



# Exploración Hidrogeológica-Geofísica mediante CSAMT (Audio Magneto Telúrica con fuente controlada) del acuífero confinado de Dalcahue, Chiloé.

Pablo Alarcón<sup>1,3\*</sup>, Miguel Vásquez<sup>1</sup>, Daniel Páez<sup>1,4</sup> y Jorge Jiménez<sup>2</sup>

*1 CYV Ltda., Geología e Hidrogeología, Puerto Varas, Chile*

*2 G\_Strata, Geofísica y Exploraciones, Concepción, Chile*

*3 Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias, Programa de Magister en Ciencias con Mención en Recursos Hídricos, Casilla 567, Valdivia, Chile*

*4 Universidad de Concepción, Facultad de Ingeniería Agrícola, Programa de Magister en Ingeniería Agrícola Mención Recursos Hídricos, Casilla 537, Chillán, Chile*

\* email: [p.alarcon@cyvgeologia.cl](mailto:p.alarcon@cyvgeologia.cl)

**Resumen:** el presente trabajo es una respuesta a la creciente necesidad, en Chile, por establecer metodologías que permitan realizar una exploración hidrogeológica certera, debido principalmente al aumento del valor del agua dado por la creciente demanda de la misma y los elevados costos de las obras de captación necesarias para su extracción. A continuación se presentan resultados de exploraciones hidrogeológicas llevadas a cabo en la comuna de Dalcahue, provincia de Chiloé, mediante la aplicación del método geofísico Audio Magneto Telúrico de Fuente Controlada (CSAMT, por sus siglas en inglés), cuyos resultados han sido posteriormente cotejados con las observaciones y registros de las perforaciones efectuadas a consecuencia de estos estudios. En base a lo anterior, se presentan los resultados de tres casos de estudio en la comuna de Dalcahue, Chiloé, en las cuales el método propuesto ha demostrado ser una alternativa técnica y económicamente viable para la exploración, caracterización hidrogeológica y explotación de recursos hídricos.

**Palabras Claves:** Hidrogeología, Geofísica, Exploración.

## 1 Introducción

La creciente demanda de agua para consumo o fines productivos, ha generado una presión sobre los recursos hídricos subterráneos, es en este contexto que ha surgido la necesidad de contar con metodologías que permitan disminuir la incertidumbre respecto a la identificación de blancos a perforar con fines extractivos, y así, disminuir los costos de explotación.

Las condiciones geomorfológicas de la Isla Grande de Chiloé, su condición insular, el aumento de actividades productivas en las últimas décadas y los cambios en el uso de suelo, sumado a la escases hídrica, ha llevado a numerosas empresas a realizar estudios hidrogeológicos para poder tener información técnica que les permita generar marcos teóricos para determinar los lugares y profundidades de captación de aguas subterráneas.

Debido a lo anterior se han realizado campañas de exploración geofísica en la comuna de Dalcahue, que han tenido como resultado la ejecución de pozos profundos y levante de columnas estratigráficas, que permiten retroalimentar y corregir los modelos preliminares, aumentando al conocimiento hidrogeológico de la isla grande de Chiloé.

Por lo anterior la exploración hidrogeológica-geofísica, se ha transformado en una excelente herramienta para la exploración de aguas subterráneas, pudiendo determinar la profundidad a la cual explorar, lo que en muchos casos, es un factor determinante en los aspectos técnicos y económicos que involucra la posterior perforación y captación del recurso hídrico.

## 2 Marco Geológico

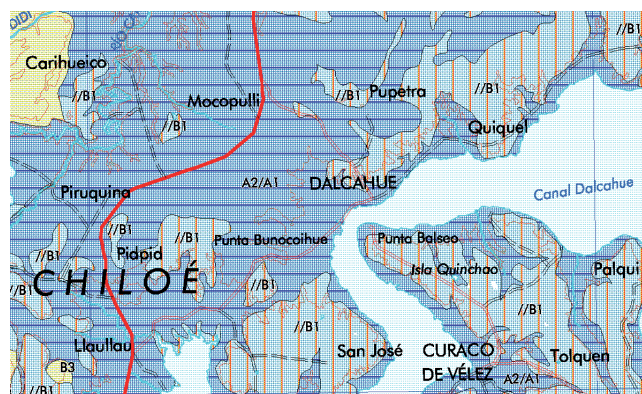
La comuna de Dalcahue se encuentra cubierta por rellenos sedimentarios de origen glacial, denominados como:

Depósitos Glaciofluviales, Plgf: Los que están representados por gravas y arenas, con menor proporción de limos y arcillas, y conforman amplias llanuras ('outwash'), tanto al occidente como al interior de los cordones morrénicos de los lóbulos Castro y Ancud. En estas planicies se ha desarrollado una red de drenaje más joven que, en parte, ocupa los antiguos canales de desagüe glacial (Arenas y Duhart, 2003).

