

# **Medida H-04: Investigación sobre Nuevas Fuentes de Agua en Cuencas de Salares La Isla, Aguilar, Gorbea y Las Parinas**

**Estimación geometría acuífero  
Salar de Gorbea**



2 de abril de 2026

Versión 1

A21\_1115\_INF05\_GeometríaGorbea\_v1

***Amphos 21 Consulting Chile Ltda.***

*Av. Nueva Tajamar, 481. WTC-Torre Norte- Of. 1901. Santiago (Chile)*

*+56 2 27991630*

*[www.amphos21.com](http://www.amphos21.com)*

| Preparado por                                        | Revisado por    | Validado por  |
|------------------------------------------------------|-----------------|---------------|
| Scarleth Veechi<br>Paz Gutiérrez<br>Caroline Fleming | Samuel Iglesias | Pilar Enguita |

# Índice

|          |                                                 |           |
|----------|-------------------------------------------------|-----------|
| <b>1</b> | <b>Introducción.....</b>                        | <b>7</b>  |
| 1.1      | Objetivos.....                                  | 7         |
| 1.2      | Área de estudio.....                            | 8         |
| 1.3      | Información de base .....                       | 9         |
| 1.3.1    | Geología de superficie .....                    | 9         |
| 1.3.2    | Topografía.....                                 | 9         |
| 1.3.3    | Columnas litológicas .....                      | 10        |
| 1.3.4    | Geofísica.....                                  | 12        |
| 1.3.5    | Parámetros hidráulicos.....                     | 14        |
| <b>2</b> | <b>Caracterización geológica .....</b>          | <b>15</b> |
| 2.1      | Geomorfología regional.....                     | 15        |
| 2.2      | Geología regional y estructural .....           | 16        |
| 2.2.1    | Geología estructural .....                      | 18        |
| 2.3      | Geología local.....                             | 19        |
| 2.3.1    | Depósitos y rocas estratificadas .....          | 21        |
| 2.3.2    | Depósitos no consolidados.....                  | 22        |
| 2.3.3    | Columnas litológicas .....                      | 23        |
| 2.4      | Geofísica.....                                  | 29        |
| <b>3</b> | <b>Construcción geometría del acuífero.....</b> | <b>34</b> |
| 3.1      | Parámetros hidráulicos .....                    | 34        |
| 3.2      | Unidades Hidrogeológicas .....                  | 36        |
| 3.2.1    | Unidad Hidrogeológica 1 (UH-1).....             | 37        |

|                                                 |                                     |           |
|-------------------------------------------------|-------------------------------------|-----------|
| 3.2.2                                           | Unidad Hidrogeológica 2 (UH-2)..... | 37        |
| 3.2.3                                           | Unidad Hidrogeológica 3 (UH-3)..... | 38        |
| 3.2.4                                           | Unidad Hidrogeológica 4 (UH-4)..... | 38        |
| 3.3                                             | Geometría 3D .....                  | 40        |
| <b>4</b>                                        | <b>Síntesis.....</b>                | <b>44</b> |
| <b>5</b>                                        | <b>Referencias .....</b>            | <b>46</b> |
| <b>Anexo A – Leapfrog Salar de Gorbea .....</b> |                                     | <b>48</b> |



## Índice de Tablas

|                                                                                                                              |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabla 1-1: Catastro de pozos con información de columnas litológicas. ....                                                   | 11 |
| Tabla 1-2: Resumen de los pozos con información de parámetros hidráulicos. ....                                              | 14 |
| Tabla 3-1: Resumen valores de los parámetros hidráulicos en la cuenca Salar de Gorbea. Fuente: AMX (2002) y AMX (2003). .... | 35 |
| Tabla 3-2: Resumen de unidades hidrogeológicas. ....                                                                         | 39 |

## Índice de Figuras

|                                                                                                                                                           |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 1-1: Ubicación área de estudio. Fuente: Elaboración propia. ....                                                                                   | 8  |
| Figura 1-2: Ubicación modelo de elevación digital (DEM). Fuente: Elaboración propia. ....                                                                 | 10 |
| Figura 1-3: Ubicación de pozos con información estratigráfica. Fuente: Elaboración propia. ....                                                           | 11 |
| Figura 1-4: Ubicación perfiles geofísicos TEM. Fuente: Elaboración propia. ....                                                                           | 13 |
| Figura 2-1: Perfil esquemático geomorfología del Norte de Chile. Fuente: Salares del Norte de Chile: Potenciales fuentes de litio (CEPAL, 2010). ....     | 15 |
| Figura 2-2: Mapa geológico regional, escala 1:100.000. Fuente: Naranjo et al., 2013 (a, b) SERNAGEOMIN. ....                                              | 17 |
| Figura 2-3: Principales fallas y lineamientos a escala regional Chile-Argentina. Fuente: Extraído y modificado de Chernicoff et al., 2002. ....           | 19 |
| Figura 2-4. Mapa geológico de la cuenca Salar de Gorbea basado en la carta geológica Áreas Salar de Pajonales y Cerro Moño de Naranjo et al., 2013b. .... | 20 |
| Figura 2-5: Columna litológica sondaje SGX-15 (sin información de elevación). Fuente: AMX de Chile, 2003. ....                                            | 24 |
| Figura 2-6: Columna litológica sondaje SGB-12 (sin información de elevación). Fuente: AMX de Chile, 2003. ....                                            | 25 |
| Figura 2-7: Columna litológica sondaje SGB-15 (sin información de elevación). Fuente: AMX de Chile, 2003. ....                                            | 26 |
| Figura 2-8: Columna litológica sondaje SGB-8. Fuente: AMX de Chile, 2002. ....                                                                            | 27 |
| Figura 2-9: Perfil geológico Salar de Gorbea. Fuente: Modificado de Amphos 21, 2016. ....                                                                 | 28 |
| Figura 2-10: Perfil SG-01 TEM. Fuente: Modificado de Subterránea, 2023. ....                                                                              | 31 |
| Figura 2-11: Perfil SG-02 TEM. Fuente: Modificado de Subterránea, 2023. ....                                                                              | 32 |
| Figura 2-12: Perfil SG-03 TEM. Fuente: Modificado de Subterránea, 2023. ....                                                                              | 33 |
| Figura 3-1: Mapa hidrogeológico de la cuenca Salar de Gorbea. Fuente: Elaboración propia. ....                                                            | 39 |
| Figura 3-2: Vista Modelo 3D Leapfrog asociados a cada unidad hidrogeológica. Fuente: Elaboración propia. ....                                             | 42 |
| Figura 3-3: Perfil información litológica, dirección NW-SE. Fuente: Elaboración propia. ....                                                              | 43 |

## 1 Introducción

Codelco División Salvador (DSAL) adjudicó a Amphos 21, en septiembre de 2022, el proyecto “*Medida 04: Investigación sobre Nuevas Fuentes de Agua en Cuencas de Salares La Isla, Aguilar, Gorbea y Las Parinas*”, que se enmarca en los diferentes compromisos establecidos en el Avenimiento con el Consejo de Defensa del Estado en el proceso Rol D-7-2020 del Primer Tribunal Ambiental de Antofagasta y que, como objetivo principal, pretende generar información básica de carácter hidrogeológico en las cuencas de los salares indicados.

Como parte de las primeras actividades del servicio anteriormente mencionado, Amphos 21 realizó el levantamiento de las condiciones actuales de accesos a los salares, teniendo como base de operación el campamento La Ola de DSAL (Región de Atacama) y la ciudad de Taltal (Región de Antofagasta).

Las primeras actividades de terreno consistieron en la ejecución de una campaña de geofísica y el análisis de la geología de las cuencas La Isla, Aguilar, Gorbea y Las Parinas, a partir de la revisión de antecedentes y de lo observado en terreno. En base a las actividades anteriores, se realizó una estimación de la geometría del acuífero del Salar de Gorbea, mediante el software de modelamiento geológico 3D Leapfrog Works. La interpretación de dicho modelo se desarrolla en el presente informe.

Cabe destacar que, según el Departamento de Administración de Recursos Hídricos (DARH) de la Dirección General de Aguas (DGA), el salar en estudio se emplaza en la cuenca “Cuencas Endorreicas entre Frontera y Vertiente del Pacífico” (código 0300) y en la subcuenca “Salar de Gorbea” (código 030005) (DGA, 2015). No obstante, para efectos del presente estudio, la “subcuenca Salar de Gorbea” se denomina como “cuenca”, dado que corresponde a una unidad hidrológica de carácter endorreico y constituye el objeto principal de análisis en su caracterización.

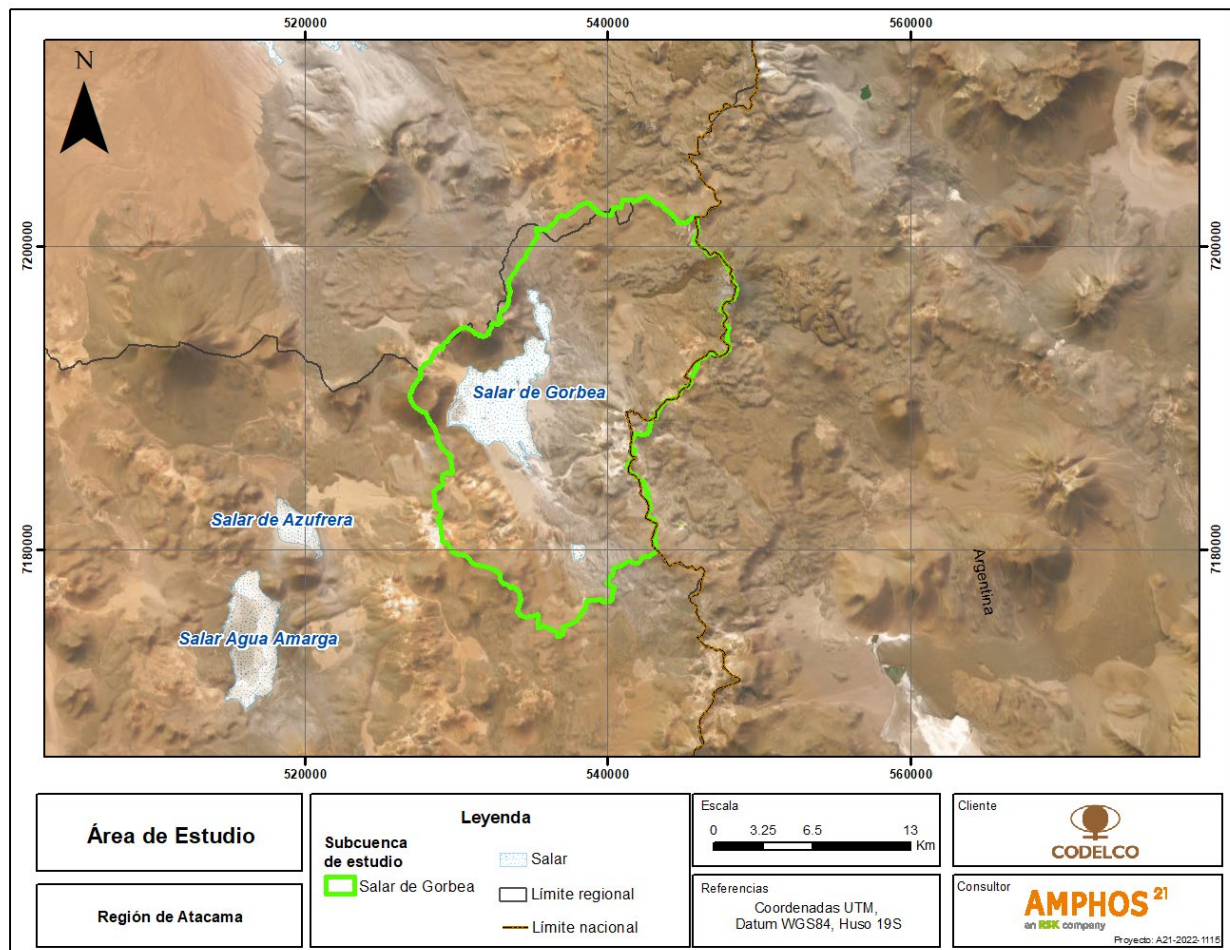
### 1.1 Objetivos

El objetivo general del proyecto (Medida H-04) consiste en la realización de un estudio que permita generar información básica para lograr el entendimiento hidrogeológico en los sistemas de las cuencas de los salares La Isla, Aguilar, Gorbea y Las Parinas (Codelco, 2021).

