

# **ANÁLISIS HIDROGEOLÓGICO DE LA SURGENCIA DE AGUA EN LICEO INDUSTRIAL CHILENO ALEMÁN DE FRUTILLAR, PROVINCIA DE LLANQUIHUE, REGIÓN DE LOS LAGOS**

Felipe Avilés M.  
Rosa Troncoso V.  
Violchen Sepúlveda S.



**INFORME TÉCNICO**

**SUBDIRECCIÓN NACIONAL DE GEOLOGÍA**

**2022**

---

## **TÍTULO INFORME**

Análisis hidrogeológico de la surgencia de agua en el Liceo Industrial Chileno Alemán de Frutillar, Provincia de Llanquihue, Región de Los Lagos. Informe Técnico Inf-Los Lagos-08, 2022

## **INFORME TÉCNICO, 2022**

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

Director Nacional (S): Alejandro Cecioni R.

Subdirector Nacional de Geología (S): Alvaro Amigo R.

Derechos reservados. Prohibida su reproducción.

**Tipo de Informe Técnico:** Asistencia Técnica

**Unidad Ejecutora:** Oficina Técnica Puerto Varas, Puerto Varas

**Código de identificación interno:** Inf-Los Lagos-08, 2022

**Revisado por:** David Quiroz P., Jefe (S) Oficina Técnica Puerto Varas.

## **Referencia bibliográfica:**

Avilés, F.; Troncoso, R.; Violchen, S. 2022. Análisis hidrogeológico de la surgencia de agua en el Liceo Industrial Chileno Alemán de Frutillar, Provincia de Llanquihue, Región de Los Lagos. Servicio Nacional de Geología y Minería, Informe Técnico (Inédito): 11 p. Puerto Varas.

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

## CONTENIDO

1. RESUMEN.....	4
2. INTRODUCCIÓN.....	5
3. ANTECEDENTES .....	5
4. CONTEXTO HIDROGEOLÓGICO.....	8
5. ANALISIS DE LA SURGENCIA DE AGUA EN SECTOR NORTE DEL LICEO INDUSTRIAL.	10
6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	11
7. REFERENCIAS .....	11

### FIGURAS

FIG. 1. Ubicación del Liceo Industrial Chileno Alemán de Frutillar y los puntos observados en terreno. ....	6
FIG. 2. Fotografía de surgencia de agua. ....	6
FIG. 3. Traza de antiguo canal existente previo a la construcción de las actuales instalaciones del internado.....	7
FIG. 4. Fotografía de estanque de gas sollevato, dependencias del Liceo Industrial. ....	8
FIG. 5. Vertiente calle Carlos Richter.....	8
FIG. 6. Base geológica del sector del Liceo Industrial (Troncoso <i>et al.</i> , 2019). ....	9
FIG. 7. Mapa de profundidad del Nivel Estático (N.E.). ....	10

## **RESUMEN**

Mediante Oficio Ord. 564/2022 la Directora Ejecutiva del Servicio Local de Educación Pública Llanquihue, señora Claudia Trillo Molina, con fecha 10 de junio del 2022, solicita a la Oficina Técnica de Puerto Varas (OTPV) del Servicio Nacional de Geología y Minería (Sernageomin), analizar la situación ocurrida en las dependencias del Liceo Industrial Chileno Alemán de Frutillar, correspondiente a una surgencia de agua subterránea desde la ladera ubicada bajo el Internado de dicho establecimiento. La situación preocupa ante la posibilidad de desplazamiento de terreno que pueda provocar accidentes a los transeúntes y usuarios del establecimiento, junto con daños estructurales en la infraestructura educacional.

En atención a esta solicitud, profesionales del área de hidrogeología de la OTPV, realizan la toma de datos en terreno y recopilan los antecedentes necesarios, los que, sumados a la información hidrogeológica existente, permiten analizar y evaluar la problemática. Los resultados y conclusiones de dicho análisis se exponen en el presente informe.

