesto de rocas intrusivas de edad Jurásico-Cretácico, tonalitas y granodioritas foliadas, del Batolito Nor-Patagónico, y por rocas intrusivas máficas y ultramáficas del Paleozoico (figura 3). Hacia la cabecera del valle se presentan unidades volcánicas del Cuaternario asociadas al volcán Michinmahuida.

También, durante el Cuaternario una serie de ciclos de enfriamiento global, provocó sucesivos avances y retrocesos de glaciares y campos de hielo que cubrieron toda la región patagónica, dejando impresa en ella un modelado característico, con profundos valles y laderas de alta pendiente, junto con abundantes depósitos glaciogénicos. En el mapa de la figura 3 no se muestra la cobertura de los sedimentos glaciogénicos sobre el basamento rocoso debido a la escala del mapa. Sin embargo, estos se encuentran presentes en la mayoría de las laderas de los cerros de la región, intercalados en partes con depósitos volcánicos y cubiertos por vegetación. En

particular, esto último podría tener incidencia en los procesos de remoción en masa como el analizado en el presente informe técnico.

Además, la condición tectónica en la región ha generado importantes estructuras en las rocas (fracturas y fallas), algunas de alcance regional, como aquellas representadas en la Zona de Falla Liquiñe-Ofqui.

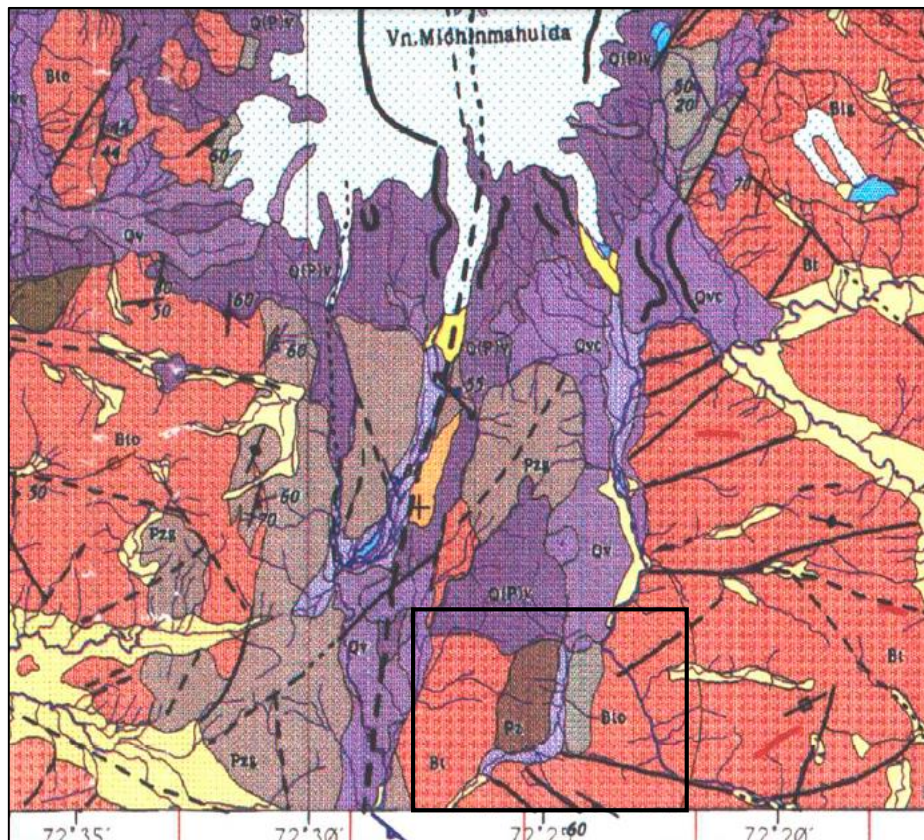


Figura 3. Geología del valle El Turbio en el recuadro negro (SERNAGEOMIN, 1995, escala 1:250.000). Se presentan, principalmente: intrusivos Jurásico-Cretácicos en color rojo; rocas máficas, color pardo oscuro, y ultramáficas, en gris, del Paleozoico. Hacia la cabecera del valle se exponen rocas volcánicas del Cuaternario asociadas al volcán Michinmahuida.

3. OBSERVACIONES, ANÁLISIS Y DISCUSIÓN

El área de generación de la remoción en masa se encuentra en la parte superior de una ladera de fuerte pendiente, posiblemente superior a 60° (figuras 4 y 5) y se localiza en las coordenadas

WGS-84, huso 18: 710.291 (UTM E), 5.236.322 (UTM S). El escarpe resultante del deslizamiento tiene forma cóncava y está limitado en su parte superior por una corona recta a semicircular de, al menos, 110 m de extensión. Se estima que la corona del deslizamiento se situó en la cota 760 m s.n.m. y descendió hasta la base del valle en ese punto (cota 330 m s.n.m), arrancando toda la cubierta de suelo y vegetación e incorporando sedimentos saturados en su avance, transformándose en un flujo de detritos (aluvión).