El objetivo específico de este reporte es presentar los resultados preliminares de la estimación de la geometría del acuífero del Salar de Gorbea, y la información utilizada para la interpretación de dicho modelo.

## 1.2 Área de estudio

La cuenca Salar de Gorbea se ubica en el extremo noreste de la Alta Cordillera de la Región de Atacama, en el límite con la Región de Antofagasta y con Argentina, a alturas geográficas variables cuyo depocentro se ubica entre los 3.934 y 4.056 m s.n.m., aproximadamente. En la Figura 1-1 se presenta la distribución espacial de la cuenca en análisis.



**Figura 1-1:** Ubicación área de estudio. Fuente: Elaboración propia.

### 1.3 Información de base

A continuación, se detalla la información disponible para la estimación de la geometría del Salar de Gorbea, la cual proviene de antecedentes bibliográficos y campañas de terreno desarrolladas previamente.

#### 1.3.1 Geología de superficie

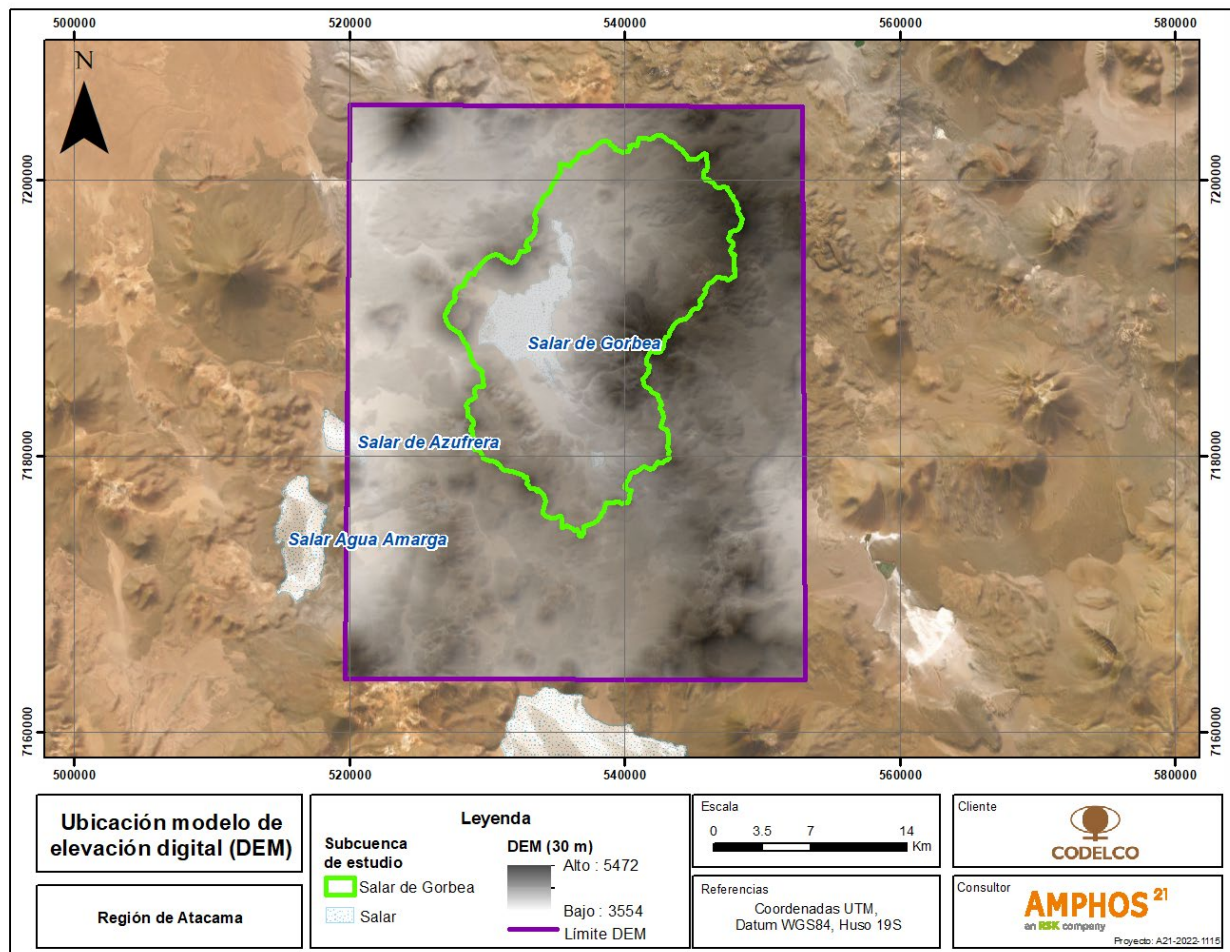
La caracterización geológica en superficie de la cuenca en estudio considera la siguiente carta geológica:

- Geología de las Áreas Salar de Pajonales y Cerro Moño. Regiones de Antofagasta y Atacama. Servicio Nacional de Geología y Minería (SERNAGEOMIN). Carta Geológica de Chile N°153 – 154, escala 1:100.000 (Naranjo et al., 2013).

#### 1.3.2 Topografía

La topografía usada para modelar la cuenca en estudio corresponde a un DEM construido según el modelo SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) de la NASA, y presenta una resolución de 30 m (píxel de 30 x 30 m). Dicho modelo de elevación es de descarga gratuita a través del portal USGS.

El resultado del modelo de elevación presenta alturas desde los 3.554 m s.n.m. en el sector del salar hasta los 5.472 m s.n.m. en las zonas más altas del cordón montañoso, en el límite de la cuenca. La extensión del DEM se ilustra en la Figura 1-2.

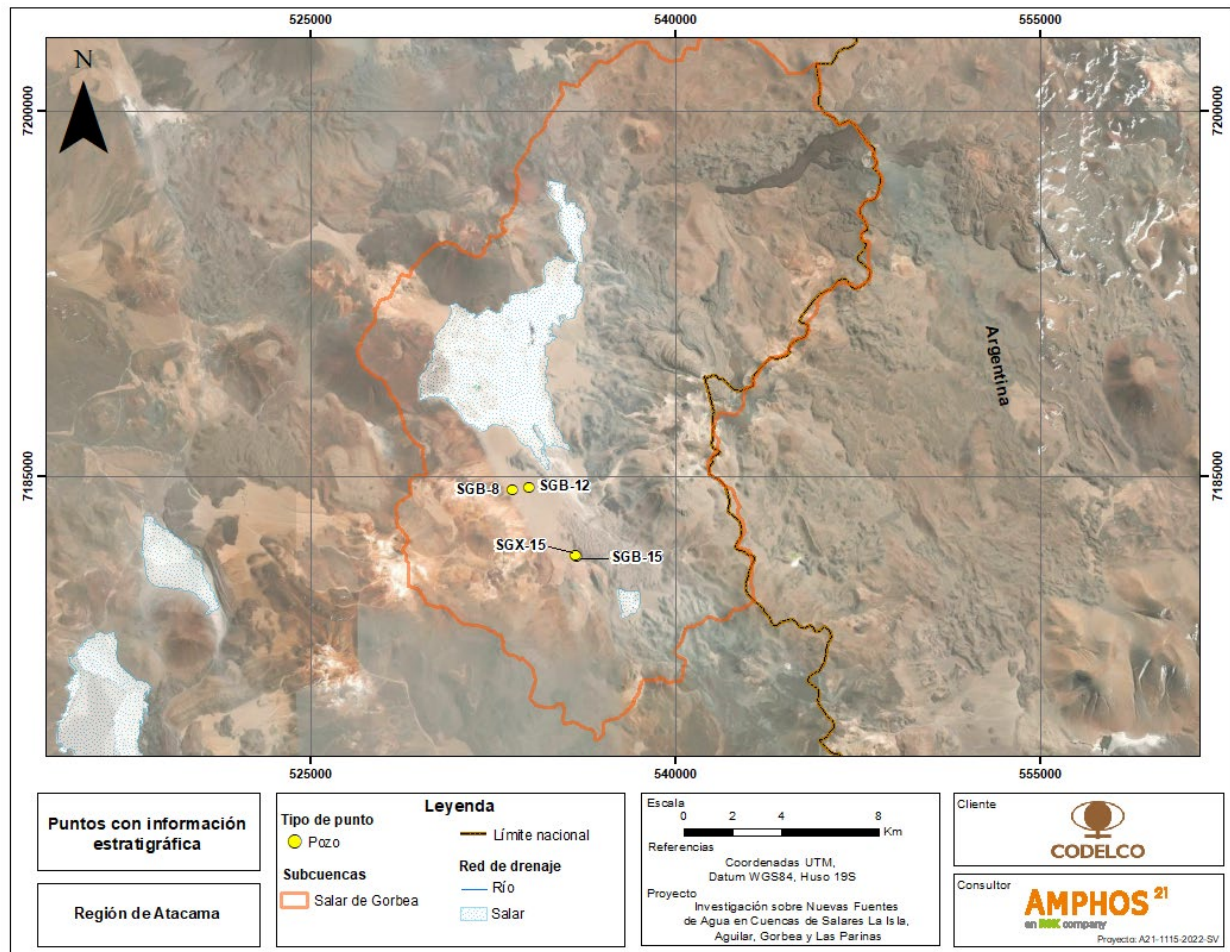


**Figura 1-2:** Ubicación modelo de elevación digital (DEM). Fuente: Elaboración propia.

### 1.3.3 Columnas litológicas

En la cuenca Salar de Gorbea se dispone de cuatro pozos (SGB-8, SGB-12, SGB-15 y SGX-15) realizados por AMX de Chile durante los años 2002 y 2003, los cuales presentan información estratigráfica, y se ubican en el sector sur de la cuenca. La Figura 1-3 ilustra su distribución espacial.





**Figura 1-3:** Ubicación de pozos con información estratigráfica. Fuente: Elaboración propia.

La Tabla 1-1 muestra la ubicación de los pozos que presentan información litológica.

