



ANÁLISIS GEOLÓGICO DEL SOBREVUELO DEL 5 DE JUNIO DE 2020 EN LA CUENCA DEL RÍO LAS MINAS, COMUNA DE PUNTA ARENAS, REGIÓN DE MAGALLANES Y LA ANTÁRTICA CHILENA

Luna Pérez P.
Enrique Opazo C.
Victor Gálvez R.

INFORME TÉCNICO



SUBDIRECCIÓN NACIONAL DE GEOLOGÍA

2020

ANÁLISIS GEOLÓGICO DEL SOBREVUELO DEL 5 DE JUNIO DE 2020 EN LA CUENCA DEL RÍO LAS MINAS, COMUNA DE PUNTA ARENAS, REGIÓN DE MAGALLANES Y LA ANTÁRTICA CHILENA

INFORME TÉCNICO, 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: Unidad de Peligros Geológicos y O.T., Punta Arenas

Código de identificación interno:

Revisado por: Carolina Jara I., Alejandro Alfaro S.

Edición

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

Referencia bibliográfica:

Pérez, L. Opazo, E., Gálvez, V. 2020. Análisis geológico del sobrevuelo del 5 de junio de 2020 en la cuenca del río Las Minas, comuna de Punta Arenas, región de Magallanes y la Antártica Chilena. Servicio Nacional de Geología y Minería, Informe Técnico (Inédito): 25 p. Santiago.

Portada: vista aérea del río Las Minas hacia el poniente, cerca de la bocatoma.

Fotografía: Janina Sanhueza

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

1. RESUMEN	6
2. INTRODUCCIÓN	7
3. ANTECEDENTES GEOLÓGICOS.....	9
4. HIDROMETEOROLOGÍA DE MAYO Y JUNIO 2020.....	11
4.1 HIDROMETRÍA.....	11
4.2 PRECIPITACIONES	13
4.3 OTRAS VARIABLES.....	15
5. OBSERVACIONES EN TERRENO	17
6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	23
7. REFERENCIAS.....	24

FIGURAS

FIG. 1. Integrantes del vuelo realizado en helicóptero para sobrevolar la cuenca del río Las Minas. Fotografía tomada por Janina Sanhueza.....	7
FIG. 2. Recorrido del sobrevuelo del 5 de junio de 2020. Elaboración propia.....	8
FIG. 3. Estaciones que conformaran la red hidrometeorológica para el monitoreo piloto de la cuenca del río Las Minas, en base a la información de DGA (2020) y SERNAGEOMIN (2020).11	
FIG. 4. Profundidad de flujo y caudal del río Las Minas, medidos en estaciones Fortuna (SERNAGEOMIN) y Las Minas en Bt. Sendos (DGA) durante mayo 2020.....	12
FIG. 5. Profundidad de flujo y caudal del río Las Minas, medidos en estación Las Minas en Bt. Sendos (DGA) durante junio de 2020.....	12
FIG. 6. Curvas de caudal y profundidad del río Las Minas en Bt Sendos (DGA), para eventos de lluvia de mayor intensidad ocurridas entre enero y junio de 2019 y de 2020, en un lapso de 72 horas. En el caso de 2019 se tomaron las precipitaciones del 8-9 de abril; y para 2020 se tomaron los datos del 18-21 de mayo.....	13

FIG. 7. Precipitaciones líquidas acumuladas medidas por algunas estaciones cercanas a la cuenca del río Las Minas para mayo 2020.	14
FIG. 8. Datos de precipitaciones líquidas horarias durante junio para estaciones Loreto, Laurita, (SERNAGEOMIN) y Las Minas en Bt. Sendos (DGA).	15
FIG. 9. Mediciones de altura de nieve en estaciones Loreto y Laurita (SERNAGEOMIN)	15
FIG. 10. Datos de temperatura del aire para estaciones Loreto y Laurita (SERNAGEOMIN). ...	16
FIG. 11. Zonas con evidencia de escorrentía superficial, pero sin evidencia de remociones en masa. A la izquierda, fotografía de sobrevuelo 05/06/2020; a la derecha, imagen aérea capturada con UAV el 12/12/2019.	17
FIG. 12. Carcavamiento incipiente en laderas por escorrentía superficial (en amarillo), sin evidencia de remociones. Sector Garganta Alta, ladera Sur, fotografía tomada en sobrevuelo del 05/06/2020.	18
FIG. 13. Cauce de río despejado en torno a sector de Bocatoma. Fotografía de sobrevuelo 05/06/2020.	19
FIG. 14. Zona cercana a Los Sauces, ladera norte. A la izquierda, fotografía de sobrevuelo 05/06/2020; a la derecha, imagen aérea capturada con UAV el 23/01/2020. En azul están encerrados puntos referenciales para poder comparar fotografías. En rojo están encerradas escorrentías superficiales.....	19
FIG. 15. Sector de remociones de 2011. A la izquierda, fotografía de sobrevuelo 05/06/2020; a la derecha, imagen aérea capturada con UAV el 23/01/2020. Los círculos encierran puntos de referencia para comparar fotografías. No se evidencian cambios. Y río se ve despejado.	20
FIG. 16. Sector de ex mina Fortuna sin evidencia de remociones. En fotografía se observa ladera sur; en esquina superior izquierda está marcado un curso de agua tributario a río Las Minas. Fotografía tomada en sobrevuelo del 05/06/2020.....	20
FIG. 17. Curso de agua tributario a río Las Minas cerca de cuesta Serón (marcado en esquina superior izquierda de FIG....). Fotografía tomada en sobrevuelo del 05/06/2020.	21

FIG. 18. Casos de desprendimiento de árboles. En (A) se observa el desprendimiento de raíz de un árbol, que usualmente acaba en una situación como la mostrada en (B), un árbol tumbado sobre la ladera..... 22

TABLAS

TABLA 1. Remociones en masa ocurridas el mes de abril de 2019 en los sectores críticos de la cuenca del río las Minas. Modificado de Muñoz et al. (2020a). 10

TABLA 2. Remociones en masa identificadas con sobrevuelo del 27/08/2019 en los sectores críticos de la cuenca del río las Minas. Tomado de Muñoz et al. (2020b). 10

TABLA 3. Remociones en masa identificadas con sobrevuelo del 26/09/2019 en los sectores críticos de la cuenca del río las Minas. Tomado de Muñoz et al. (2020c). 10

ANÁLISIS GEOLÓGICO DEL SOBREVUELO DEL 5 DE JUNIO DE 2020 EN LA CUENCA DEL RÍO LAS MINAS, COMUNA DE PUNTA ARENAS, REGIÓN DE MAGALLANES Y LA ANTÁRTICA CHILENA

1. RESUMEN

Este documento da respuesta a la solicitud formulada por el Director Provincial de Riesgos y Emergencias, de la Gobernación Provincial de Magallanes, Jimmy Cárdenas, que consistió en participar y entregar un análisis técnico del sobrevuelo en avión que se llevó a cabo el 5 de junio de 2020 a toda la extensión de la cuenca del río Las Minas.