## 3 Hidrogeología

Hidrogeológicamente la zona de estudio se encuentra descrita como de alto potencial de aguas subterráneas denominado como acuífero A2/A1 (Fig 1), Corresponde a los depósitos de gravas y arenas glaciofluviales de la Glaciación Llanquihue (Plgf1) y Santa María (Plgf2), que en su conjunto constituyen un acuífero libre. Localmente, se encuentran intercalaciones de arcilla entre los depósitos glaciofluviales Plgf1.

Adicionalmente, otros estudios (Páez, 2011; Páez y Feuker, 2012) reconocen una Unidad Hidroestratigráfica (UH) A3 en profundidad. Ésta UH A3 es descrita como arenas, gravas y bolones, de baja consolidación, asignados a los depósitos glaciofluviales de la Glaciación Llanquihue (Plgf1), que se encuentran estratigráficamente bajo una potente secuencia de limos y arcillas de origen glaciolacustre, constituyendo una serie de capas permeables con espesores entre 2 a 40 m de potencia, que alternan entre sedimentos finos de baja a muy baja permeabilidad. El espesor de la capa confinante del acuífero A3 se ha reconocido, entre 30 m al noreste de Dalcahue y 80 m en la ribera norte de isla Lemuy. A3 forma un acuífero confinado, multicapa, probablemente lenticular. Actualmente, no existen datos que permitan reconocer el área de recarga, pero se estima que ésta ocurre por conexión hidráulica hacia el oeste, con la UH A2.



**Figura 1:** Mapa hidrogeológico del área de estudio, modificado de Troncoso *et al.*, 2008)

## 4 Metodología

Se realizaron tres estudios de mediciones magnetotelúricas en distintas ubicaciones de la comuna de Dalcahue, de las cuales dos se encuentran actualmente perforadas y donde se realizó la Inspección Técnica en Obra en la construcción de los pozos.

La exploración del subsuelo mediante el método de audio - magnetotelúrica (Routh y Oldenburg, 1996)), consta en medir en superficie las señales tanto naturales del subsuelo, provenientes de tormentas eléctricas y/o solares y potenciales espontáneos del lugar a estudiar, como artificiales generadas por un transmisor (antena). Las mediciones se realizaron mediante sensores específicos que logran captar los campos eléctricos y magnéticos del lugar donde se realiza el sondaje electromagnético. La medición de estos campos permitirá obtener la variación vertical de la resistividad eléctrica del subsuelo, la cual varía de acuerdo a la frecuencia de la señal que se obtiene. Estas frecuencias podrán variar de los 10 Hz a 100 kHz e incluso, si se posee de un sensor con una mejor resolución, medir frecuencias de 0.1 Hz.

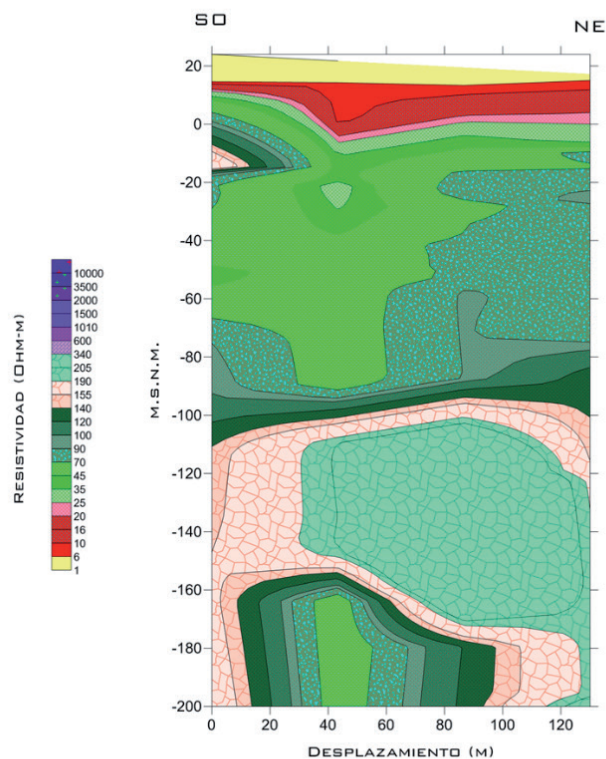
Los datos se deben tomar de modo que se deja una estación AMT en el lugar deseado a explorar, el cual mide las variaciones de los campos magnéticos y eléctricos locales, por un periodo de tiempo deseado, de modo de obtener una serie de tiempo, para cada componente de cada campo a una cierta frecuencia. Así cada estación entrega varias medidas de resistividad unidimensional, relacionada a cada frecuencia del lugar a explorar.