**Tabla 1-1:** Catastro de pozos con información de columnas litológicas.

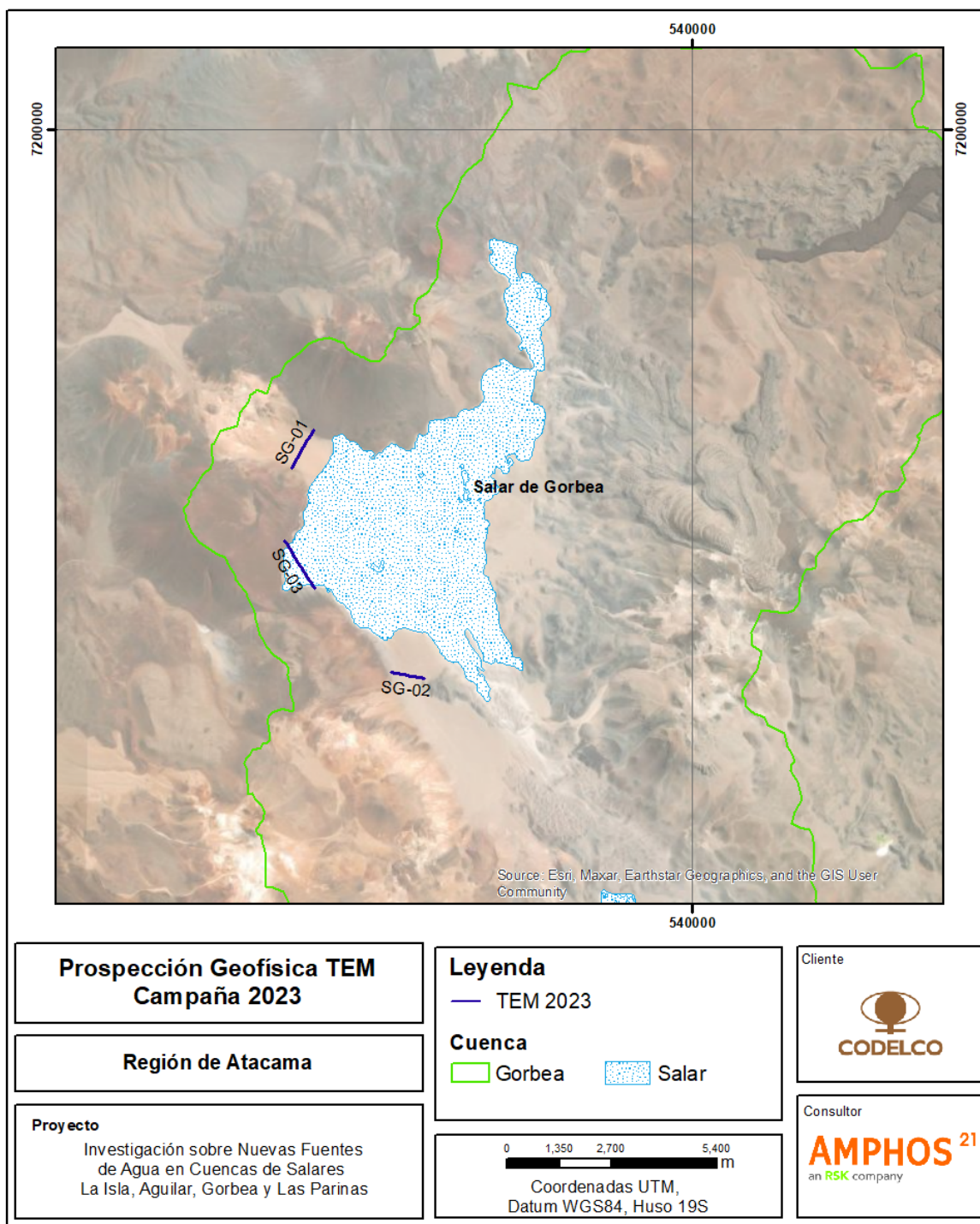
| Nombre | UTM WGS 84 Huso 19S |           | Cota (m s.n.m.) |
|--------|---------------------|-----------|-----------------|
|        | Norte (m)           | Este (m)  |                 |
| SGB-8  | 7.184.459,0         | 533.312,0 | 4.027,0         |
| SGB-12 | 7.184.562,2         | 533.977,0 | 4.029,0         |
| SGX-15 | 7.181.800,1         | 535.891,1 | 4.096,0         |
| SGB-15 | 7.181.739,0         | 535.946,0 | 4.146,0         |

#### 1.3.4 Geofísica

En el marco del presente servicio, Subterránea Consultores (2023) realizó una campaña geofísica utilizando el método transiente electromagnético (TEM), la cual consistió en la adquisición de tres perfiles en el margen del salar, cuya longitud total es de 3,45 km. En la Figura 1-4 se ilustra la ubicación de dichos perfiles.

Adicionalmente, a modo de complementar la interpretación de los perfiles geofísicos, se ha considerado la información de dos campañas TEM, ejecutadas por Geodatos en los años 2002 y 2007, en los cuales se realizaron tres perfiles en total, distribuidos a una distancia relevante del límite del salar y, por tanto, no lo interceptan. Cabe señalar que las estaciones de dichos perfiles geofísicos no presentan coordenadas geográficas, por lo que no fueron incorporados al modelo 3D de Leapfrog, no obstante, dichos perfiles fueron de utilidad para apoyar la interpretación de las unidades geoeléctricas.





**Figura 1-4:** Ubicación perfiles geofísicos TEM. Fuente: Elaboración propia.

### 1.3.5 Parámetros hidráulicos

En el área de estudio se cuentan con 3 pruebas de bombeo en los pozos SGB-8, SGB-12 y SGB-15, las cuales fueron ejecutadas por AMX de Chile entre los años 2002 y 2003.

Adicionalmente, para el desarrollo de la prueba de bombeo en el pozo SGB-8, se utilizaron los pozos de observación AX-8 y AB-8, ubicados a 86 y 157 m, respectivamente. Por su parte, el pozo SGB-15, utilizó el pozo de observación SGX-15 durante la ejecución de la prueba de bombeo.

En la Tabla 1-2 se muestran los pozos con ensayos hidráulicos, indicando el tipo de punto, coordenadas y fuente.

**Tabla 1-2:** Resumen de los pozos con información de parámetros hidráulicos.

| Pozo   | Tipo de punto | Este(m)_WGS84 | Norte(m)_ WGS84 | Fuente                    |
|--------|---------------|---------------|-----------------|---------------------------|
| SGB-8  | Bombeo        | 533.312,0     | 7.184.459,0     | AMX (2002)<br>ND-0301-759 |
| AX-8   | Observación   | -             | -               | AMX (2002)<br>ND-0301-759 |
| AB-8   | Observación   | 533.249       | 7.184.547       | AMX (2002)<br>ND-0301-759 |
| SGB-12 | Bombeo        | 533.977,0     | 7.184.562,2     | AMX (2003)<br>ND-0301-759 |
| SGB-15 | Bombeo        | 535.946,0     | 7.181.739,0     | AMX (2003)<br>ND-0301-769 |
| SGX-15 | Observación   | 535.891,1     | 7.181.800,1     | AMX (2003)<br>ND-0301-768 |

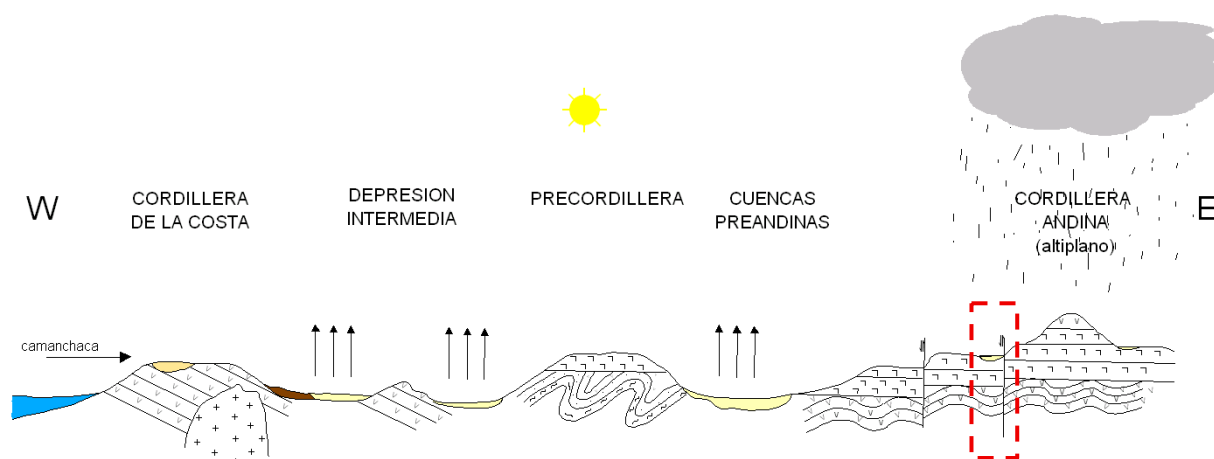
## 2 Caracterización geológica

### 2.1 Geomorfología regional

El borde continental chileno se encuentra adyacente a la zona de subducción en donde la placa de Nazca se hunde por debajo de la placa Sudamericana, generando una intensa actividad tectónica desde hace millones de años y que hoy se refleja por la presencia de valles y cordilleras con orientaciones N-S paralelos a la zona de subducción.

Es posible reconocer cinco unidades morfológicas de oeste a este; Cordillera de la Costa, Depresión intermedia, Precordillera/Cordillera de Domeyko, Depresión Andina y Altiplano-Puna o Cordillera Andina (Figura 2-1).

Los salares en estudio se encuentran ubicados en el límite occidental del Altiplano, también llamado Cordillera Occidental, representado mediante un rectángulo rojo en la Figura 2-1. En ella se desarrolla el volcanismo del arco magmático actual, el cual comenzó en el Mioceno. Esta zona se caracteriza por edificios volcánicos de gran envergadura los cuales crean las condiciones para que existan las cuencas endorreicas, en donde la circulación del agua se restringe hacia sectores topográficamente deprimidos, junto con la ausencia de una red de drenaje superficial bien desarrollada.



**Figura 2-1:** Perfil esquemático geomorfología del Norte de Chile. Fuente: Salares del Norte de Chile: Potenciales fuentes de litio (CEPAL, 2010).

## 2.2 Geología regional y estructural

El sector occidental de la cadena volcánica del Cenozoico superior, en el cual está presente el área de interés, corresponde a una franja variable entre 45 y 75 km de ancho, donde se distinguen más de 100 centros volcánicos que incluyen desde grandes calderas hasta pequeños conos piroclásticos y domos de composiciones andesítica, dacítica y andesítica-basáltica.

El basamento de la región tiene escasa distribución superficial, aflorando en el sector este del Salar de Las Parinas, siendo muy restringidos para conocer detalles de su edad de base. Corresponde a rocas de origen volcánico y plutónico del paleozoico superior y sin reconocimiento de unidades pertenecientes al mesozoico sobre este o bajo las unidades cenozoicas.

Las edades de estos centros volcánicos están comprendidas entre el Mioceno-Holoceno y, según la definición de Naranjo y Cornejo (1992) y Naranjo et al. (2013a, b), en base a los grados de erosión en conjunto con la litología, petrografía, geoquímica y radiometría, fueron divididos en diferentes complejos volcánicos.

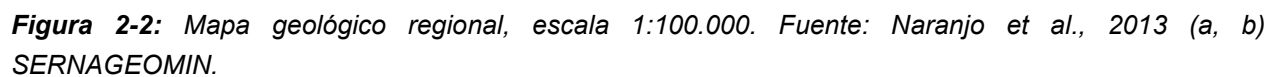
Las ignimbritas de la zona en estudio tienen composiciones andesíticas, dacíticas y riolíticas con texturas vitroclásticas y eutaxíticas. Sus afloramientos están estrechamente relacionados a sus fuentes de emisión, algunas con extensiones mucho mayores a los límites del área de estudio, y en gran parte cubiertas por unidades volcánicas más jóvenes o que sufrieron procesos erosivos. Abarcan desde el Mioceno inferior al Pleistoceno.

Durante el Cenozoico Superior, se formaron depósitos sedimentarios no consolidados a partir de la denudación de las unidades de rocas formadas desde el Mioceno inferior. Dentro de estas formaciones no consolidadas se encuentran las Gravas de Atacama, la cual se encuentra por toda la extensión del arco Volcánico Cenozoico Superior.

La geología regional se basa en los trabajos realizados por Naranjo et al., 2013 en las cartas geológicas de las Áreas Salar de Pajonal y Cerro Morro y de las Áreas Salar de Aguilar y Portezuelo de León Muerto (Figura 2-2).

Cabe mencionar que, en el informe Reporte Geología (Amphos 21, 2024a), en el marco del estudio “Medida H-04: Investigación sobre Nuevas Fuentes de Agua en Cuencas de Salares La Isla, Aguilar, Gorbea y Las Parinas” se entrega el detalle de las unidades geológicas a nivel regional.