Este informe contiene las observaciones técnicas de dicho sobrevuelo, analizadas por la geóloga Luna Pérez con el apoyo de personal de la Fuerza Aérea de Chile (FACH), Corporación Nacional Forestal (CONAF), Dirección de Obras Hidráulicas (DOH), Dirección General de Aguas (DGA), Gobernación Provincial de Magallanes y ONEMI.

2. INTRODUCCIÓN

El jueves 4 de junio de 2020, el Director Provincial de Riesgos y Emergencias, de la Gobernación Provincial de Magallanes, Sr. Jimmy Cárdenas, citó a un sobrevuelo en helicóptero en la cuenca del río Las Minas programado para el 5 de junio de 2020 a las 9:50 h, desde la base aérea Chabunco de la Fuerza Aérea de Chile (FACH) ubicada en Punta Arenas. Además, de SERNAGEOMIN, se citó a la Corporación Nacional Forestal (CONAF), Dirección de Obras Hidráulicas (DOH), Dirección General de Aguas (DGA), Gobernación Provincial de Magallanes y ONEMI (FIG. 1).

Previamente, el Sr. Cárdenas indicó que el objetivo del sobrevuelo era evaluar el estado de la cuenca del río Las Minas, en el marco de las actividades programadas por la Mesa Cuenca río Las Minas.



FIG. 1. Integrantes del vuelo realizado en helicóptero para sobrevolar la cuenca del río Las Minas. Fotografía tomada por Janina Sanhueza.

El recorrido del sobrevuelo fue desde la ciudad de Punta Arenas hasta su junta con el estero Teniente Torres (FIG. 2).

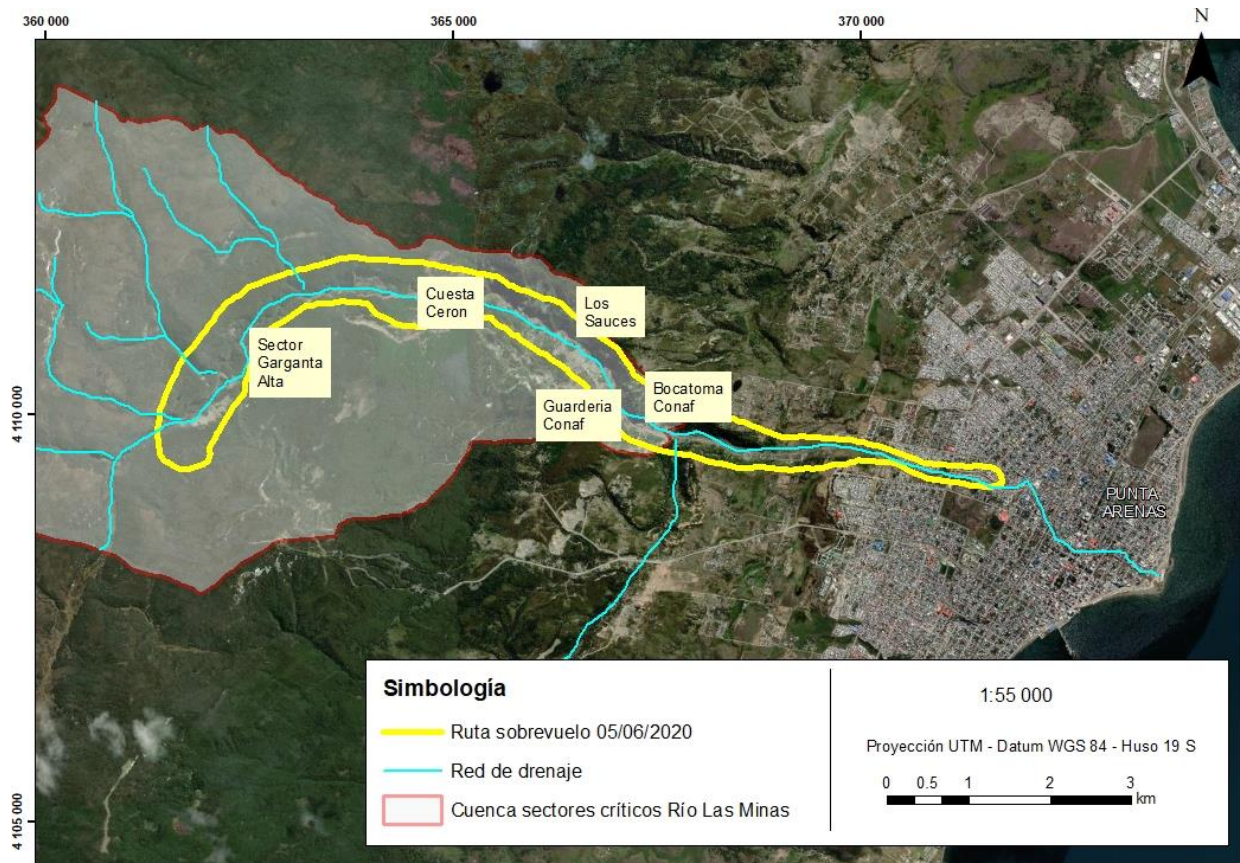


FIG. 2. Recorrido del sobrevuelo del 5 de junio de 2020. Elaboración propia.

3. ANTECEDENTES GEOLÓGICOS

La geología del área de estudio está dominada por la Formación Loreto Carbonoso, de edad Eocena tardía (Otero *et al.*, 2012), cubierta por depósitos del Holoceno (Bovis, 1995) y, en menor medida, depósitos del Pleistoceno (Raedeke, 1975; Muñoz *et al.*, en edición).

La Formación Loreto posee un paleoambiente deltaico o de estuario (Otero *et al.*, 2012) y está constituida por rocas sedimentarias, estratificadas, correspondiente principalmente a areniscas, limolitas y lutitas (Hoffstetter *et al.*, 1957). Sobre la Formación Loreto existen depósitos Pleistocenos, que se componen de un till gris, rico en arcilla, sobre lo cual existen en algunos afloramientos un till limoso amarillo y/o depósitos fluvioglaciales (Raedeke, 1975). También existen depósitos Holocenos principalmente asociados a procesos de remociones en masa, aluviales y fluviales (Muñoz *et al.*, en edición).

En la cuenca del río Las Minas han ocurrido remociones en masa con efectos en cadena, que involucran de manera vinculante represamientos de cauces, rompimiento de presas, inundaciones y aluviones, entre otros (Muñoz *et al.*, en edición).

En el río Las Minas se han declarado más de 20 desbordes, de los cuales los acontecidos los años 1990 y 2012, han sido los de mayor envergadura y se caracterizan por una gran capacidad de transporte de sedimentos, los cuales fueron erosionados y transportados a partir de los depósitos de remociones en masa generadas en la parte media de la cuenca (Muñoz *et al.*, en edición).