En la superficie es usual obtener frecuencias con un valor aproximado a 72 kHz y a medida que se va investigando en el subsuelo estas frecuencias irán disminuyendo, siendo valores de 800 Hz (aproximadamente) los relacionados a profundidades de 1000 metros.

## 5 Resultados

De la toma de datos realizados, se pudo obtener distintos perfiles geoelectrónicos (Fig 2), que junto a interpretaciones geológicas permitieron definir blancos y profundidades a perforar. En dos de los casos, una vez perforado los pozos, se pudo comprobar de forma efectiva, los valores de resistividades y las profundidades sugeridas para llevar a cabo la perforación, coincidiendo con las profundidades en que estaba el acuífero confinado.

Adicionalmente, tras la Inspección Técnica en Obra, se logró caracterizar estratigráficamente los depósitos de origen glacial, antes descritos en Páez (2011) y Páez y Feuker (2012). Dichos depósitos, en Dalcahue, se observan como intercalaciones de acuíferos granulares confinados y capas confinantes de arcillas probablemente del tipo varves con resistividades inferiores a los 140  $\Omega$ m.



**Figura 2:** Perfil geoelectrico de resistividades, en la comuna de Dalcahue.

## 6 Observaciones Finales

La interpolación de datos geofísicos y estratigráficos, demostró ser una efectiva herramienta para la condición geológica, de la comuna de Dalcahue.

Los Perfiles geoelectricos obtenidos (Fig. 1), nos permiten tener señales que logran contrastarse con la información litoestratigráfica e hidroestratigráfica. Lo anterior, proporciona una profundidad correcta en cuanto al acuífero confinado (A3), el cual se quería explorar.

Por otra parte, la geología demostró que el acuífero confinado A3 posee un gran porcentaje de arenas medias a finas sin consolidar, lo que sumado a la surgencia propia del confinamiento dificulta la instalación de cribas y habilitación de las captaciones, representando un factor a considerar al momento de proyectar la extracción del recurso hídrico.

## Agradecimientos

Queremos extender nuestros agradecimientos a las empresas que contrataron los estudios hidrogeológicos, por facilitar información de carácter científico para la realización de éste trabajo. Y por supuesto, al apoyo de: Cesar Schwarzenberg, Omar Cisternas y Francisco Contreras, en las campañas de terreno y logística operacional. Además nuestros agradecimientos al apoyo técnico de Claudio Valentín, de la empresa Perfomac S.A.

## Referencias

- Arenas, M.; Duhart, P., 2003. Geología del área Castro-Dalcahue, región de Los Lagos, Escala 1:100000
- Páez, D., 2011. Caracterización hidrogeológica del área oriental de la Isla Grande de Chiloé, entre los 42°15'- 42°45' S y los 74°00'- 73°30' E, Región de Los Lagos, Chile. Congreso Geológico, Salta, Argentina.
- Páez, D. y Feuker, P., 2012. Modelo hidroestratigráfico del acuífero periglacial del Pleistoceno-Holoceno de Chiloé, entre Dalcahue y Chonchi, Región de Los Lagos, Chile. Sernageomin.
- Partha S. Routh and Douglas W. Oldenburg (1996) Inversion of controlled-source audio-frequency magnetotelluric data for a horizontally-layered Earth. In SEG Technical Program Expanded Abstracts 1996: pp. 257-260.
- Troncoso, R.; Pérez, Y.; Feuker, P.; Páez, P.; Muñoz, J. 2008. Levantamiento hidrogeológico y potencial de agua subterránea de la Depresión Central de las regiones de Los Ríos y Los Lagos. Servicio Nacional de Geología y Minería, Informe Registrado IR-08-34: 175 p., 8 mapas escala 1:250.000.