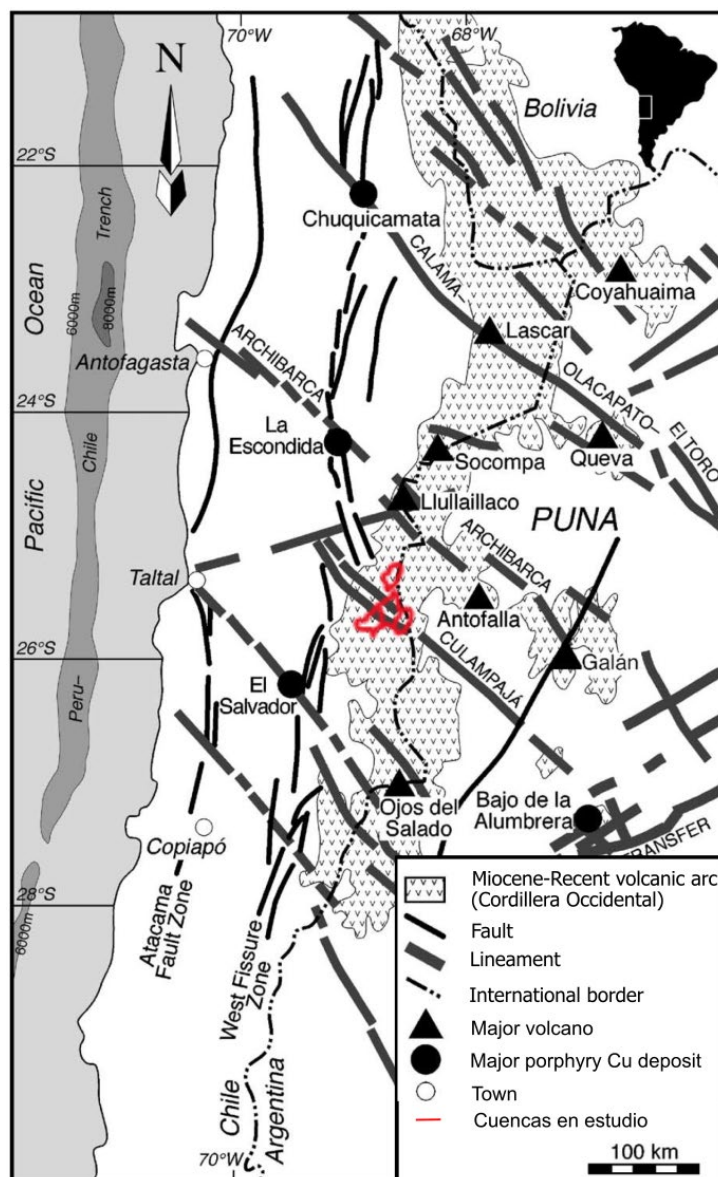




### 2.2.1 Geología estructural

El Altiplano-Puna es una región que se caracteriza por múltiples sistemas de fallas de orientación N-S y NNO (Figura 2-3), profundos y de carácter translitosféricos que los relacionan directamente con el alzamiento del plateau altiplánico. Estos sistemas favorecieron la reactivación periódica acompañada de eventos tectónicos-magmáticos. De acuerdo con estos sistemas regionales se pueden identificar diferentes dominios morfoestructurales, destacando en el área de interés dos dominios.

- El dominio occidental, que comprende la Cordillera de Domeyko y está caracterizado por la presencia de gravas y conglomerados de piedemonte, producto de la erosión de los depósitos paleozoicos alzados. Este dominio se forma a partir de la inversión de un orógeno de elongación N-S sometido a un acortamiento E-O, controlado por fallas extensionales del mesozoico invertidas de rumbo NNE-SSO.
- El dominio oriental, se caracteriza por estar cubierto, e incluye, el arco volcánico cenozoico, el cual se generó a partir de cámaras magmáticas y conductos formados en espacios estructurales conjugados en relación con las estructuras inversas compresivas.

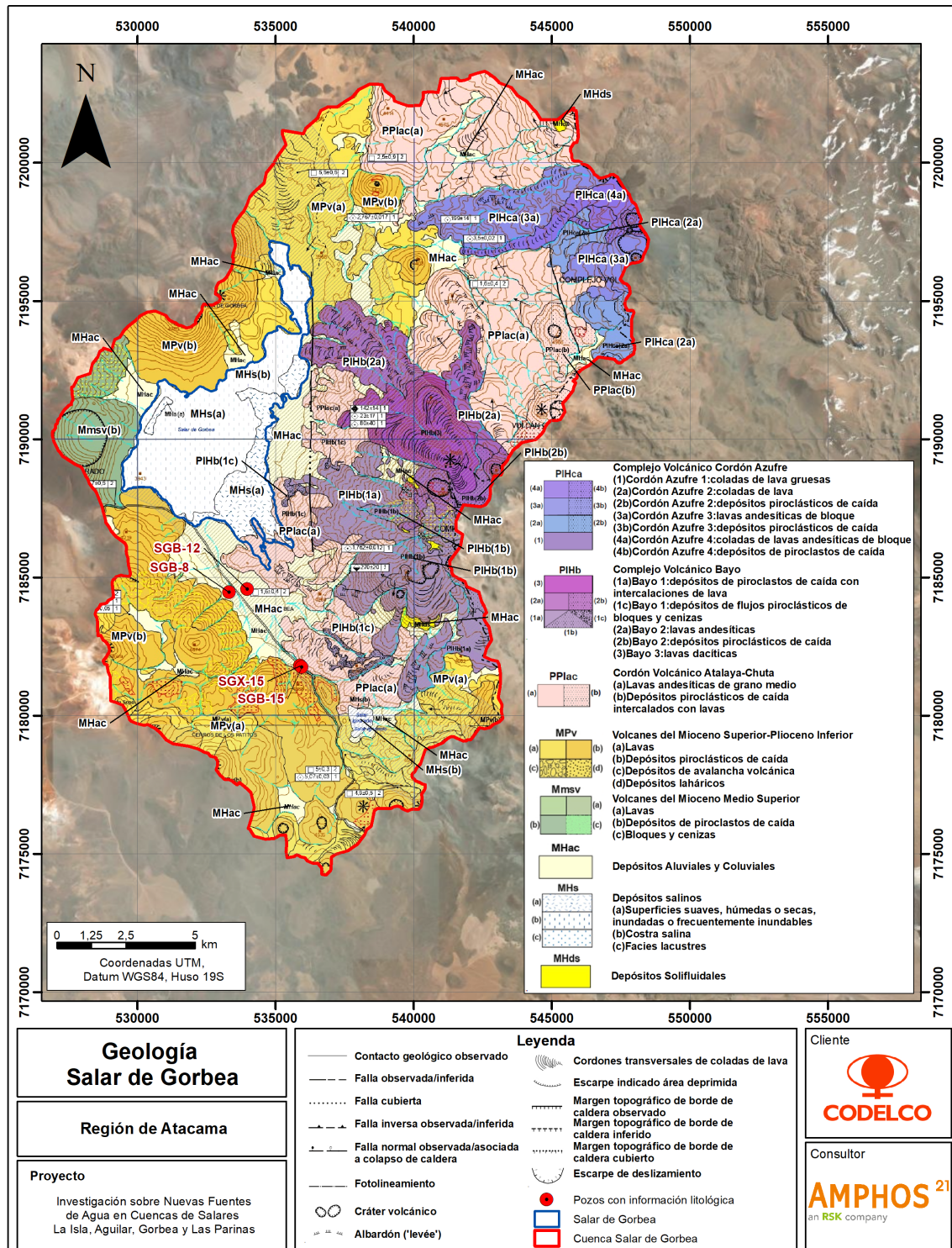


**Figura 2-3:** Principales fallas y lineamientos a escala regional Chile-Argentina. Fuente: Extraído y modificado de Chernicoff et al., 2002.

## 2.3 Geología local

La cuenca Salar de Gorbea se ubica entre los 7.203.271 m – 7.174.181 m Norte, y 542.386 m – 536.815 m Este. Presenta una altitud media aproximada de 4.450 m s.n.m. y ocupa una superficie de aproximadamente 364 km<sup>2</sup>.





**Figura 2-4.** Mapa geológico de la cuenca Salar de Gorbea basado en la carta geológica Áreas Salar de Pajonales y Cerro Moño de Naranjo et al., 2013b.

La geología de esta cuenca, de acuerdo con la Figura 2-4, se detalla a continuación:

### **2.3.1 Depósitos y rocas estratificadas**

#### **Mmsv, Volcanes del Mioceno Medio a Superior**

Estratovolcanes compuestos de grandes dimensiones, mediana a débilmente erosionados. Presentan ocasionalmente calderas de avalancha y domos. Contiene lavas de composición andesítica, andesíticas basálticas y escasamente dacíticas, lava-domos andesítico-dacítico y depósitos de piroclastos de caída con intercalaciones de lavas.

Se encuentran en el extremo oeste de la cuenca y están emplazadas bajo las unidades volcánicas de mioceno-plioceno y los depósitos aluviales y coluviales.

#### **MPv, Volcanes del Mioceno Superior-Plioceno Inferior**

Son estratovolcanes y conos de escorias de pequeñas dimensiones, con niveles bajos de erosión. Se componen de lavas porfídicas, andesitas de piroxenos y dacitas de piroxeno y biotita, en ocasiones andesitas basálticas de olivino y piroxeno, depósitos piroclásticos de caída de color amarillo a blanquecino y negro, rojos y pardos.

Se encuentran en los alrededores cercanos del salar, rodeándolo prácticamente en su totalidad. Los Volcanes del Mioceno Medio a Superior lo subyacen en contacto concordante y los sobreyace el Complejo Volcánico Atalaya-Chuta y los depósitos aluviales y coluviales.

#### **PPlac, Cordón Volcánico Atalaya-Chuta (Plioceno superior-Pleistoceno inferior)**

Cordón montañoso de orientación N-S, compuesto de lavas andesíticas porfíricas de grano medio y estructuras bien preservadas.

Se encuentra al este del salar abarcando una superficie que comienza en las cercanías del Volcán Lastarria y se extiende hacia el sur a la zona de los salares Las Parinas y La Isla. Sobreyacen en contacto concordante a los Volcanes del Mioceno Superior-Plioceno Inferior e infrayacen discordantemente los depósitos aluviales y coluviales del Mioceno-Holoceno.

**PIHb, Complejo Volcánico Bayo (Pleistoceno-Holoceno)**

Complejo de volcanes NNE con estructuras asociadas a lavas bien preservadas, se conforma de bloques dacíticos con bandas de flujo, depósitos de piroclastos de caída, intercalaciones de lava, depósitos de flujos piroclásticos de bloques y cenizas, lavas andesíticas de clinopiroxeno, depósitos piroclásticos de caída pardos a gris claro y lavas dacíticas tipo 'couleé' riodacíticas de biotita, anfíbol y piroxeno con tonos grises.

Se encuentran al este del salar de Gorbea, sobreyace concordantemente al Cordón Volcánico Atalaya-Chuta y discordantemente a los Volcanes del Mioceno superior-Plioceno inferior.

**PIHca, Complejo Volcánico Cordón Azufre (Pleistoceno-Holoceno)**

Cadena de volcanes N-S con lavas y conos piroclásticos bien preservados. Compuestos de coladas de lavas gruesas de color gris claro a gris oscuro, intercalaciones de coladas de lava y depósitos piroclásticos de caída, lavas de bloque andesíticas porfídicas de color gris con bandas de flujos y depósitos piroclásticos que forman mantos de color gris oscuro y coladas de lava andesíticas irregulares de color gris oscuro con depósitos de piroclastos de caída gris oscuros.

Se encuentran en el sector NNE del salar de Gorbea e inmediatamente al sur del Volcán Atalaya y al norte del Volcán Chuta. Esta unidad se encuentra localmente sobreyaciendo en contacto concordante el Complejo Volcánico Atalaya-Chuta.

**2.3.2 Depósitos no consolidados****MHds, Depósitos Solifluidales (Mioceno medio-Holoceno)**

Depósitos asociados a procesos de solifluxión que forman cordones sinuosos y lóbulos métricos que se han desarrollado principalmente sobre depósitos piroclásticos de caída y aluviales-coluviales.

Se distribuyen principalmente hacia el sureste de la cuenca y se emplazan sobre las unidades del Mioceno medio hasta Holoceno.

**MHac, Depósitos Aluviales y Coluviales (Mioceno-Holoceno)**

Corresponden a bloques, gravas, arenas y materiales finos, ocasionalmente cenizas arcillas y sales. Generalmente no tienen estratificación, a excepción de los sedimentos finos. Los depósitos aluviales son de carácter polimícticos y de mala selección y los coluviales monomícticos y angulosos. Se distribuyen por toda el área de la cuenca y sobreyacen a la mayoría de las unidades.