## **1. INTRODUCCIÓN**

Con fecha 23 de mayo del 2022, por medio de Oficio Ord. 282/2022, el Inspector Municipal de la Ilustre Municipalidad de Frutillar, señor Oscar Huaitiao Hernández, solicita a la Directora Ejecutiva del Servicio Local de Educación Pública Llanquihue, Señora Claudia Trillo Molina, evaluar la mantención o reparación del escurrimiento de agua desde el área verde que se encuentra al lado del Liceo Industrial Chileno Alemán de Frutillar (frente a calle Carlos Richter). De acuerdo con lo que el Señor Huaitiao informa, previamente a dicho Oficio, se consultó a la Unidad de Operaciones de la Municipalidad, a la Empresa de Servicios Sanitarios ESSAL de Frutillar y a empresas constructoras del entorno, sobre posibles trabajos que se hubieran realizado en el punto de la emanación de agua, cada una de las cuales indicó que no ha efectuado labores en dicho punto. En el oficio, el Inspector Municipal indica, además, que la situación representa un grave peligro para los peatones que transitan en la vereda, quienes pueden sufrir caídas a causa del agua.

El día 7 de junio del 2022, mediante Oficio Ord. 536/2022, la Directora Ejecutiva del Servicio Local de Educación Pública Llanquihue solicita al Secretario Regional Ministerial de Obras Públicas de la Región de Los Lagos, señor Daniel Olhabé Espinosa, evaluar las causas de la emanación de agua, señalando que dicha situación puede provocar accidentes a los transeúntes y usuarios del establecimiento, así como también daños estructurales en fundaciones de la infraestructura educacional. En respuesta a dicha solicitud el señor Olhabé, mediante Oficio Ord. 371/2022 con fecha 22 de junio, indica que a partir de la visita en terreno por parte de la Dirección de Obras Hidráulicas, se determina que, es necesario el pronunciamiento por parte de expertos en hidrogeología para determinar el origen de la problemática.

Mediante Oficio Ord. 564/2022 la Directora Ejecutiva del Servicio Local de Educación Pública Llanquihue, con fecha 10 de junio del 2022, solicita al Jefe de la Oficina Técnica de Puerto Varas (OTPV) del Servicio Nacional de Geología y Minería (Sernageomin), señor David Quiroz Pincheira la evaluación de la situación ocurrida en las dependencias del Liceo Industrial Chileno Alemán de Frutillar. En dicho Oficio se expresa que la situación preocupa ante la posibilidad de desplazamiento de terreno que pueda provocar accidentes a los transeúntes y usuarios del establecimiento, junto con daños estructurales en la infraestructura educacional.

## **2. ANTECEDENTES**

De acuerdo con la información entregada en la solicitud, el Liceo Industrial Chileno Alemán de Frutillar presenta actualmente una surgencia de agua subterránea (coordenadas UTM WGS84 Norte 5.444.732 m – UTM Este 665.204m; punto 1 en FIG. 1 y FIG. 2) que escurre hacia calle Carlos Richter, movilizand material (correspondiente a grava y arena) hacia la calzada. Situación que se produjo durante el mes de mayo del año en curso. No existen antecedentes de excavación o movimientos de tierra generados recientemente en el punto de surgencia.

El día 14 de junio del 2022, personal de la OTPV, del Servicio Nacional de Geología y Minería (Sernageomin) realizó una visita al punto para tomar datos del terreno y recopilar información. En dicha visita se realizó también una reunión del personal de la OTPV, con el Director del Liceo Industrial Chileno Alemán de Frutillar, señor Cristian Santibáñez, y el prevencionista de riesgos de dicho establecimiento, señor Sebastián Monsálvez.

En dicha reunión el prevencionista entregó información histórica de la situación y aportó con antecedentes relevantes para el análisis. En la reunión sostenida, el Señor Sebastián Monsálvez indica que, desde el invierno de 2020, se había observado una humedad constante en el suelo donde actualmente se produce surgencia, caudal que durante el mes de mayo del presente año aumentó considerablemente generando el arrastre de material del subsuelo.