Figuras 4 y 5. Vistas frontales de cicatriz dejada por la remoción en masa en la ladera sur del valle Los Turbios. La imagen superior indica la longitud de la corona del deslizamiento, de aproximadamente 110 m (flecha negra) y muestra la presencia de sedimentos de probable origen glacial.

La masa deslizada impactó la cara opuesta del valle (ladera norte), erosionando la parte basal de esa pared hasta, aproximadamente, 30 m de altura (figura 6). Luego, el flujo de detritos (aluvión) avanzó aguas abajo del valle, realizando un recorrido aproximado de 2,5 km hasta el sector de las Termas El Amarillo, ubicado en la cota 270 m s.n.m (figuras 7 y 8). Por tanto, el material removido descendió 80 m en su trayecto por la base del valle.



Figura 6. Vista del sector donde la masa deslizada impactó contra la pared opuesta del valle. Notar la erosión en la parte basal de la ladera hasta, al menos, 30 m.

Se infiere que el material removido es de origen glacial, probablemente remanentes de depósitos morrénicos adosados a las laderas, además de depósitos piroclásticos de caída (tefras) acumulados en erupciones pasadas. Por tanto, estaría compuesto por sedimentos de diversa granulometría (limos, arenas, gravas y bloques) y por restos de suelo y vegetación (troncos y arbustos). Todo el conjunto habría evolucionado como un flujo de detritos en su recorrido hacia la parte baja del valle debido al grado de saturación alcanzado luego de las intensas precipitaciones acumuladas en las últimas 48 hrs. Probablemente, la dinámica del flujo fue asistida, además, por un aumento en el caudal del estero que baja inmediatamente al lado este del escarpe resultante y que constituye el curso hídrico principal del valle.



Figuras 7 y 8. Vistas de la trayectoria del flujo de detritos (aluvión) aguas debajo de la zona de despegue (foto superior) hasta el sector de las Termas del Amarillo, indicada con la flecha en la foto inferior. El recorrido por el fondo del valle se estimó en 2,5 km.

A partir del mapa de pendientes (figura 9), generado con el DEM ALOS Palsar de 12,5 m de resolución, se estima que la pendiente del área de generación es de, aproximadamente, 60°. Por otra parte, a partir de la imagen SkySat, de 0,8 m de resolución, obtenida desde la plataforma Planet, se estima que el área afectada por el deslizamiento y flujo de detritos es de, aproximadamente, 793.309 m² (79 hectáreas, figuras 9 y 10).