### **MHs, Depósitos Salinos (Mioceno-Holoceno)**

Son depósitos de sales y sedimentos finos, ubicados en la parte central de la cuenca, y se distribuyen en dirección NE-SO. Naranjo et al. (2013) reconoce tres facies texturales superficiales de los depósitos salinos:

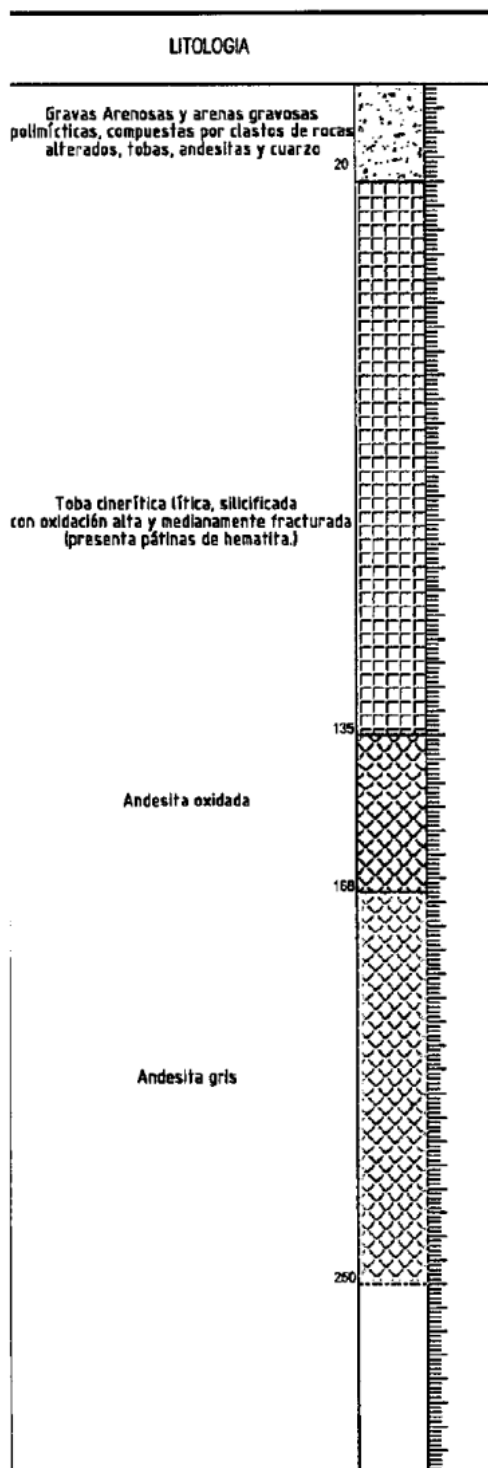
- (a) Superficies suaves, húmedas o secas, inundadas o frecuentemente inundables, compuestas por halita y otros minerales provenientes de las costras salinas adyacentes en períodos de inundación, los que luego son depositados y forman una superficie suave. Las áreas frecuentemente inundables se producen en general, por elevación del nivel freático y muestra un predominio de cloruros (halita) sobre precipitados de sulfatos.
- (b) Costra salina, compuestas principalmente de halita, observadas de color oscuro en imágenes satelitales, generalmente presenta una superficie rugosa con abundantes cavidades, facilitando la circulación de fluidos o la ocurrencia de lagunas de salmuera.
- (c) Facies lacustres, compuestas por intercalación de sedimentos acumulados en el fondo de antiguas lagunas de salmuera y en sectores costeros de las lagunas actuales.

#### **2.3.3 Columnas litológicas**

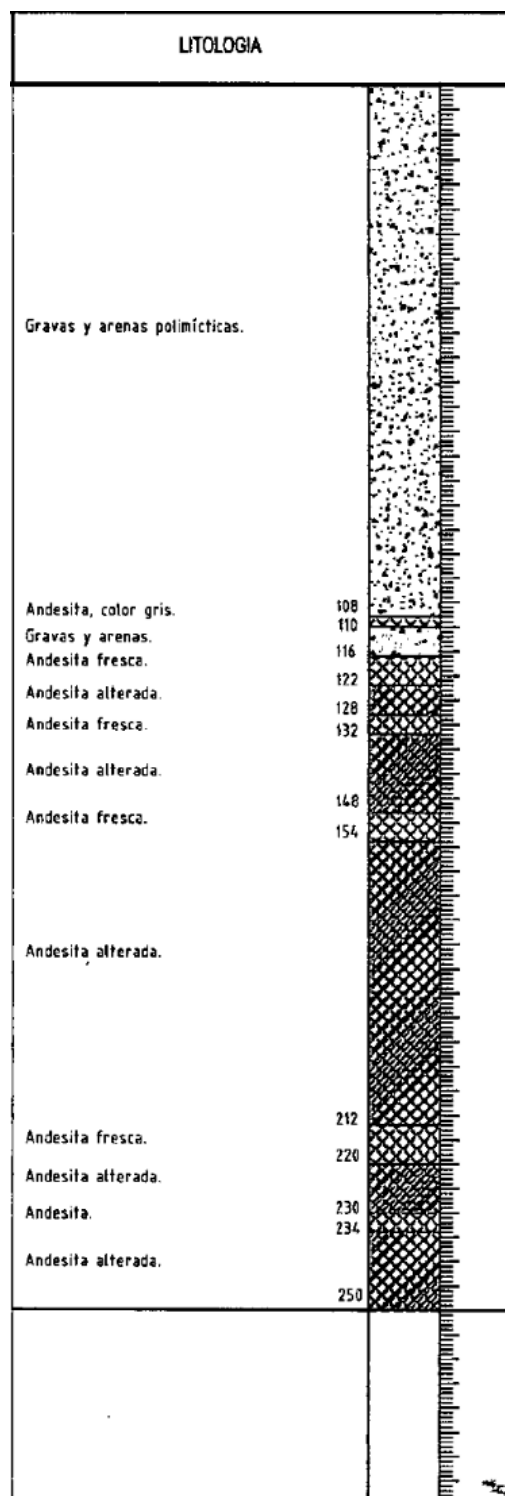
Los pozos localizados en la cuenca Salar de Gorbea se sitúan sobre los depósitos aluviales y coluviales, ubicados al sur de la cuenca (sin interceptar al salar) (ver Figura 2-4).

En general, los primeros metros de estratigrafía indica un relleno sedimentario no consolidado compuesto principalmente por gravas, cuyo espesor es de 20 m en el pozo SGX-15 (Figura 2-5) ubicado al sur de la cuenca, y aumenta hacia el sector norte alcanzando una potencia de 108 m en el pozo SGB-12 (Figura 2-6).

Bajo el relleno sedimentario, en los pozos SGB-15 (Figura 2-7) y SGX-15 se identificó una capa de tobas alteradas que presenta un espesor de 115 m, mientras que, hacia el sector norte, en los pozos SGB-12 y SGB-8 (Figura 2-8) se identifica una andesita con diferentes grados de alteración y mayor potencia. Por último, a partir de los 130 m y 170 m de profundidad en el sector sur y norte, respectivamente, se reconoce andesita sin alteración, a excepción del sondaje SGB-12.