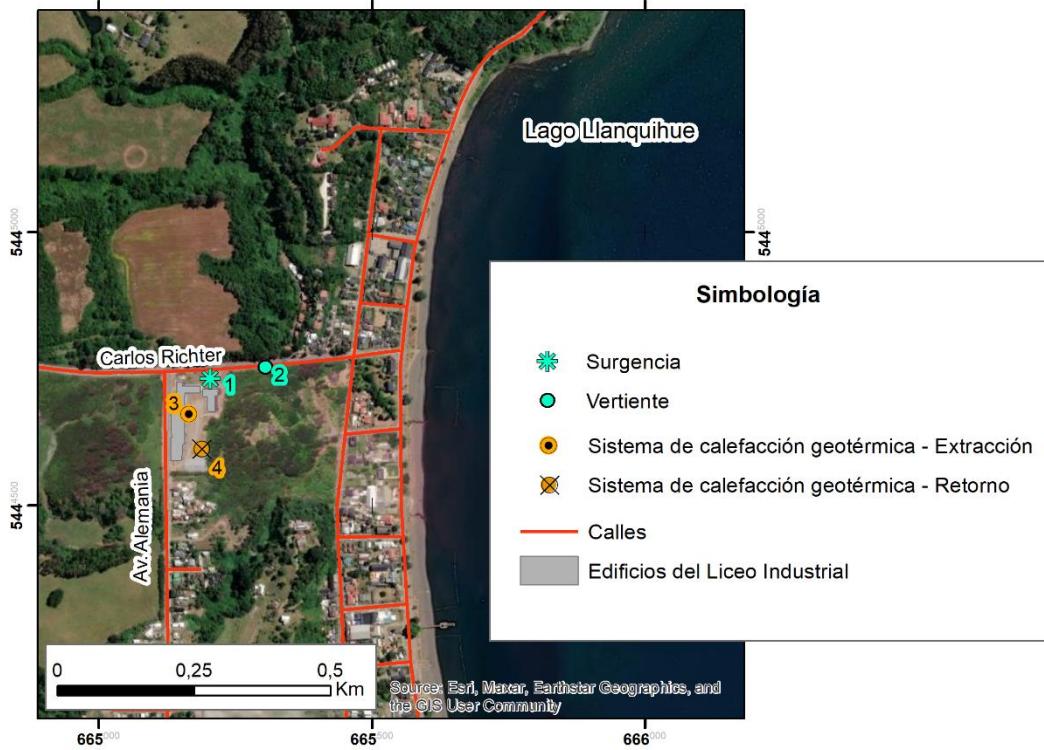


FIG. 1. Ubicación del Liceo Industrial Chileno Alemán de Frutillar y los puntos observados en terreno.



FIG. 2. Fotografía de surgencia de agua.

Las dependencias del actual internado del Liceo Industrial Chileno Alemán (que se observan en la FIG. 2), fueron construidas el año 2016 y el prevencionista informa que actualmente presenta grietas en su estructura. Adicionalmente informa que previo a esta construcción existía un canal que conducía el agua superficial hacia el estero sin nombre que cruza el terreno colindante al Liceo (perteneciente al Museo Colonial Alemán de Frutillar), dicho canal fue rellenado para las obras de construcción. A partir de la interpretación de fotografías aéreas previas al año 2014, es posible definir la traza de dicho canal (FIG. 3).