Las remociones en masa acontecidas en 1970/73 y 2002/2011 constituyeron la principal fuente de material transportado por los flujos de 1990 y 2012, respectivamente (Muñoz *et al.*, en edición).

Los factores desencadenantes de flujos del río Las Minas son principalmente lluvias intensas concentradas en periodos de 2 días y deshielo abrupto, mientras que los condicionantes son la geología (geomecánica y geomorfología) y la pendiente (Muñoz *et al.*, en edición).

Muñoz *et al.* (2020a) identificaron 4 remociones en masa ocurridas en abril de 2019, mediante la comparación de imágenes aéreas, tanto de un vehículo aéreo no tripulado (UAV), como de un

sobrevuelo en helicóptero, siendo todas de tipo flujo (TABLA 1). Meses después, Muñoz *et al.* (2020b) analizan un sobrevuelo realizado en agosto de 2019 identificando 5 remociones en masa, destacando la reactivación de las avalanchas de detritos ocurridas en abril del mismo año (TABLA 1 y 2). Luego, a partir de un sobrevuelo y visitas a terreno realizadas en septiembre de 2019, se identificaron 14 remociones en masa en la cuenca del río Las Minas, siendo todas de tipo flujo (Muñoz *et al.*, 2020c; TABLA 3).

TABLA 1. Remociones en masa ocurridas el mes de abril de 2019 en los sectores críticos de la cuenca del río las Minas. Modificado de Muñoz *et al.* (2020a).

UBICACIÓN		TIPO DE REMOCIÓN EN MASA	FECHA DE OCURRENCIA
LATITUD [°]	LONGITUD [°]		
-53,128578	-71,022617	Flujo de detritos	Entre el 8 y el 10/04/2019
-53,139111	-70,991233	Avalancha de detritos	
-53,139410	-70,990694	Avalancha de detritos	
-53,141093	-70,989939	Avalancha de detritos	

TABLA 2. Remociones en masa identificadas con sobrevuelo del 27/08/2019 en los sectores críticos de la cuenca del río las Minas. Tomado de Muñoz *et al.* (2020b).

UBICACIÓN		TIPO DE REMOCIÓN EN MASA	FECHA DE OCURRENCIA
LATITUD [°]	LONGITUD [°]		
-53,137412	-70,994147	Caída de rocas	Entre el 26/04/2019 y 27/08/2019
-53,136943	-70,993704	Avalancha de detritos	
-53,139111	-70,991233	Avalancha de detritos	
-53,139410	-70,990694	Avalancha de detritos	
-53,141093	-70,989939	Avalancha de detritos	

TABLA 3. Remociones en masa identificadas con sobrevuelo del 26/09/2019 en los sectores críticos de la cuenca del río las Minas. Tomado de Muñoz *et al.* (2020c).

UBICACIÓN		TIPO DE REMOCIÓN EN MASA	FECHA DE OCURRENCIA
LATITUD [°]	LONGITUD [°]		
-53,142913	-71,071779	Avalancha de detritos	27/08/2019 al 26/09/2019
-53,141349	-71,068333	2 avalanchas de detritos	
-53,140250	-71,063235	Flujo de lodo	
-53,133436	-71,057627	4 avalanchas de detritos	
-53,133201	-71,056722	Avalancha de detritos	
-53,132457	-71,055474	2 avalanchas de detritos	
-53,128327	-71,041299	Flujo de lodo	
-53,128004	-71,038568	Flujo de lodo	
-53,133463	-70,999654	Flujo de detritos	

4. HIDROMETEOROLOGÍA DE MAYO Y JUNIO 2020

Para la observación de registros hidrometeorológicos, se utilizan las estaciones hidrometeorológicas pertenecientes tanto a DGA como a SERNAGEOMIN (FIG. 3). A continuación, se resumen los aspectos más relevantes del registro para mayo y junio de 2020.

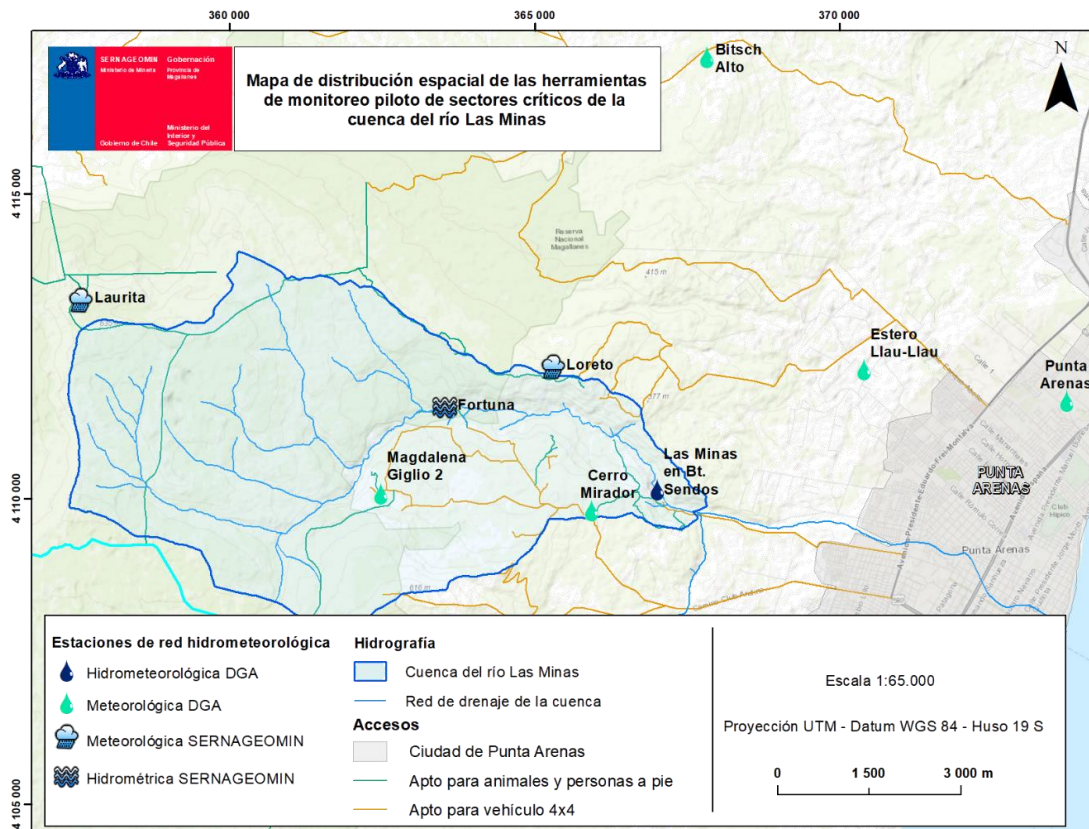


FIG. 3. Estaciones que conformaran la red hidrometeorológica para el monitoreo piloto de la cuenca del río Las Minas, en base a la información de DGA (2020) y SERNAGEOMIN (2020).