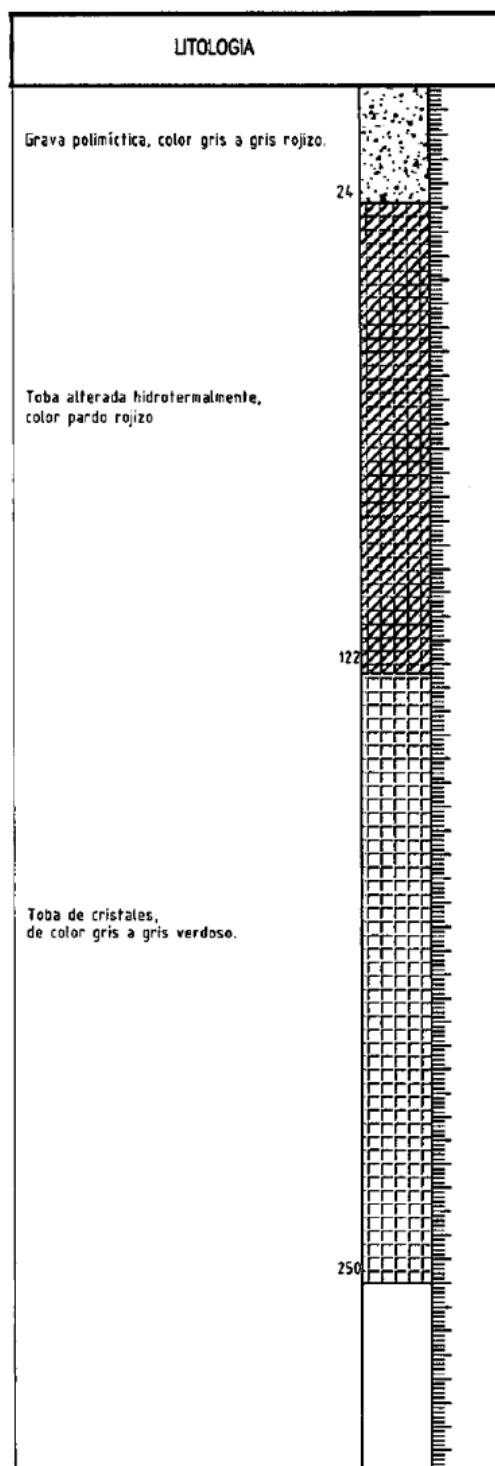


**Figura 2-5:** Columna litológica sondeo SGX-15 (sin información de elevación). Fuente: AMX de Chile, 2003.

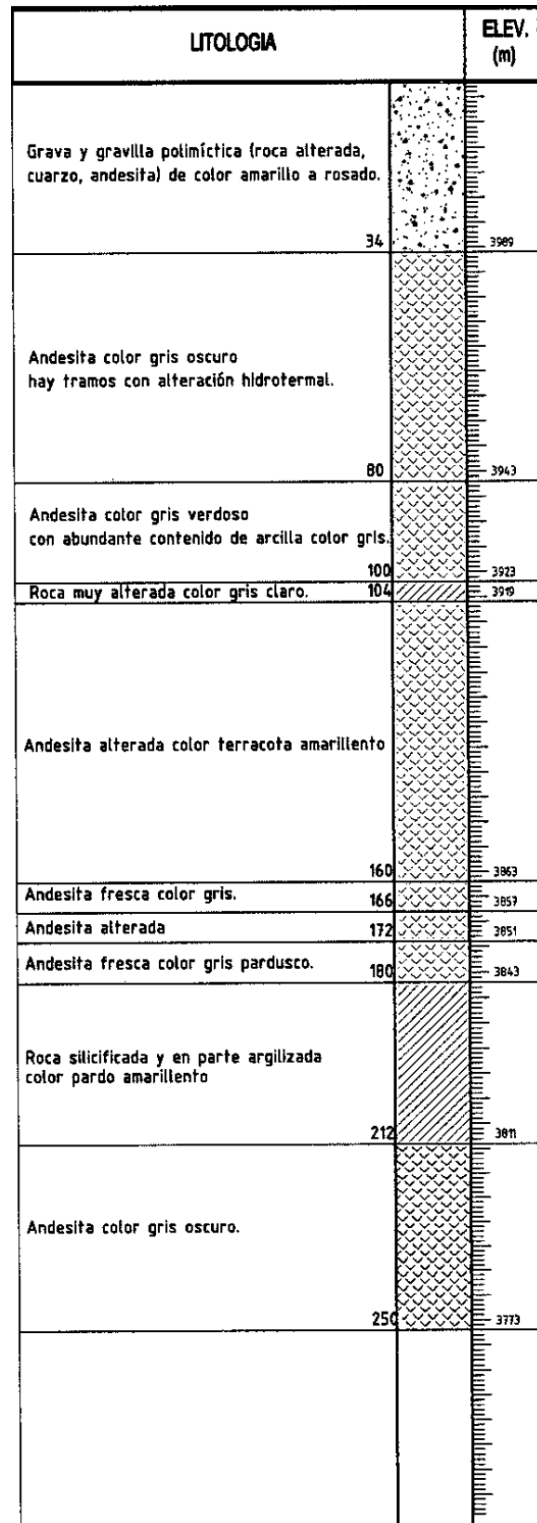


**Figura 2-6:** Columna litológica sondeo SGB-12 (sin información de elevación). Fuente: AMX de Chile, 2003.





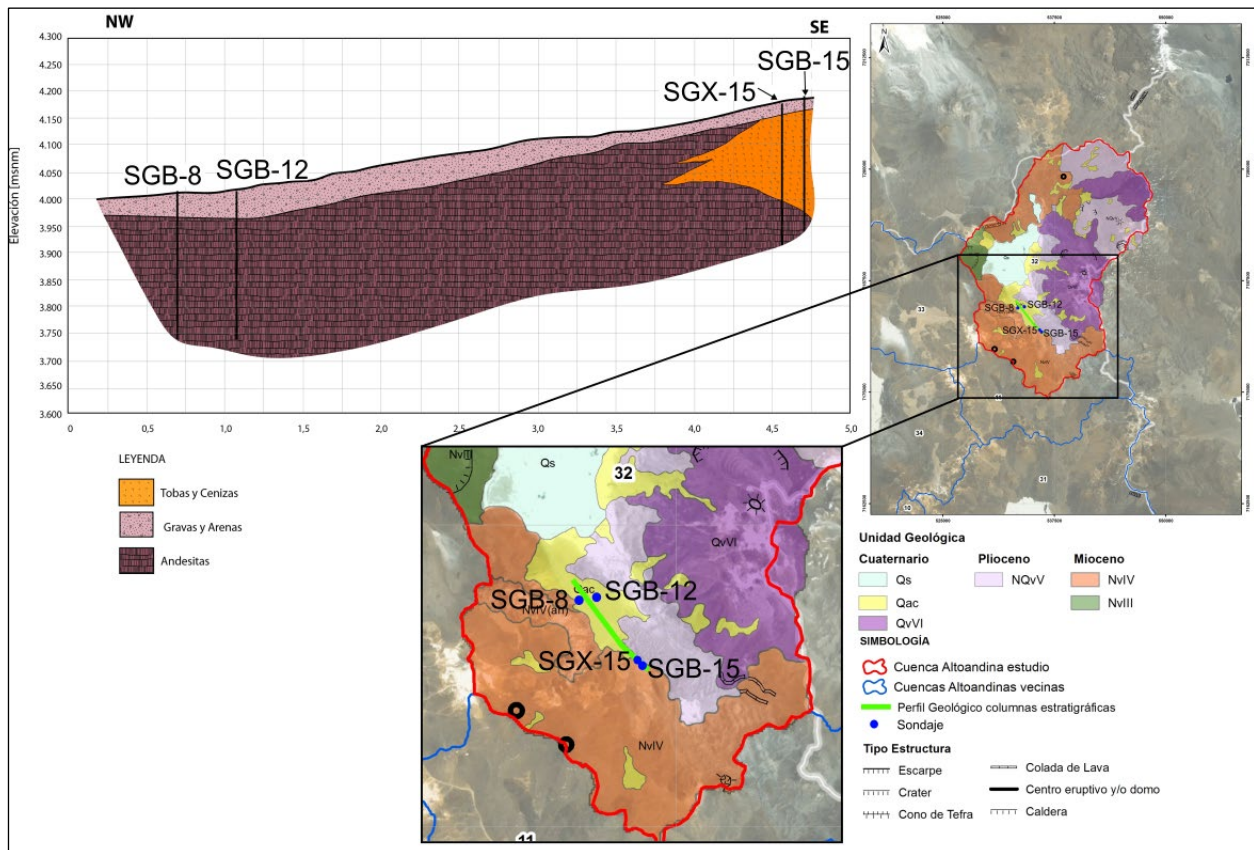
**Figura 2-7:** Columna litológica sondaje SGB-15 (sin información de elevación). Fuente: AMX de Chile, 2003.



**Figura 2-8:** Columna litológica sondaje SGB-8. Fuente: AMX de Chile, 2002.

En la Figura 2-9 se presenta un perfil esquemático de las unidades geológicas y cuya orientación es NO-SE, el cual fue construido en base a la información procedente de las columnas litológicas.

El perfil muestra en los primeros metros, una capa constituida de gravas y arenas representativas de la unidad MHac, la cual sobreyace a la unidad de andesitas que, debido a su ubicación, podría pertenecer a las unidades MPv y/o PPlac<sup>1</sup>. En el sector SE del perfil, se identifica un lente de tobas y cenizas, emplazado entre las gravas y arenas superficiales, y las andesitas.



**Figura 2-9:** Perfil geológico Salar de Gorbea. Fuente: Modificado de Amphos 21, 2016.

<sup>1</sup> Las unidades geológicas descritas como MHac, PPlac y MPv (Naranjo et al., 2013b) equivalen a las unidades geológicas Qac, NQvV y NvIV del estudio Amphos 21 (2016), respectivamente.

## 2.4 Geofísica

El levantamiento de perfiles TEM permite caracterizar la resistividad de unidades litológicas, la cual se ve afectada por el grado de fracturación, alteración y tipo de fluido que contienen las rocas y/o sedimentos, elementos que se han tenido en consideración al momento de interpretar los resultados. Cabe señalar que, los perfiles TEM generan una menor resolución a mayor profundidad, generando información confiable hasta los 200 m aproximadamente.

La construcción de la geometría del acuífero ha considerado tres perfiles TEM realizados por Subterránea en el año 2023, presentados en Figura 2-10 (SG-01), Figura 2-11 (SG-2) y Figura 2-12 (SG-3). En dichos perfiles se han diferenciado unidades geoelectricas representativas de algunas de las unidades litológicas que conforman el área de estudio, estas son descritas a continuación:

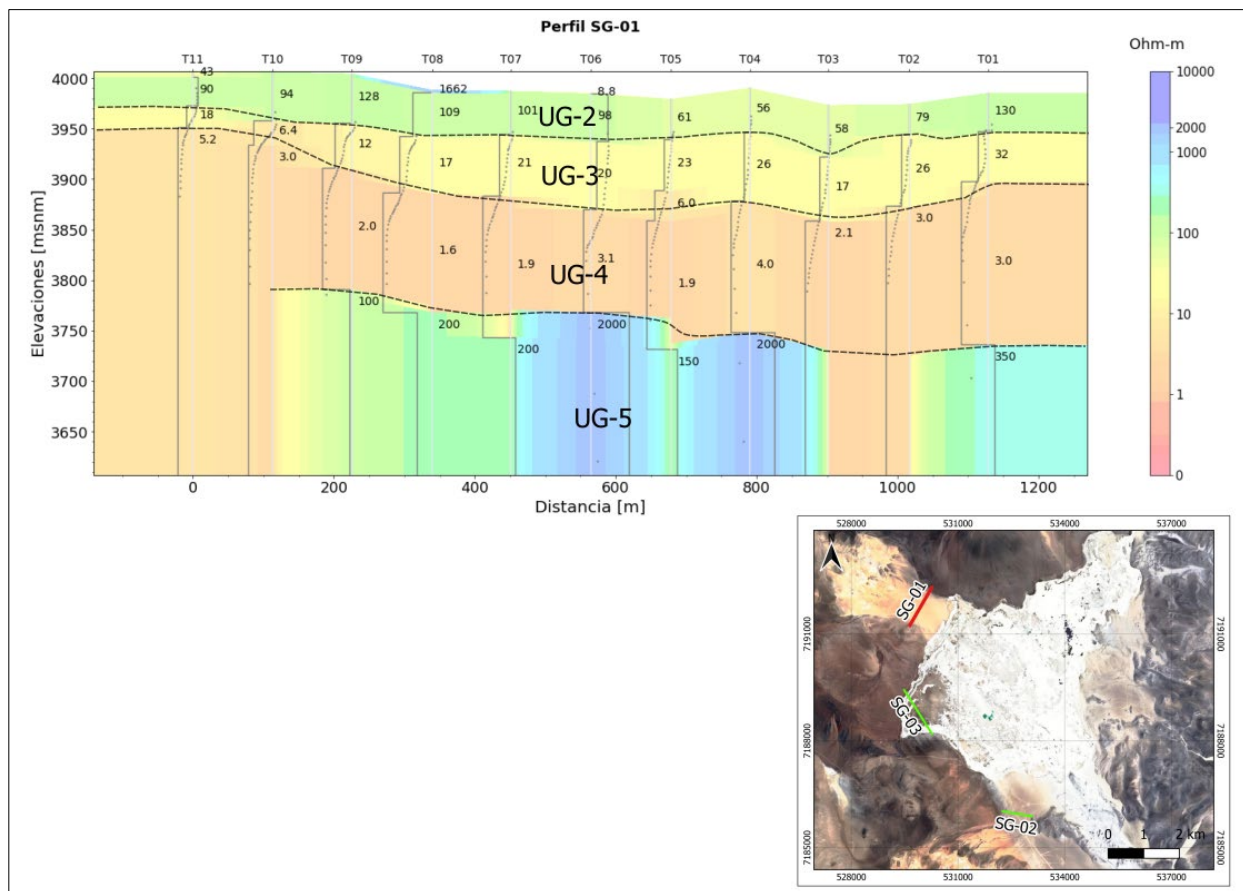
- Unidad geoelectrica 1 (UG-1): Se identifica en los primeros metros del perfil SG-03 (Figura 2-12) ubicado en el límite oeste del salar de Gorbea, con resistividades inferiores a 2 Ohm-m, y presenta un espesor entre 5 a 30 m.

De acuerdo con los perfiles TEM analizados por Amphos 21 en salares ubicados en las cuencas Alto – Andinas y cuenca Salar de Atacama (Amphos 21, 2018), se ha observado que dichos valores de resistividad suelen indicar sectores con salmuera presente en la costra de halita superior o sedimentos finos saturados en salmuera (limos y/o arcillas). Los últimos, también pueden ser encontrados bajo una capa de evaporitas y sobre el basamento rocoso, separado por un nivel de roca fracturada que actúa como zona de transición o buffer.

- Unidad geoelectrica 2 (UG-2): En los primeros metros de los perfiles SG-01 (Figura 2-10) y SG-02 (Figura 2-11) se reconoce una capa de espesor variable entre 30 y 50 m, con resistividades entre 50 y 300 Ohm-m. De igual forma, esta unidad subyace a la UG-1 en el perfil SG-03 (Figura 2-12), donde alcanza un espesor aproximado de 500 m. La UG-2 se correlaciona con la información litológica de los sondeos SGB-12 y SGB-8, los cuales evidencian la presencia de grava en los primeros metros de la perforación, dado lo anterior, esta unidad geoelectrica se interpreta como un depósito aluvial no saturado.
- Unidad geoelectrica 3 (UG-3): Subyace a la UG-2 con resistividades entre 12 y 30 Ohm-m y se identifica en los perfiles SG-01 (Figura 2-10) y SG-02 (Figura 2-11) donde se reconoce con un espesor de 20 y 60 m aproximadamente en el límite oeste del salar (perfil SG-01), mientras que al sur (perfil SG-02), el espesor varía entre 40 y 90 m. Se interpreta como depósitos no consolidados constituidos de gravas, arenas y limos de

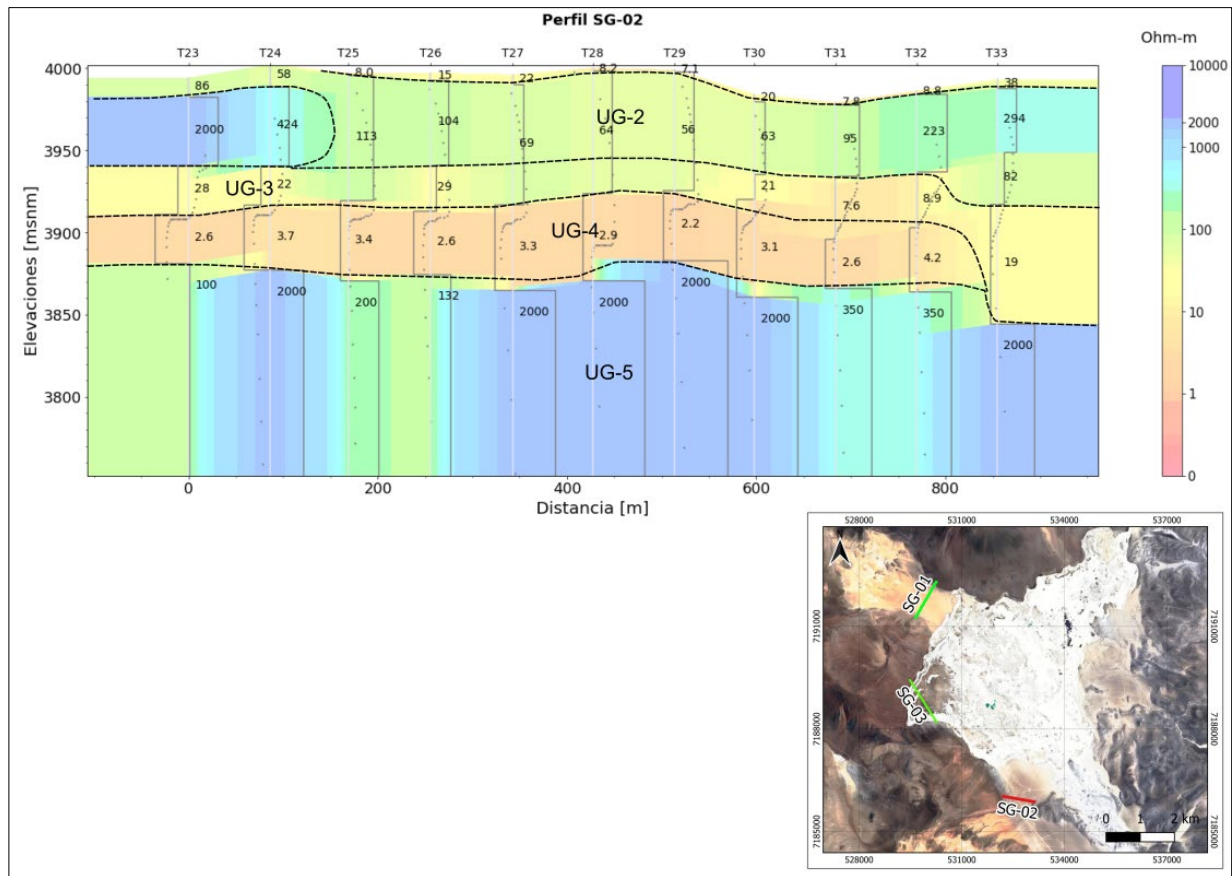
origen aluvial y coluvial o bien, rocas fracturadas, en ambos casos esta unidad geoelectrica se encuentra saturada en agua dulce a salobre.