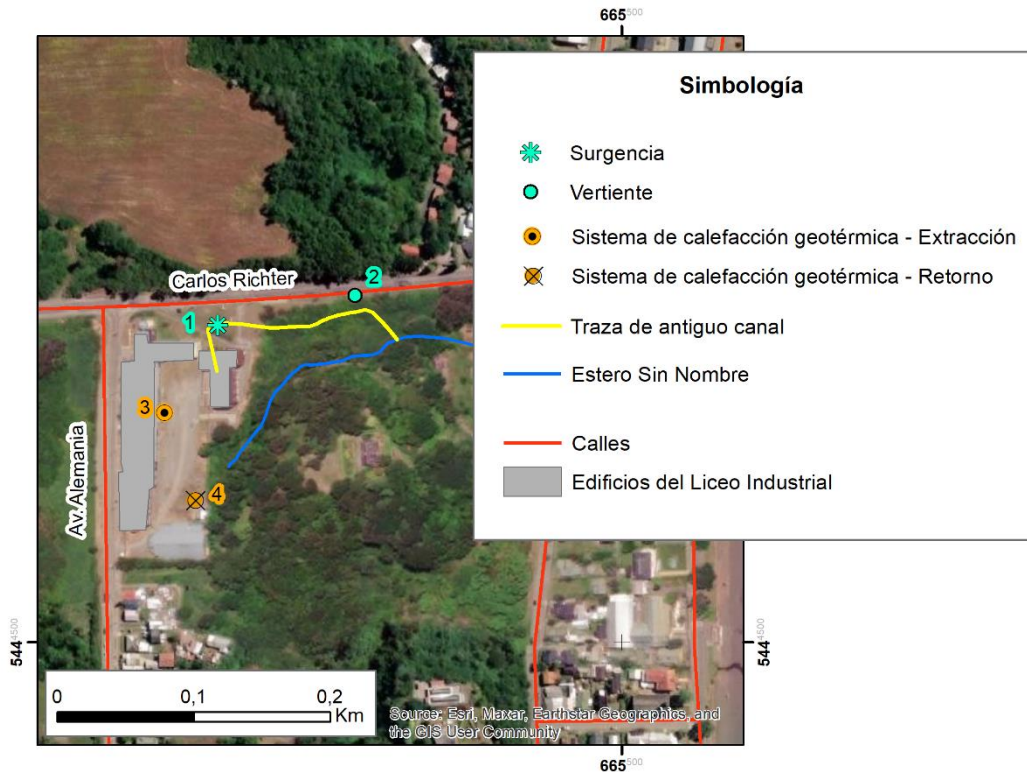


FIG. 3. Trazo de antiguo canal existente previo a la construcción de las actuales instalaciones del internado.

Como información adicional Sebastián Monsalve indica que el internado tuvo un sistema de calefacción geotérmico, en el cual se extraía agua subterránea de un pozo (punto 3, FIG. 3) y luego de extraer el calor mediante bombas de calor, se retornaba el agua en otro punto conformado por un pozo de 6 m (ubicado en punto 4, FIG. 3), produciéndose una inyección somera del agua previamente extraída. Este sistema de calefacción dejó de operarse el 2019 debido a que se producía la formación de pozas de agua en el patio donde se encuentra el punto de inyección cuando estaba en funcionamiento. Personal que operaba el sistema de calefacción indica que durante el año 2019 se produjo el sollevamiento del estanque de gas instalado bajo tierra en el mismo patio (FIG. 4).

Sobre la base de esta información es posible inferir que la formación de pozas y el sollevamiento del estanque de gas, está asociado con un aumento del nivel estático en el patio del liceo, producido por el agua que se inyectaba de manera somera durante el uso de la calefacción.

En la visita a terreno por parte del personal de la OTPV se observó que la surgencia tiene una sección aproximada de 1x1 m y una profundidad máxima cercana a 1,5 m. Se efectuó una estimación del caudal de la surgencia indicada en la solicitud, que dio como resultado un valor de 6 l/s. Adicionalmente se observó una vertiente en la vereda sur de calle Carlos Richter (punto 2, FIG. 3.; FIG. 5), la cual presenta un caudal constante, aunque muy reducido en comparación a la surgencia indicada en la solicitud (menor a 0,1 l/s).



FIG. 4. Fotografía de estanque de gas solevantado, dependencias del Liceo Industrial.



FIG. 5. Vertiente calle Carlos Richter.