4.1 HIDROMETRÍA

Durante mayo de 2020 se registraron los valores más altos de caudal del año 2020. En la estación Las Minas (DGA), el caudal máximo del río Las Minas tuvo lugar el día 18 en torno a las 18:00 h, marcando $8.313 \text{ m}^3/\text{s}$ y una profundidad máxima alcanzada cuatro horas antes, con 0.53 m (ver FIG. 4).

La misma situación ocurrió con la estación Fortuna (SERNAGEOMIN) con un caudal máximo de 8.555 m³/s y profundidad máxima de 0.788 m, también en las cuatro horas previas (ver FIG. 4).

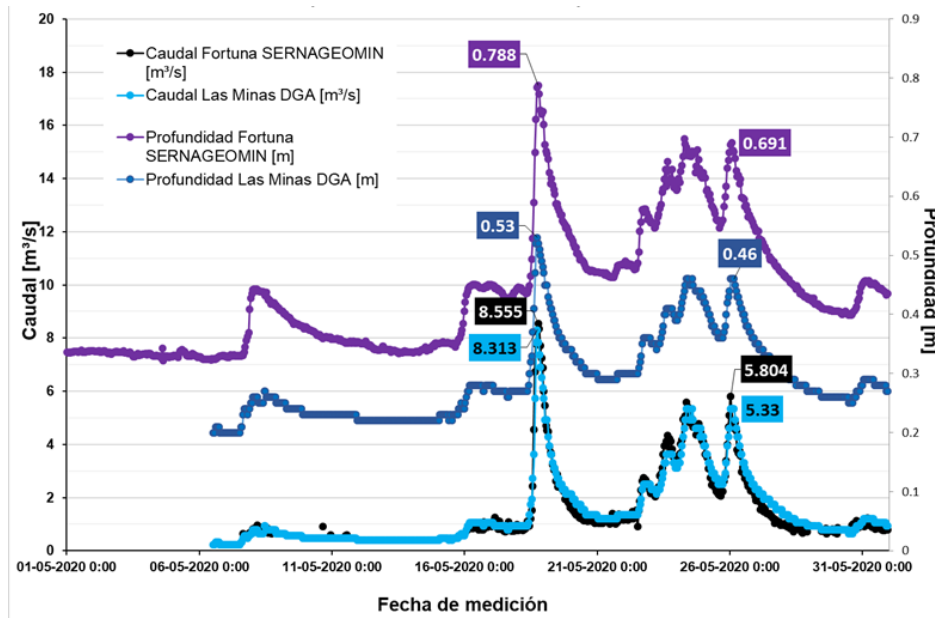


FIG. 4. Profundidad de flujo y caudal del río Las Minas, medidos en estaciones Fortuna (SERNAGEOMIN) y Las Minas en Bt. Sendos (DGA) durante mayo 2020.

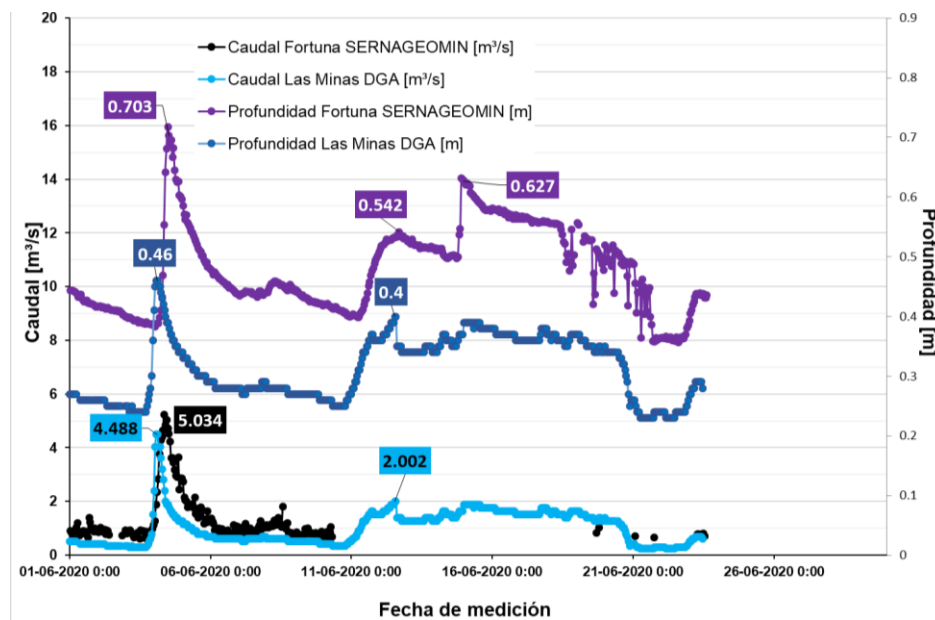


FIG. 5. Profundidad de flujo y caudal del río Las Minas, medidos en estación Las Minas en Bt. Sendos (DGA) durante junio de 2020.

Con respecto a junio, el registro con mayor caudal corresponde precisamente al día previo al sobrevuelo, el día 4 de junio a las 3:00 am; con 4.5 m³/s y 0.46 m de profundidad, de acuerdo con la estación Las Minas en Bt. Sendos; y con 5 m³/s y 0.7 m de profundidad, de acuerdo con estación Fortuna (FIG. 5). A pesar de que el 18 de mayo se alcanzaron los valores de caudal y profundidad más elevados del periodo transcurrido durante 2020, hasta junio inclusive, no superan evento de mayores caudales y profundidades registradas en el mismo periodo de tiempo de 2019 (e incluso de todo ese año), con un caudal máximo registrado el día 8 de abril, con 18.312 m³/s y una profundidad asociada de 0.53 m (de acuerdo con datos de estación Las Minas en Bt Sendos (DGA); ver FIG. 6).