- Unidad geoelectrica 4 (UG-4): Esta unidad se encuentra subyaciendo a la UG-3 con resistividades entre 2 y 5 Ohm-m. En general, se observa como una capa continua en los perfiles SG-01 (Figura 2-10) y SG-02 (Figura 2-11) y espesores variables entre 100 a 170 m y 40 m, respectivamente, la cual se correlaciona con tobas y andesitas alteradas, que han sido identificadas en los sondeos SGB-12 y SGB-8, mientras que en el perfil SG-03 se observa una parte de la capa, que no genera continuidad a lo largo del perfil (Figura 2-12). Por lo tanto, debido a su baja resistividad y ubicación, se interpreta como roca volcánica fracturada o porosa saturada en salmuera.
- Unidad geoelectrica 5 (UG-5): Esta unidad se ha reconocido en profundidad en todos los perfiles y se caracteriza por presentar una capa de alta resistividad (cercana a los 2.000 Ohm-m), la cual se correlaciona con tobas y andesitas, que han sido identificadas en los sondeos SGB-8, SGB-15 y SGX-15, por lo que la UG-5 se interpreta como roca.

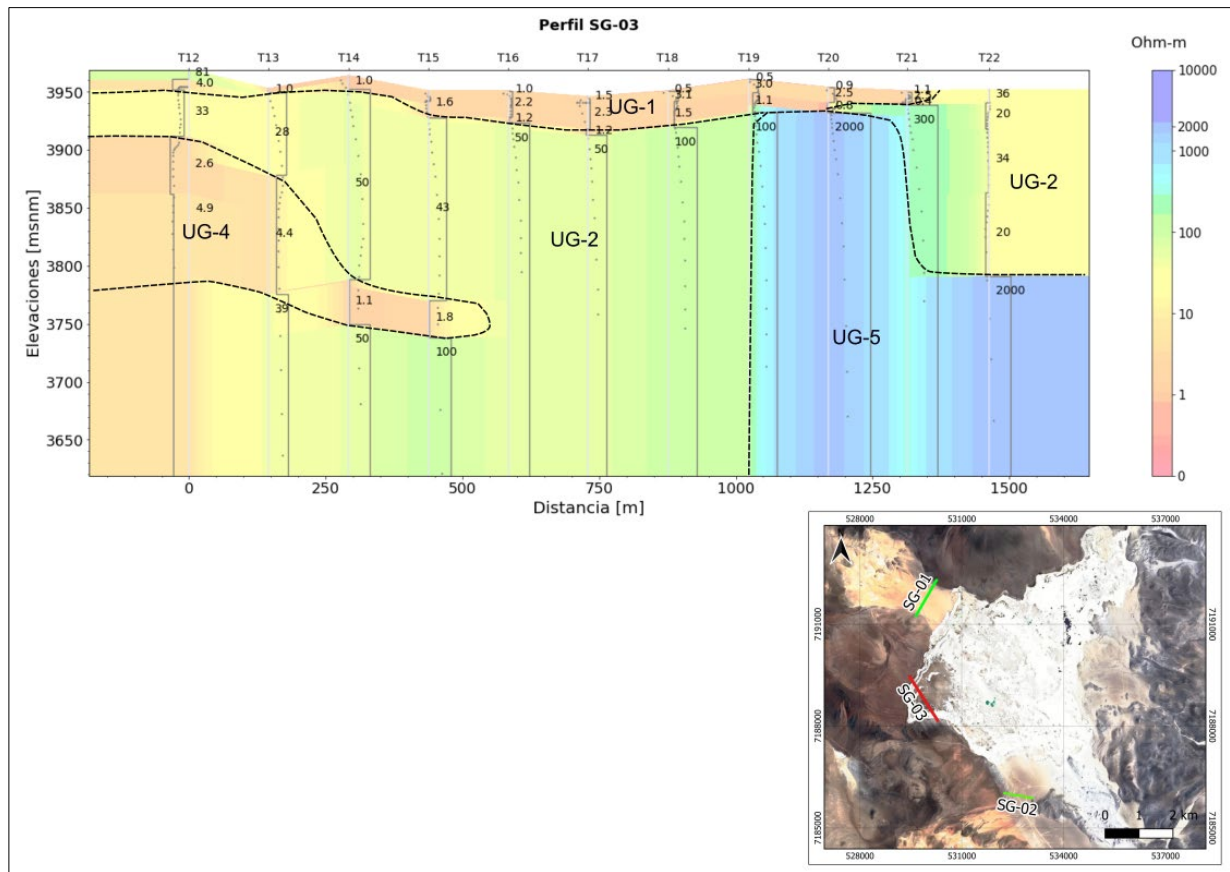


**Figura 2-10:** Perfil SG-01 TEM. Fuente: Modificado de Subterránea, 2023.





**Figura 2-11:** Perfil SG-02 TEM. Fuente: Modificado de Subterránea, 2023.



**Figura 2-12:** Perfil SG-03 TEM. Fuente: Modificado de Subterránea, 2023.

### 3 Construcción geometría del acuífero

#### 3.1 Parámetros hidráulicos

Durante el periodo 2002 y 2003, la empresa AMX ejecutó tres pruebas de bombeo en los pozos SGB-8, SGB-12 y SGB-15.

En base a los antecedentes de AMX (2002), el pozo SGB-8 intercepta a un acuífero saturado, asociado a niveles andesíticos, entre los 32 y 50 m de profundidad, sin evidenciar una contribución relevante al bombeo efectuado. Los acuíferos saturados que aportan agua durante el bombeo se encuentran en los niveles que presentan permeabilidad secundaria en los depósitos andesíticos, estos se ubican entre los 106-138 m, 147-168 m, 181-210 m y presentan un carácter semiconfinado a confinado. Cabe señalar que para flujos en rocas fracturadas el método que presenta un ajuste adecuado para estimar los valores de parámetros hidráulicos corresponde al método de Moench, de esta forma se concluye que la transmisividad del acuífero es de 350 m<sup>2</sup>/d, mientras que el coeficiente de almacenamiento es del orden de 10<sup>-4</sup> para corto plazo y 10<sup>-3</sup> para largo plazo.

Por su parte, en el pozo SGB-12 se identifica un acuífero superficial en gravas, de bajo flujo y escasa importancia productiva. Además, se reconocen acuíferos alojados en roca con permeabilidad secundaria y con mejores condiciones de flujo y porosidad, ubicados aproximadamente entre 143-152 m y 169-209 m. El análisis de las pruebas de bombeo con los métodos Cooper & Jacob y Theis, señalan una transmisividad del acuífero de 200 m<sup>2</sup>/d y coeficiente de almacenamiento del orden de 10<sup>-4</sup> para corto plazo y 10<sup>-3</sup> para largo plazo (AMX, 2003).

En cuanto al pozo SGB-15, este intercepta a un acuífero saturado ubicado en el techo de los niveles volcánicos, entre 32 y 50 m de profundidad, que no influiría en el bombeo. El flujo principal proviene de niveles más profundos en depósitos de tobas, ubicados entre 106-138 m, 147-168 m y 181-210 m, cuyo acuífero se caracteriza por permeabilidad secundaria y comportamiento semiconfinado a confinado. Los resultados de los ensayos fueron interpretados a partir del método de Moench y complementado con los métodos de Theis y Cooper-Jacob, concluyendo que la transmisividad es del orden de 300 m<sup>2</sup>/d, y el coeficiente de almacenamiento del orden de 10<sup>-4</sup> para corto plazo y 10<sup>-3</sup> para largo plazo (AMX, 2003).

En la Tabla 3-1 se presenta un resumen con el número de ensayo, tipo de pozo, unidad litológica interceptada y los valores obtenidos en las pruebas hidráulicas.

**Tabla 3-1:** Resumen valores de los parámetros hidráulicos en la cuenca Salar de Gorbea. Fuente: AMX (2002) y AMX (2003).

| N° de ensayo | Pozo   | Tipo de punto | Unidad litológica                 | Conductividad hidráulica (m/d) | Transmisividad (m <sup>2</sup> /d) | Coefficiente de almacenamiento                | Método                         |
|--------------|--------|---------------|-----------------------------------|--------------------------------|------------------------------------|-----------------------------------------------|--------------------------------|
| 1            | SGB-8  | Bombeo        | Depósitos andesíticos fracturados | 1,71                           | 350                                | N/A                                           | Promedio T                     |
|              | AX-8   | Observación   | Depósitos andesíticos fracturados | 1,71                           | 343                                | $3,43 \times 10^{-4}$                         | Moench                         |
|              | AB-8   | Observación   | Depósitos andesíticos fracturados | 1,71                           | 343                                | $3,43 \times 10^{-3}$                         | Moench                         |
| 2            | SGB-12 | Bombeo        | Roca fracturada                   | 0,563 – 0,687                  | 200                                | $4,29 \times 10^{-3}$ a $1,46 \times 10^{-4}$ | Theis and Cooper - Jacob       |
| 3            | SGB-15 | Bombeo        | Depósitos de toba fracturados     | 0,278                          | 83,4                               | N/A                                           | Theis - Jacob                  |
|              | SGX-15 | Observación   | Depósitos de toba fracturados     | 0,813 – 2,38                   | 243                                | $1,2 \times 10^{-4}$ a $1,37 \times 10^{-5}$  | Moench, Theis and Cooper-Jacob |

### 3.2 Unidades Hidrogeológicas

La definición y caracterización de las unidades hidrogeológicas<sup>2</sup> (UHs), se ha realizado considerando los siguientes elementos:

- Geología superficial, reportada mediante cartas geológicas de la cuenca.
- Litología identificada en los sondeos disponibles.
- Interpretación de los perfiles geofísicos.
- Parámetros hidráulicos de pozos ubicados sobre la unidad aluvial.

Cabe señalar que, a pesar de contar con sondeos en el área de estudio, estos se sitúan sobre la unidad de depósitos aluviales y coluviales (MHac), a más de 3 km al sur del Salar de Gorbea, por lo que no lo intercepta directamente. Adicionalmente, la mayoría de los perfiles geofísicos disponibles se encuentran en el margen del salar, sobre la unidad de depósitos aluviales y coluviales, exceptuando el perfil SG-03, emplazado sobre la unidad de depósitos salinos (MHs). Por lo tanto, la información disponible ha sido complementada con referencias bibliográficas, así como también, antecedentes de terceros obtenidos de salares ubicados en el entorno.

A partir de la información disponible, se han inferido cuatro unidades hidrogeológicas en el área de estudio, cuya distribución y características varían en función de la litología predominante esperada.

---

<sup>2</sup> Estas unidades hidrogeológicas podrán ser actualizadas una vez se realicen los sondeos hidrogeológicos considerados dentro de los compromisos establecidos.