### 3. CONTEXTO HIDROGEOLÓGICO

Las dependencias del liceo y el internado, se encuentran en una unidad geológica denominada Depósitos Glaciofluviales de la Glaciación Llanquihue (FIG. 6, Plgf1, Mercer, 1976; en Troncoso *et al.*, 2019), los cuales están conformados por gravas; de moderada a buena selección, con bajo porcentaje de matriz correspondiente a arenas gruesas; esta unidad se intercala con depósitos glaciares que formaron morrenas (Plg1) constituidos por gravas mal seleccionadas, con matriz arcillosa y buena compactación. La unidad Plgf1 corresponde a una de las unidades de mayor



potencial para el almacenamiento de agua subterránea en la cuenca del río Maullín, conforma predominantemente acuíferos libres que presentan conexión hidráulica con las unidades hidrogeológicas adyacentes y con los cauces fluviales actuales (Troncoso *et al.*, 2019). En el mapa de profundidad del nivel estático (FIG. 7), es posible observar que, en la zona del establecimiento educacional, el agua subterránea se encuentra a menos de 10 m de la superficie y aguas abajo (desde el establecimiento hacia el lago Llanquihue) a menos de 5 m, con una disminución gradual hacia el lago Llanquihue. Las zonas donde el nivel estático se encuentra próximo a la superficie son propensas a la existencia de vertientes.

En el área del establecimiento educacional, existen dos hechos que han modificado localmente el flujo natural de agua subterránea. El primero se debe al relleno del terreno para la construcción de las instalaciones actuales, este nuevo material permite la circulación y almacenamiento de agua en sus intersticios, sin embargo, su permeabilidad no es conocida. Dentro de este relleno y particularmente en su base (la antigua superficie del terreno), es posible que existan líneas preferenciales de flujo de agua subterránea, como podría serlo el antiguo canal que conducía el agua superficial al estero sin nombre. El segundo hecho corresponde al funcionamiento del sistema de calefacción geotérmica, el cual genera oscilaciones que elevan localmente el nivel estático, aumentando la columna de agua dentro del relleno.