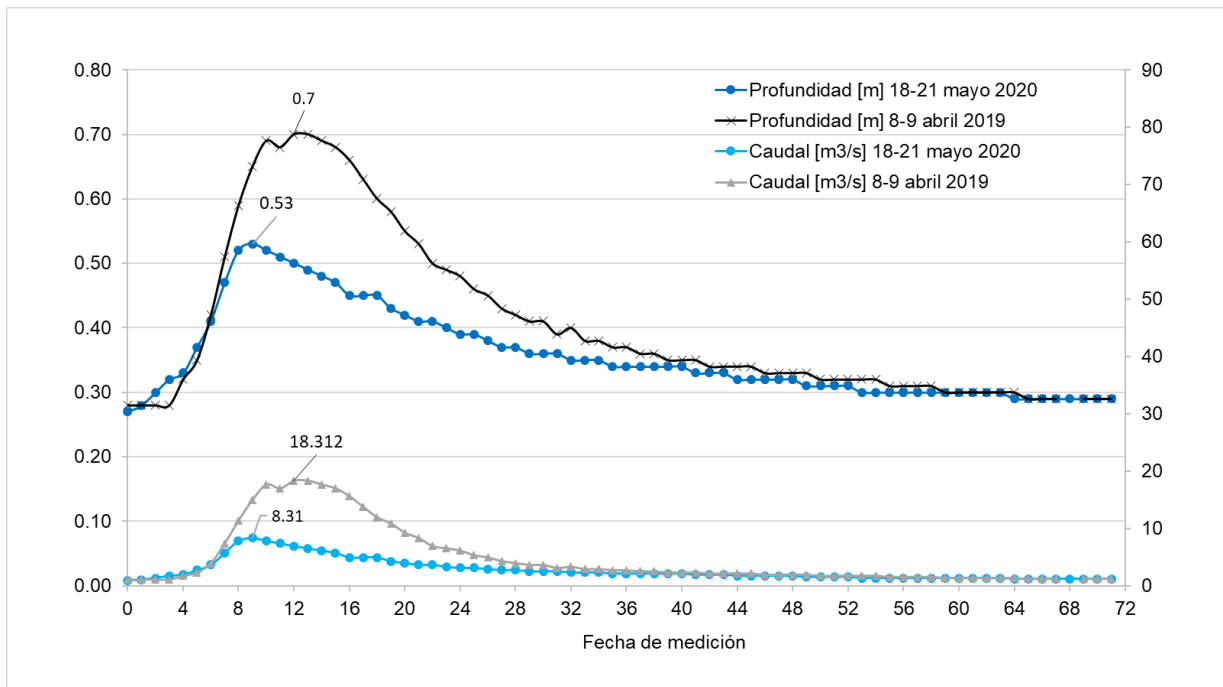


FIG. 6. Curvas de caudal y profundidad del río Las Minas en Bt Sendos (DGA), para eventos de lluvia de mayor intensidad ocurridas entre enero y junio de 2019 y de 2020, en un lapso de 72 horas. En el caso de 2019 se tomaron las precipitaciones del 8-9 de abril; y para 2020 se tomaron los datos del 18-21 de mayo.

4.2 PRECIPITACIONES

Al igual que con los valores hidrométricos del río, durante el mes de mayo de 2020 se registraron los valores de precipitación acumulada más altos en lo que ha transcurrido del año. En mayo hubo un total de precipitación líquida acumulada de 93.2 mm de acuerdo con los registros de la

estación Las Minas en Bt. Sendos (DGA); de 80.4 mm de acuerdo con la estación Loreto (SERNAGEOMIN); y de 77.8 mm de acuerdo con la estación Laurita (SERNAGEOMIN) (ver FIG. 3 y FIG. 7). Hubo un total de 9 eventos de lluvia, con una intensidad máxima de 12.4 mm durante las 12 horas previas al caudal máximo, correspondiente a 8.33 m³/s (FIG. 4).

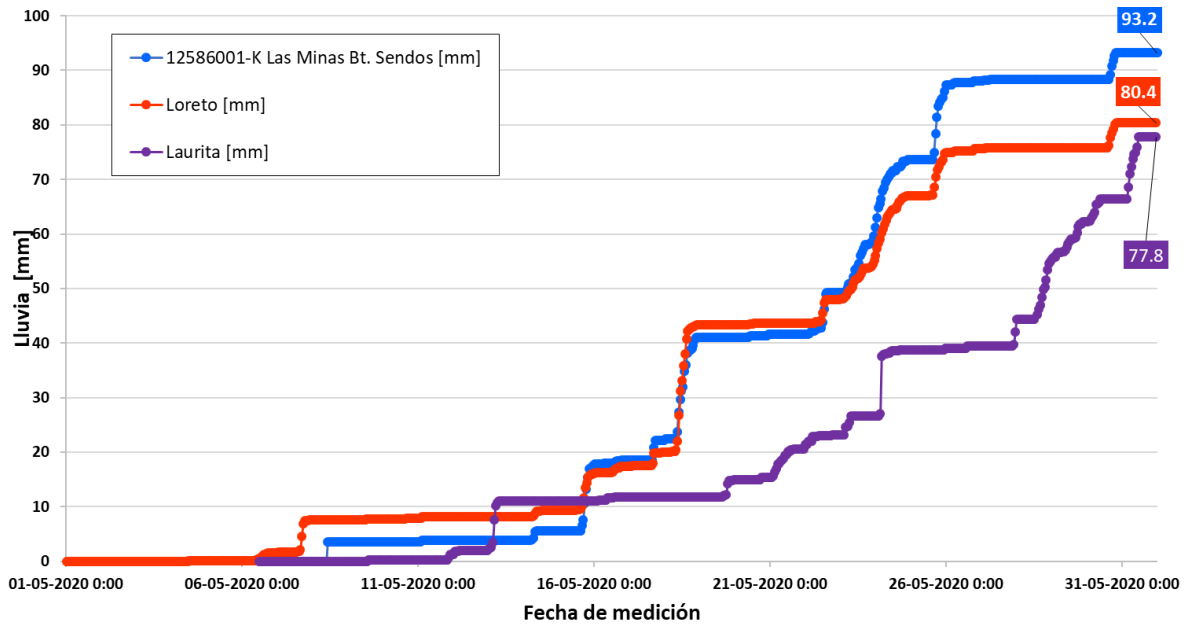


FIG. 7. Precipitaciones líquidas acumuladas medidas por algunas estaciones cercanas a la cuenca del río Las Minas para mayo 2020.

En junio de 2020, hasta el día 23, ocurrieron 5 eventos de lluvia. Uno de ellos (destacado en FIG. 8), 8 horas antes del peak de caudal y profundidad del mes de junio (que se corresponde con el día anterior al sobrevuelo).

A modo de referencia, entre el 01/01/2020, hasta el 23/06/2020 a las 11 am, hubo un total de precipitaciones acumuladas de 452.7 mm, mientras que, en el mismo rango de tiempo durante el año 2019, hubo 582 mm acumulados.