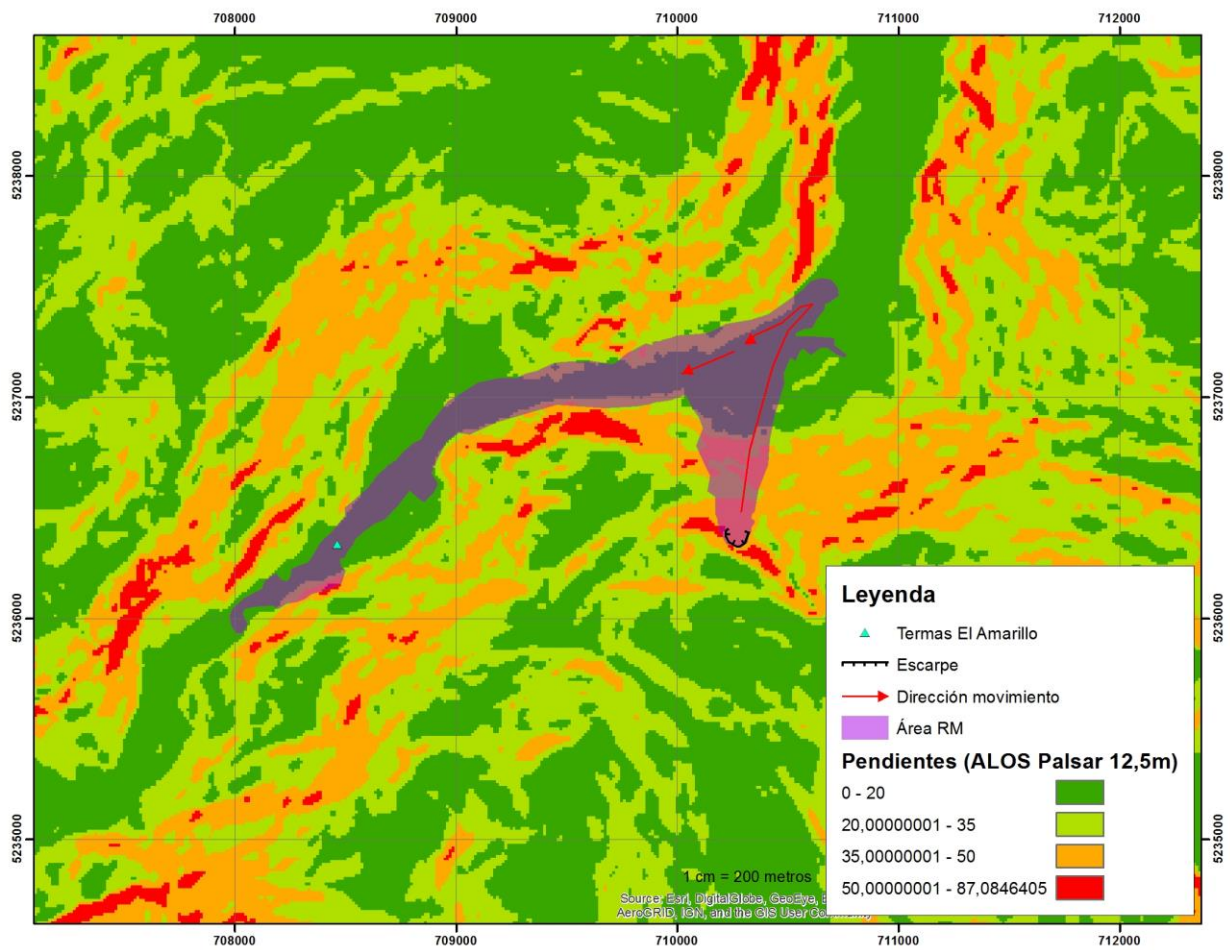


Figura 9. Mapa de pendientes generado con DEM ALOS Palsar de 12,5 m de resolución. Se incluye polígono color lila, el que delimita el área comprendida por la remoción en masa, obtenido de imagen SkySat (figura 8).

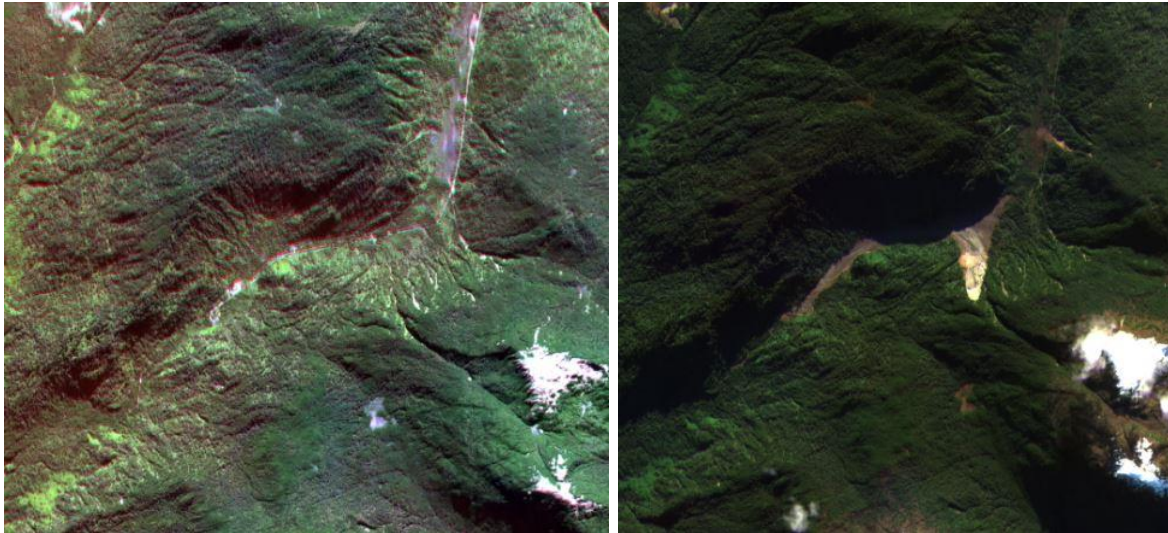


Figura 10. Comparación entre imágenes satelitales. Imagen PlanetScope del 7 de abril, de 3 m de resolución (izquierda). Imagen SkySat del 21 de mayo de 0,8 m de resolución (derecha).

Una publicación reciente indica que la acumulación de sedimentos piroclásticos en la base de los bosques genera un debilitamiento en las raíces de los árboles y, por tanto, un menor agarre al sustrato (Korup y otros, 2019). Lo anterior ha sido estudiado en áreas con reciente actividad eruptiva, como el caso del volcán Chaitén. Así, la presencia de depósitos volcánicos constituye un factor condicionante que favorecería la ocurrencia de remociones en masa.