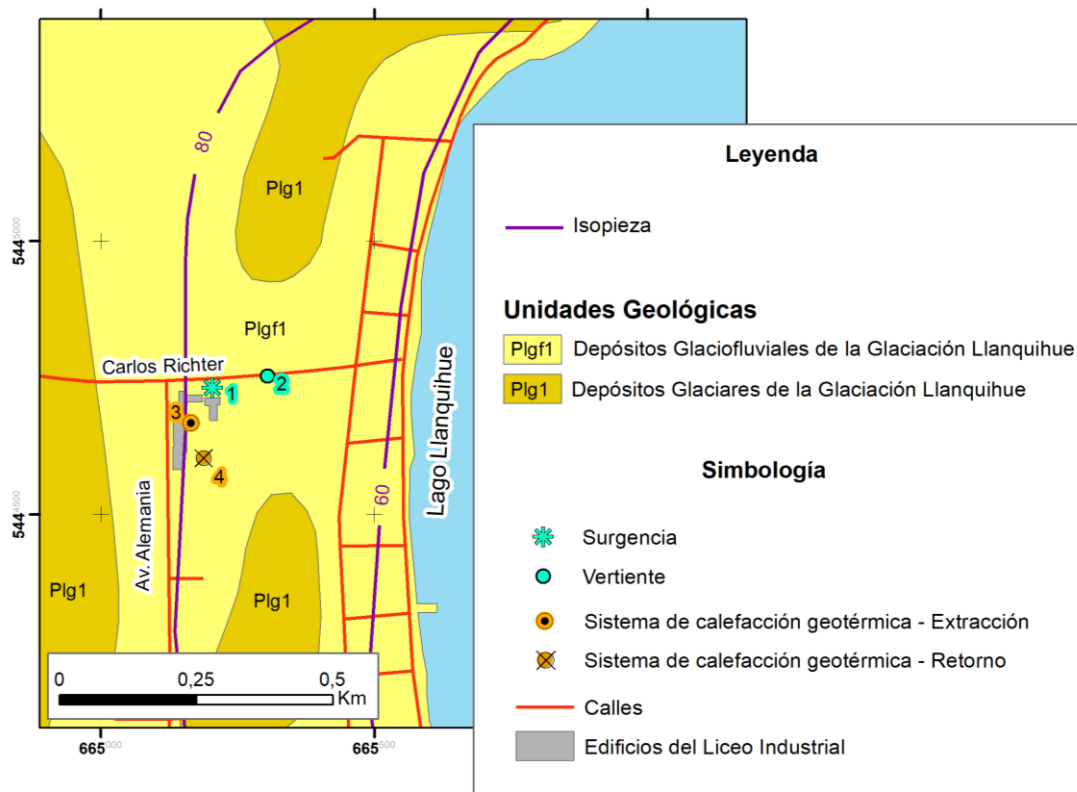


FIG. 6. Base geológica del sector del Liceo Industrial (Troncoso *et al.*, 2019).

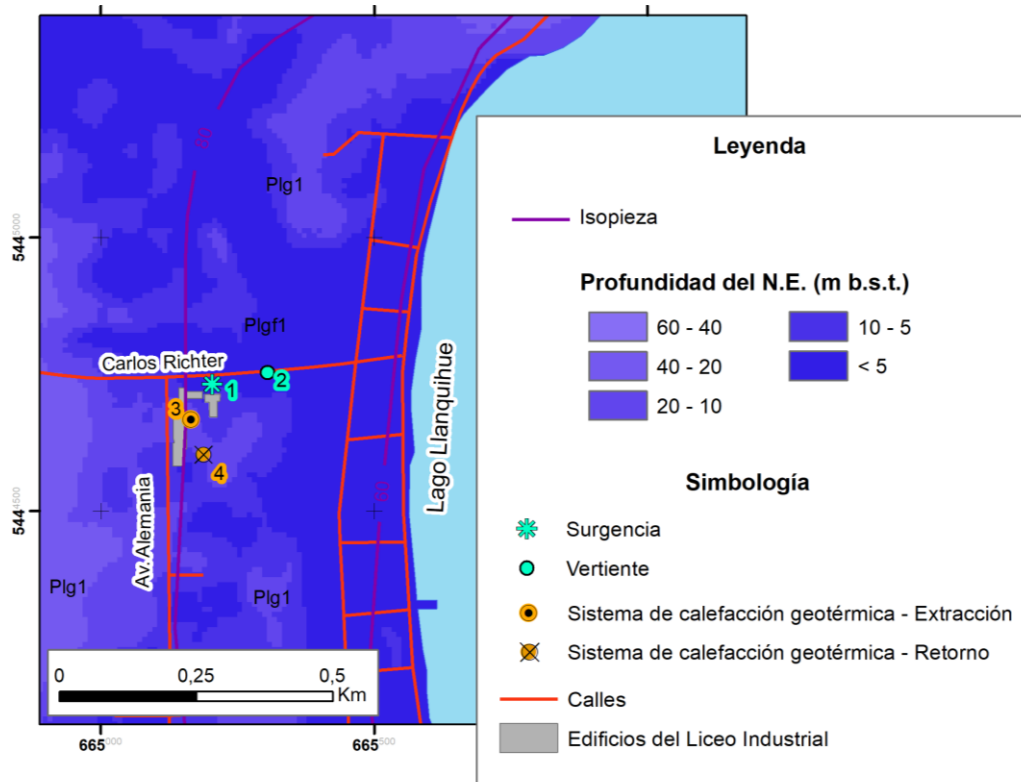


FIG. 7. Mapa de profundidad del Nivel Estático (N.E.).