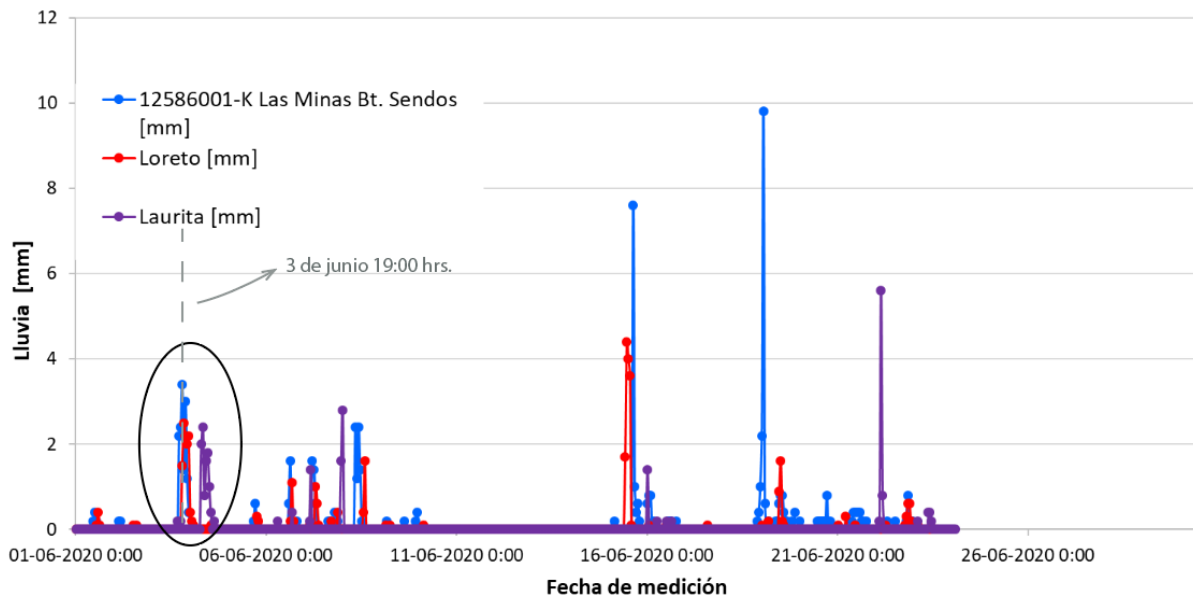


FIG. 8. Datos de precipitaciones líquidas horarias durante junio para estaciones Loreto, Laurita, (SERNAGEOMIN) y Las Minas en Bt. Sendos (DGA).

4.3 OTRAS VARIABLES

No hubo registro de nieve en mayo de 2020 ni hasta la fecha del sobrevuelo. Sin embargo, comenzó a registrarse acumulación de nieve en las estaciones Loreto y Laurita (SERNAGEOMIN) a partir del día 8, hasta el 14 junio, con un promedio de 7.5 cm (Loreto) y 5.7 cm (Laurita).

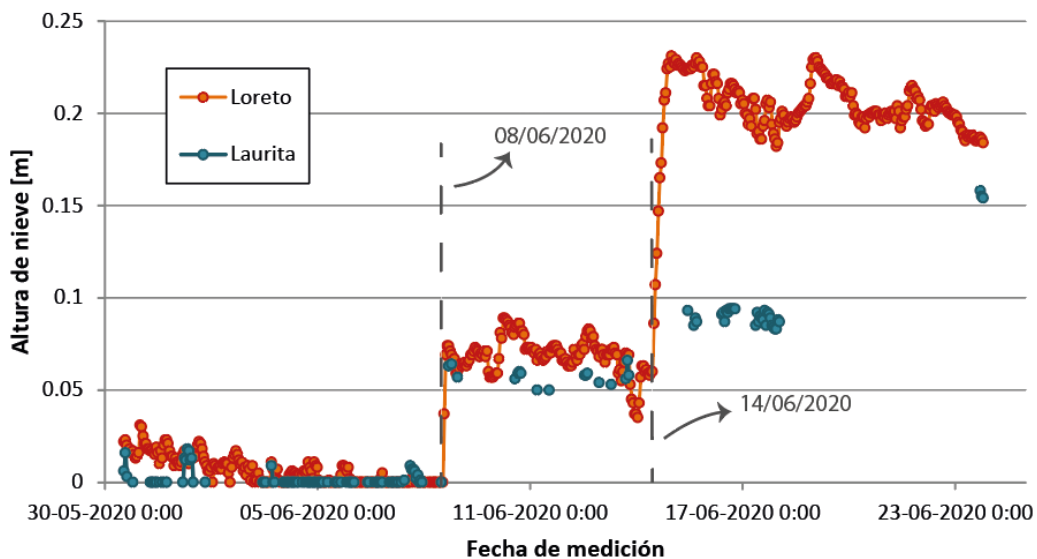


FIG. 9. Mediciones de altura de nieve en estaciones Loreto y Laurita (SERNAGEOMIN)

Luego, hubo un aumento a contar del día 14 y hasta el 23, con un promedio acumulado de 21 cm, alcanzando una máxima de 23 cm de nieve (en Loreto; ver FIG. 9). En Laurita hubo menos registros durante esos días, pero también mantienen una tendencia al aumento, con un máximo de nieve acumulada de 15.8 cm. Podría inferirse que hay más nieve acumulada hacia la parte central de la cuenca y a menor altitud (Loreto está ubicada a 386 m s.n.m. y Laurita a 620 m s.n.m.). En correlación con estos datos, como es esperable dada la época del año, ha habido también una tendencia a la baja en cuanto a temperaturas del aire desde que comenzó junio (ver FIG. 10), con una mínima de -8.2°C alcanzado el día 14 de junio en estación Loreto, mismo día del máximo de nieve acumulada en la ventana de tiempo estudiada.

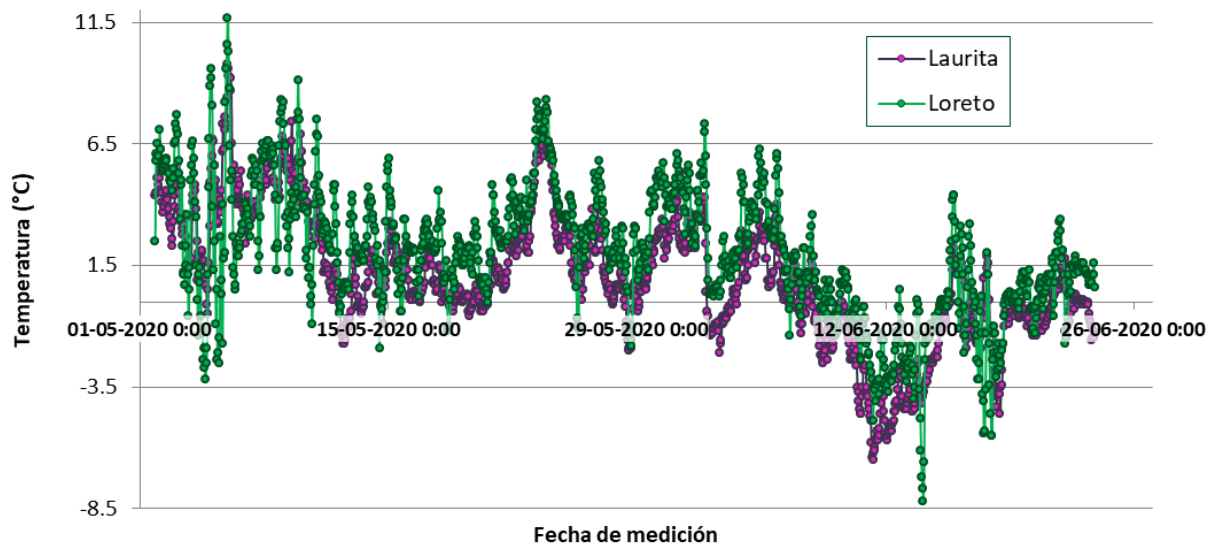


FIG. 10. Datos de temperatura del aire para estaciones Loreto y Laurita (SERNAGEOMIN).