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El día 16 de mayo, cerca de las 8 am, ocurrió un deslizamiento y flujo de detritos (aluvión) en el sector de Termas El Amarillo desencadenados por las intensas precipitaciones ocurridas en las provincias de Palena y Aysén, las que alcanzaron según el registro meteorológico regional entre 73,6 y 267 mm en 48 horas y que se relacionan con un evento meteorológico reconocido como 'rio atmosférico'.

El deslizamiento se inició en la cota 760 m s.n.m. y descendió hasta la cota 270 m s.n.m., alcanzó un recorrido de 2,5 km y cubrió una superficie aproximada de 79 hectáreas. El flujo de detritos incorporó cobertura vegetal, suelo, sedimentos de origen glacial y volcánico saturados en agua,

y destruyó: parte de la ruta W-877; casas e instalaciones del sector Termas El Amarillo; y provocó la desaparición de una persona.

Los factores condicionantes que se relacionan con la ocurrencia de esta remoción en masa son: laderas de altas pendientes cercanas a 60°; presencia de depósitos sedimentarios no consolidados de probable origen glacial y volcánico adosados a las laderas y saturados en agua; presencia de curso de agua superficial en la parte este del área de generación. Por otra parte, el factor desencadenante correspondió a precipitaciones intensas asociadas con una elevada isoterma 0°C.

El área de generación es inestable ante eventos de precipitaciones intensas, debido a la presencia de depósitos sedimentarios no consolidados, los que fácilmente se pueden saturar en agua, aumentando la presión de poros y generando su desestabilización.

El depósito generado se encuentra saturado en agua y esta condición debe ser considerada en la planificación de la búsqueda de la persona desaparecida y en las labores de despeje y reposición de la ruta W-877. Información proporcionada por Dirección Provincial de Vialidad Palena (C. Andrade, comunicación telefónica), indica que el depósito en el sector de Termas el Amarillo alcanza un espesor de 50 centímetros sobre la ruta W-877 y consiste de sedimentos saturados en agua y con alto contenido de troncos, y alcanza espesores mayores (no determinados aún) a medida que se acerca al área de generación.

Sobre la base de una fotografía aérea y que muestra el área de Termas El Amarillo post-aluvión (figura 11) y considerando el curso del río y desplazamiento del flujo de detritos (aluvión) de Noroeste a Suroeste, se presentan 3 polígonos como propuestos de áreas de búsquedas.

Eventos hidrometeorológicos extremos de precipitaciones intensas y elevada isoterma 0°C correspondientes a 'ríos atmosféricos' han generado importante afectación en la región, consistentes en inundaciones y aluviones (Villa Santa Lucía-2017, Hornopirén-2019 y Palena-2020). Por tanto, pronósticos de la DMC relacionados con 'ríos atmosféricos' deben generar la apropiada preparación del sistema de protección civil a diferentes escalas, considerando la complejidad de predecir de manera específica la localización de eventuales nuevos aluviones.



Figura 11. Áreas propuestas para búsqueda. El círculo y cruz azul representan la ubicación de la casa del Sr. Müller y en flechas negras se representan las direcciones aproximadas de flujos.

5. AGRADECIMIENTOS

Se agradece a ONEMI Los Lagos y al Grupo III de la Fuerza Aérea de Chile por gestionar y posibilitar el sobrevuelo, respectivamente, a la zona de Termas El Amarillo.

Se agradece a la Unidad de Teledetección del Departamento de Geomática de SERNAGEOMIN, por su apoyo en el tratamiento de las imágenes satelitales SkySat y PlanetScope, así como en la generación de una simulación de remoción en masa con el software RAMMS y el uso del DEM ALOS PRISM (23,5 x 30 m de resolución por pixel).

6. REFERENCIAS

Garreaud, R., 2013: Warm winter storms in Central Chile. *J. of Hydrometeorology*, Vol. **14**, p. 1515-1534.

Korup, O.; Seldemann, J.; Mohr, Ch. 2019. Increased landslide activity on forested hillslopes following two recent volcanic eruptions in Chile. *Nature Geoscience*, Vol. 12, p. 284-289.

SERNAGEOMIN-BRGM. 1995. Carta Metalogénica de la X Región Sur. *Servicio Nacional de Geología y Minería (Chile)-Bureau de Recherches Géologiques et Minières (France)*. Informe Registrado IR 95-05.

Viale, M., Valenzuela, R., Garreaud, R. and Ralph, F. 2018. Impacts of Atmospheric Rivers on Precipitation in Southern South America. *J. of Hydrometeorology*, Vol. 19, p. 1671-1686. doi:10.1175/JHM-D-18-0006.1

www.climatología.meteochile.gob.cl

www.dgasatel.mop.cl

www.agrometeorología.cl