#### 4. ANALISIS DE LA SURGENCIA DE AGUA EN SECTOR NORTE DEL LICEO INDUSTRIAL

Considerando los antecedentes entregados, los datos recopilados en terreno y el contexto hidrogeológico, es posible inferir que la ocurrencia de la nueva surgencia de agua esté asociada a acciones antrópicas que han elevado el nivel estático del agua subterránea, particularmente el relleno para la construcción del internado, junto con el uso y reinyección de agua subterránea en un sistema geotérmico de calefacción. En la zona no saturada el agua puede escurrir en líneas preferenciales donde la permeabilidad es más alta, lo cual podría darse en el antiguo canal que captaba aguas superficiales encausándolas hacia el estero sin nombre. Luego, al ser rellenado con materiales de desconocida permeabilidad el lecho, principalmente de grava, mantendría una línea de permeabilidad media a alta. El aumento de flujo en esta línea generaría una movilización de las partículas finas (tamaño limo y arcilla, presentes en los intersticios del relleno) aguas abajo y luego saliendo hacia la superficie, sin embargo, se desconoce el volumen de material removido. La disminución de material particulado fino en los intersticios provoca un aumento en la permeabilidad a lo largo de la línea de flujo preferencial, lo cual explica el aumento de flujo y la surgencia de agua. En estas condiciones es esperable que la surgencia se mantenga al menos durante los meses de mayores precipitaciones.

La oscilación natural en el nivel estático, generada por el cambio de estaciones, podría continuar con la movilización de material particulado fino dentro del relleno que se encuentra bajo las instalaciones del internado. Por otro lado, tanto la elevación del nivel estático como la movilización de limo y arcilla son factores que contribuyen a la inestabilidad del terreno, lo que podría ocasionar particularmente en la zona que corresponde al relleno para la construcción del establecimiento educacional, asentamiento diferencial y, en caso de que otros factores interactúen (como remoción de vegetación en laderas del estero sin nombre, sismos y precipitaciones intensas), podrían generarse procesos de remoción en masa locales en las zonas de mayor pendiente o procesos de licuefacción.

## 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

A partir de los antecedentes y las observaciones de terreno, es posible inferir que la surgencia de agua subterránea, ocurrida en el sector norte del Liceo Industrial Chileno Alemán de Frutillar (frente a calle Carlos Richter) esté asociada a acciones antrópicas: el relleno depositado sobre la traza de un antiguo canal y el uso de agua subterránea en un sistema de calefacción geotérmica.

Sobre la base de estos hechos y el contexto hidrogeológico es esperable que la surgencia se mantenga, al menos en los meses de mayores precipitaciones, con lo cual es recomendable construir una obra de canalización para el adecuado escurrimiento superficial del agua.

El uso del sistema geotérmico de calefacción, en las condiciones que fue construido, contribuye a un aumento en la elevación del nivel estático, con una oscilación constante de éste, lo cual tendría como resultado un aumento en el caudal de la surgencia y un aumento en la inestabilidad del terreno. Por esta razón se recomienda mantenerlo sin uso, hasta que se realice una modificación del punto de retorno del agua. Para esta modificación es necesario efectuar un estudio hidrogeológico de detalle que contemple la determinación de la piezometría local y una estimación de parámetros hidráulicos (transmisividad y coeficiente de almacenamiento).

No es posible cuantificar el efecto que la variación de nivel estático o la movilización de material particulado fino pueda tener en las dependencias del establecimiento educacional, por lo cual es recomendable realizar mediciones topográficas con detalle de un milímetro (mediante GPS diferencial, estación total o similar), estableciendo puntos de control y observar su variación en el tiempo (se propone efectuar mediciones cada 3 meses durante 1 año y luego evaluar su continuidad en base a los resultados). Junto con ello se sugiere evaluar el daño que actualmente tiene el internado por parte de un especialista y mantener en observación las grietas generadas y su posible aumento.

Por último, se recomienda mantener sin intervención la ladera que colinda el terreno del establecimiento educacional hacia el estero sin nombre. En caso de ser necesaria, ésta debe ser evaluada por especialistas en obras civiles.

## 6. REFERENCIAS

Troncoso, R.; Avilés, F.; Pizarro, S. 2019. Hidrogeología de la cuenca del río Maullín, región de Los Lagos. Servicio Nacional de Geología y Minería, Carta Geológica de Chile, Serie Hidrogeología 7: 120 p., 1 mapa escala 1:200.000, 1 CD con anexos. Santiago.