5. OBSERVACIONES EN TERRENO

En el sobrevuelo del 5 de junio de 2020 se capturaron imágenes en los sectores críticos del río Las Minas. Estas se compararon con las imágenes tomadas en abril de 2019 (Muñoz *et al.*, 2020a), agosto de 2019 (Muñoz *et al.*, 2020b), septiembre de 2019 (Muñoz *et al.*, 2020c), imágenes obtenidas con vuelos UAV en enero y febrero de 2020 y en asistencia a terreno por parte de SERNAGEOMIN, durante un patrullaje de CONAF realizado el día 29 de mayo de 2020.

A lo largo de toda la cuenca existen escorrentías superficiales sobre laderas denudadas tanto por la erosión del río como por remociones en masa. Sin embargo, de acuerdo con las imágenes recolectadas y en contraste con imágenes previas en registro, obtenidas por sobrevuelos con UAV, no hay remociones activas identificadas a lo largo del río.

A modo de ejemplo, hacia la ladera sur de la cuenca, en el tramo alto (cerca del sector Garganta Alta) se observaron algunas zonas con posible rastro de haber sufrido avalanchas de detritos, pero que al ser comparados con registros fotográficos aéreos obtenidos en época estival (diciembre 2019 y enero 2020), no se evidencian remociones recientes, solo escorrentías superficiales (FIG. 11).



FIG. 11. Zonas con evidencia de escorrentía superficial, pero sin evidencia de remociones en masa. A la izquierda, fotografía de sobrevuelo 05/06/2020; a la derecha, imagen aérea capturada con UAV el 12/12/2019.

En gran parte de los sectores del tramo más alto de la cuenca, la vegetación es más espesa y no se divisa de manera clara el estado de las laderas ni del río. Sin embargo, en los sectores en que la visibilidad era suficiente, el río se apreciaba despejado. Existen laderas de alta pendiente, denudadas tal como la de la FIG. 11, en que lo que se distingue es cárcavamiento por escorrentías (ver FIG. 12) pero no remociones activas que afecten el río. Lo mismo para el sector de Bocatoma (ver FIG. 13).



FIG. 12. Cárcavas incipientes en laderas por escorrentía superficial (en amarillo), sin evidencia de remociones. Sector Garganta Alta, ladera Sur, fotografía tomada en sobrevuelo del 05/06/2020.

Los sectores asociados a los deslizamientos de 2002/2011, en la ladera norte, no evidenciaron reactivaciones (FIG. 14 y FIG. 15), solo marcas de escorrentía similares a las registradas en periodos anteriores. Por otra parte, la visibilidad durante el sobrevuelo no permitió obtener imágenes del sector donde se ubican las remociones de 1970/73, por lo cual no se pueden hacer observaciones en cuanto a esa zona.



FIG. 13. Cauce de río despejado en torno a sector de Bocatoma. Fotografía de sobrevuelo 05/06/2020.

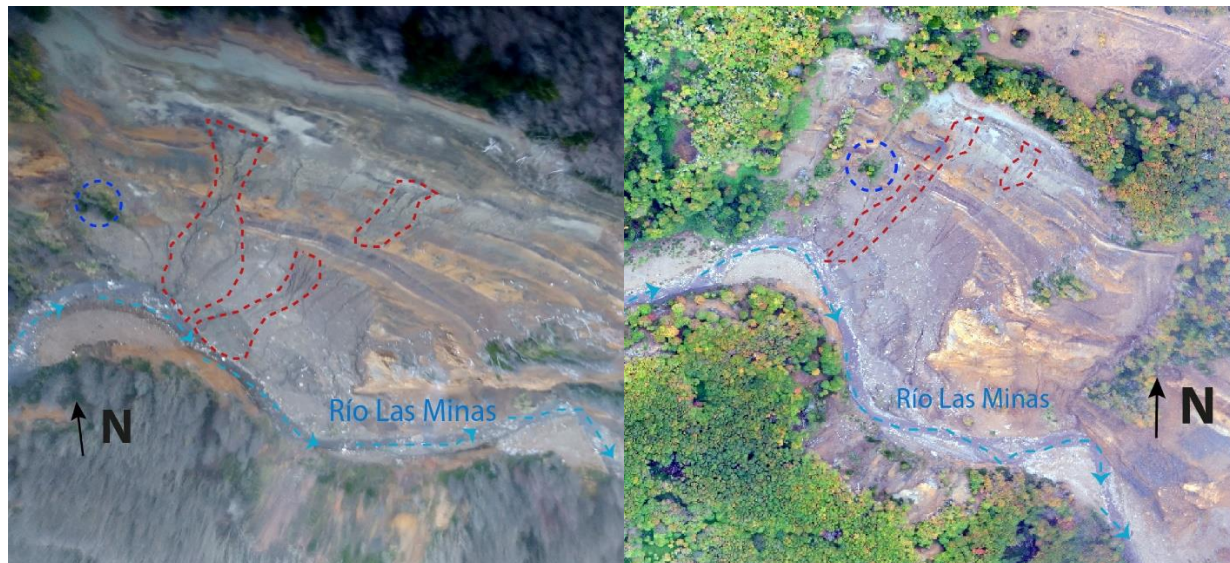


FIG. 14. Zona cercana a Los Sauces, ladera norte. A la izquierda, fotografía de sobrevuelo 05/06/2020; a la derecha, imagen aérea capturada con UAV el 23/01/2020. En azul están encerrados puntos referenciales para poder comparar fotografías. En rojo están encerradas escorrentías superficiales.

Cerca de la ex mina Fortuna (entre cuesta Serón y sector Garganta Alta), el río se evidencia despejado (ver FIG. 16) al igual que los cursos de agua tributarios (Ver FIG. 17).

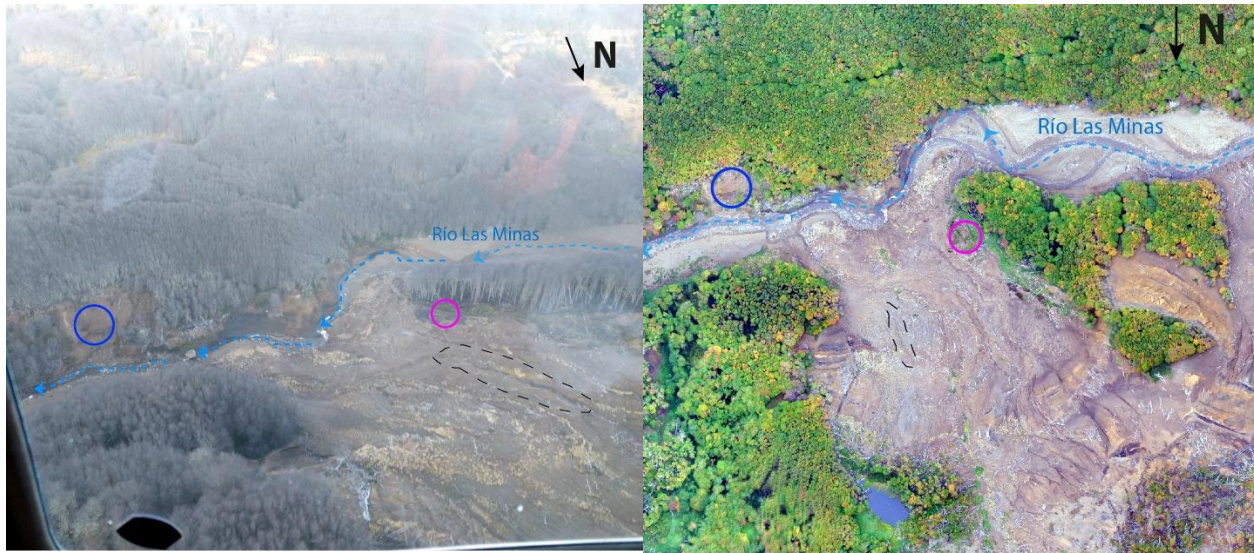


FIG. 15. Sector de remociones de 2011. A la izquierda, fotografía de sobrevuelo 05/06/2020; a la derecha, imagen aérea capturada con UAV el 23/01/2020. Los círculos encierran puntos de referencia para comparar fotografías. No se evidencian cambios y el río se ve sin represamientos.



FIG. 16. Sector de ex mina Fortuna sin evidencia de remociones. En fotografía se observa ladera sur; en esquina superior izquierda está marcado un curso de agua tributario a río Las Minas. Fotografía tomada en sobrevuelo del 05/06/2020.



FIG. 17. Curso de agua tributario a río Las Minas cerca de cuesta Serón (marcado en esquina superior izquierda de FIG. 16). Fotografía tomada en sobrevuelo del 05/06/2020.

Finalmente, no se identificó presencia de nieve ni cuerpos de agua congelados que pudiesen representar amenaza de deshielos (entendiendo que, ocasionalmente, los deshielos pueden constituir en sí un desencadenante de desborde del río por aumento de caudal).

Hay otro proceso que puede provocar represamiento del río; este corresponde a la presencia de árboles tumbados. Esto suele ocurrir debido a la erosión permanente de las laderas producto del viento, la lluvia y la nieve; y el peso de los árboles que eventualmente se desprenden del sustrato limo-arenoso que los sostiene y terminan deslizando por la ladera hacia el río (ver FIG. 18). Esta situación se observa a lo largo de toda la cuenca, especialmente en la ladera sur.



FIG. 18. Casos de desprendimiento de árboles. En (A) se observa el desprendimiento de raíz de un árbol, que usualmente acaba en una situación como la mostrada en (B), un árbol tumbado sobre la ladera.

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

A partir de los datos expuestos en el presente informe se concluye que no han ocurrido nuevas remociones en masa desde los últimos registros de fines del año 2019, solo escorrentías superficiales. A pesar del aumento en las precipitaciones líquidas entre mayo y junio de 2020, hubo aproximadamente 130 mm menos de precipitaciones líquidas acumuladas en el mismo periodo de tiempo durante el 2019, es decir, ha llovido menos y del mismo modo, los caudales también han sido más bajos, en comparación.

Tampoco se observó nieve ni cuerpos de agua congelados, sin embargo, se comienza a registrar nieve desde el día 8 de junio (post sobrevuelo) y luego, se evidencia un aumento de este registro desde el día 14 de junio, alcanzando 23 cm de espesor de acuerdo con la estación Loreto (SERNAGEOMIN). El sector de la ladera norte donde se ubican las remociones de 2011 y 2002 no evidencian reactivaciones. Por otro lado, la visibilidad durante el sobrevuelo no permitió obtener imágenes del sector donde se ubican las remociones de 1970 y 1973, por lo cual no se pudieron hacer observaciones en cuanto a esa zona.

Se recomienda continuar con los patrullajes periódicos que realiza personal de CONAF en la cuenca del río Las Minas y volver a realizar sobrevuelos en lo posible, para mantener en observación el efecto de la nieve sobre las laderas y eventuales descongelamientos de aguas en altura.

7. REFERENCIAS

- Bovis, M. 1995. Río Las Minas basin, southern Chile: a geomorphic and geotechnical assessment. University of British Columbia. Canada. 48 p.
- Hoffstetter, R., Fuenzalida, H., Cecioni, G. 1957. Chili In Lexique Stratigraphique International. Centre National de la Recherche Scientifique. France. 444 p.
- Muñoz, A., Opazo, E., Gálvez, V. 2020a. Evaluación geológica del estado de la cuenca del río Las Minas durante el mes de abril de 2019, comuna de Punta Arenas, región de Magallanes y la Antártica Chilena. Servicio Nacional de Geología y Minería, Informe Técnico (Inédito): 20 p. Santiago.
- Muñoz, A., Opazo, E., Gálvez, V. 2020b. Análisis geológico del sobrevuelo del 27 de agosto de 2019 en la cuenca del río Las Minas, comuna de Punta Arenas, región de Magallanes y la Antártica Chilena. Servicio Nacional de Geología y Minería, Informe Técnico (Inédito): 14 p. Santiago.
- Muñoz, A., Opazo, E., Gálvez, V. 2020c. Evaluación geológica por el aumento de sedimentos en la desembocadura del río Las Minas entre el 23 y 25 de septiembre de 2019, comuna de Punta Arenas, región de Magallanes y la Antártica Chilena. Servicio Nacional de Geología y Minería, Informe Técnico (Inédito): 28 p. Santiago
- Muñoz A.; Opazo E.; Gálvez V. En edición. Informe del Medio Verificador N°4: Revisión crítica de antecedentes disponibles en temáticas de geología y peligros naturales de la cuenca del río Las Minas relevantes para su monitoreo. Programa de transferencia de tecnología y conocimientos para el monitoreo de sectores críticos en el río Las Minas, región de Magallanes y Antártica Chilena. código BIP: 40000435. Dirección Regional de Magallanes y la Antártica Chilena. Servicio Nacional de Geología y Minería. Informe Inédito, 115 p.
- Otero, R. A., Torres, T., Le Roux, J. P., Hervé, F., Fanning, C. M., Yury-Yáñez R. E., RUBILAR-ROGERS, D. 2012. A Late Eocene age proposal for the Loreto Formation (Brunswick

Peninsula, southernmost Chile), based on fossil cartilaginous fishes, paleobotany and radiometric evidence. *Andean Geology* 39 (1): p. 180-200.

Raedeke, L. D. 1975. Deslizamientos río de Las Minas. Corporación Nacional Forestal. XII región. Chile. 15 p.