### 3.2.1 Unidad Hidrogeológica 1 (UH-1)

La UH-1 está representada por las capas más superficiales, incluyendo las evaporitas del núcleo del salar y marginales que conforman el Salar de Gorbea y se correlaciona con los depósitos salinos (MHs) del Mioceno-Holoceno.

En base a la información del perfil TEM SG-03, se identifica una capa con presencia de sales, en el extremo oeste del salar, con resistividades menores a 2 Ohm-m y espesor variable entre 10 y 30 m aproximadamente, consistente con la UG-1.

Estudios previos realizados en el salar de Atacama (Amphos 21, 2018), en el cual se ejecutaron tres pruebas de bombeo en un pozo perforado en la unidad de aluviales y depósitos salinos, permitieron estimar un rango de conductividad hidráulica entre 6 y 100 m/d para la UH-1.

### 3.2.2 Unidad Hidrogeológica 2 (UH-2)

La UH-2 corresponde predominantemente a depósitos aluviales y coluviales (MHac), y se compone principalmente de gravas. Sin embargo, no se descarta la presencia local de roca fracturada con distintos grados de alteración. La superficie de esta unidad se ha reconocido en la carta geológica, cubriendo quebradas y zonas marginales del salar, y también en los primeros metros de cuatros sondajes (SGX-15, SGB-15, SGB-12 y SGB-8) situados sobre la unidad MHac, al sur del salar. De esta forma, la UH-2 aflora en superficie colindando con el margen del salar, mientras que en el núcleo salino se dispone subyaciendo a la UH-1.

En base a la información de los perfiles TEM, la UH-2 se correlaciona con la UG-2 (50 – 300 Ohm-m) en sectores donde el depósito aluvial se encuentra seco. Por su parte, en profundidad esta unidad se asocia a la UG-3 (12 – 30 Ohm-m) la cual corresponde a zonas donde el depósito aluvial se encuentra saturado en agua salobre. Sin embargo, debido a la alteración que se ha identificado en la unidad geoeléctrica que le subyace (UG-4), la UH-2 podría estar constituida en parte por unidad de roca fracturada con alteración.

Adicionalmente, la UH-2, ha sido reconocida en pruebas de bombeo, particularmente en el pozo SGB-12, donde se identifica un acuífero alojado en gravas, y que presenta un bajo flujo y poca importancia productiva, por lo que no se obtienen valores de conductividad hidráulica (AMX, 2003). De acuerdo con información bibliográfica, se estima un rango de conductividad hidráulica entre 0,1 a 100 m/d (Custodio y Llamas, 1996), cuyos valores podrían acotarse en base a los próximos estudios.



### 3.2.3 Unidad Hidrogeológica 3 (UH-3)

La UH-3 corresponde a la secuencia de rocas volcánicas fracturadas, constituida por tobas y andesitas alteradas, las cuales se encuentran representadas por los depósitos y rocas estratificadas del Mioceno – Holoceno, ubicadas adyacentes a la cuenca (Mmsv, Mpv, PPlac, PIHb, y PIHca), y se emplazan subyaciendo a las unidades de depósitos no consolidados, representando una zona de transición al basamento.

Esta unidad se ha identificado en cuatro sondeos como andesita y/o toba con alteración. En los sondeos SGX-15 y SGB-15, la UH-3 se reconoce a partir de los 20 m de profundidad aproximadamente, mientras que en los sondeos SGB-8 y SGB-12 se registra desde los 34 m y 116 m de profundidad, respectivamente. Adicionalmente, se asocia con la UG-4, donde se identificaron resistividades entre 2 y 5 Ohm-m, señalando una roca volcánica fracturada o porosa saturada en salmuera.

En pruebas de bombeo realizadas por AMX (2002 y 2003) sobre la unidad de depósitos volcánicos en los pozos SGB-8, SGB-12 y SGB-15, se reconoce un acuífero de carácter semiconfinado a confinado controlado principalmente por permeabilidad secundaria. Este acuífero presenta buenas condiciones de flujo y porosidad, registrándose valores de conductividad hidráulica de 1,71 m/d (SGB-8), 0,278 m/d (SGB-15) y 2,38 m/d (SGX-15). A partir de dichos ensayos, y en conjunto con información bibliográfica se estima una conductividad hidráulica entre 0,01 a 2 m/d (Freeze and Cherry, 1979), los cuales podrían disminuir de acuerdo con los estudios considerados para el sector.

### 3.2.4 Unidad Hidrogeológica 4 (UH-4)

La UH-4 corresponde al basamento hidrogeológico de la cuenca y se encuentra subyaciendo al resto de las unidades hidrogeológicas. Esta unidad se identifica en tres sondeos (SGX-15, SGB-15 y SGB-8), y se compone principalmente de tobas y andesitas, representativas del conjunto volcánico Neógeno.

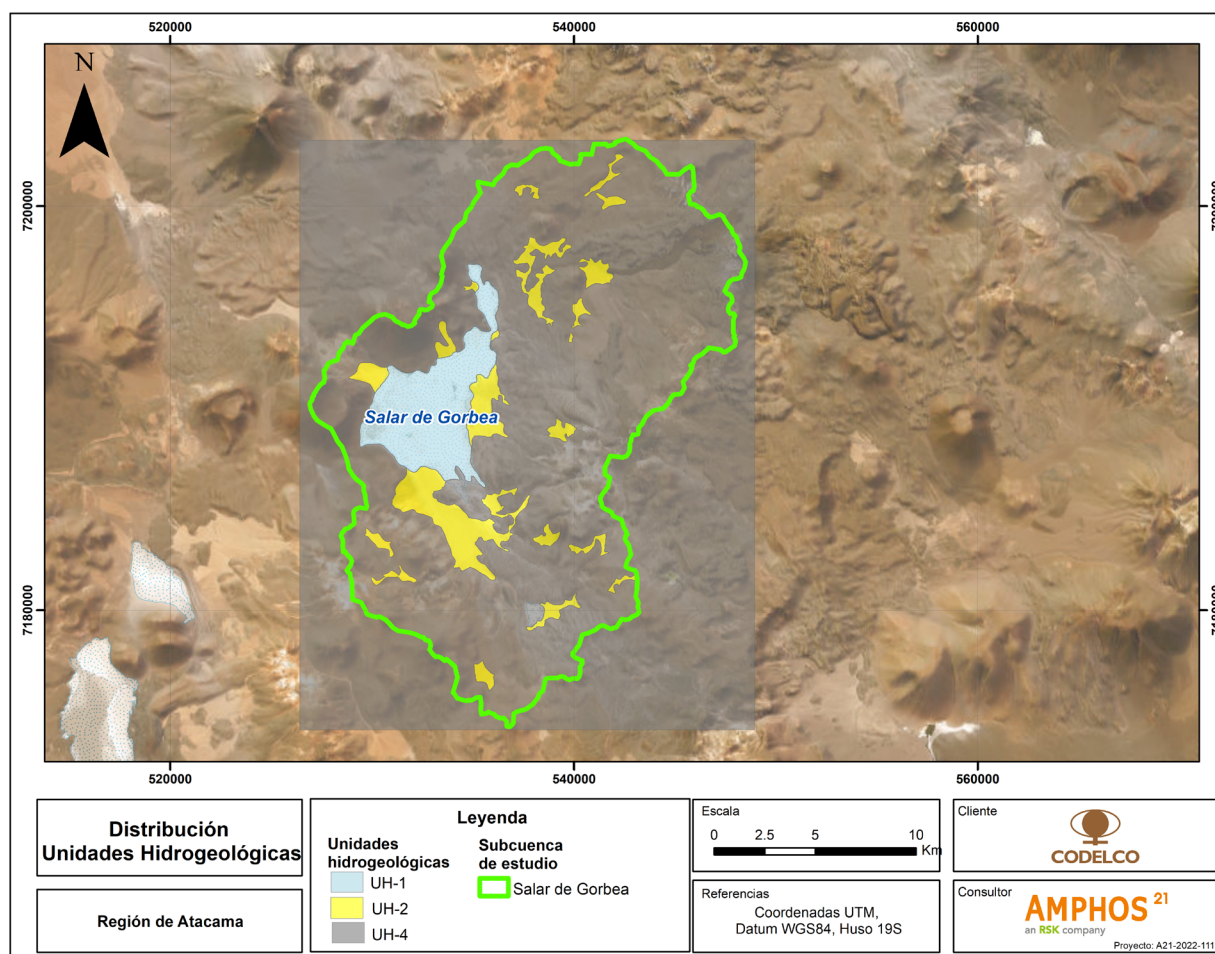
Su profundidad disminuye progresivamente hacia las zonas más distantes del salar hasta aflorar en los cordones montañosos. Se ha reconocido en los perfiles TEM con resistividades cercanas a los 2.000 Ohm-m. En términos hidrogeológicos, se trata de una unidad sin recurso de agua subterránea.

En la Tabla 3-2 se muestra un resumen de las unidades hidrogeológicas y los parámetros hidráulicos de la cuenca Salar de Gorbea.

**Tabla 3-2:** Resumen de unidades hidrogeológicas.

| Unidad Hidrogeológica | Litología principal                                                                  | Conductividad hidráulica (m/d) |
|-----------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|
| UH-1                  | Depósitos evaporíticos (costra salina) y relleno sedimentario con presencia de sales | 6 – 100                        |
| UH-2                  | Depósitos aluviales y coluviales                                                     | 0,1 – 100                      |
| UH-3                  | Secuencia de rocas volcánicas fracturadas                                            | 0,01 – 2                       |
| UH-4                  | Secuencia de rocas volcánicas                                                        | -                              |

La Figura 3-1 ilustra el mapa hidrogeológico en planta de la cuenca Salar de Gorbea.

**Figura 3-1:** Mapa hidrogeológico de la cuenca Salar de Gorbea. Fuente: Elaboración propia.

### 3.3 Geometría 3D

La geometría y distribución de las UHs en profundidad se definieron a partir de la información litológica de cuatro sondajes (SGB-15, SGX-15, SGB-12 y SGB-8) y, de manera complementaria, se incorporaron tres perfiles geofísicos TEM distribuidos en los bordes del salar (Subterránea, 2023). En superficie, se consideró la geología superficial de la cuenca Salar de Gorbea obtenida a partir de la carta geológica Salar de Pajonales y Cerro Moño, escala 1:100.000 (Naranjo et al., 2013).

Con dicha información se construyó un modelo 3D mediante el software Leapfrog Works, el cual se adjunta en el Anexo A, y cuyas unidades hidrogeológicas se exhiben en la Figura 3-2. Cabe destacar que todos los sondajes se encuentran ubicados fuera de los límites de la costra salina del salar.

El techo del basamento (UH-4) se ha construido en base a los siguientes elementos. En los sectores donde esta unidad aflora, su geometría se definió a partir de la geología superficial, constituida por rocas volcánicas. En profundidad se consideró la descripción estratigráfica de tres sondajes que evidencian el contacto entre la UH-4 y UH-3 (SGX-15, SGB-15 y SGB-8) y resistividades cercanas a los 2.000 Ohm-m. A partir de ello, y asumiendo la continuidad lateral de las unidades hidrogeológicas, el contacto entre dichas unidades se interpoló hacia el centro del salar. Lo anterior, permitió identificar el basamento desde los 122 m de profundidad (SGB-15), mientras que en el perfil SG-02 se identifica desde los 150 m aproximadamente.

En relación con el techo de la roca fracturada (UH-3), este se define a partir del contacto entre tobas y andesitas alteradas con las gravas (UH-2), identificado en los cuatro sondajes disponibles. En el entorno del salar, el sondaje SGX-15 registra un espesor de 115 m de toba fracturada mientras que en los sondajes SGB-8 y SGB-12 se reconoce un espesor aproximado de 135 m de andesita alterada, lo que evidencia un aumento del espesor de la UH-3 en dirección al salar. Complementariamente, la información obtenida a partir de los perfiles TEM indica que, en los sectores donde se registraron valores de resistividad en torno a 2 y 5 Ohm-m, la UH-3 alcanzaría un espesor de 40 m aproximadamente en el perfil SG-02 (margen sur del salar). Mientras que, en el margen noreste, el perfil SG-01 sugiere una potencia variable del orden de 100-170 m. En base a dichos antecedentes y en función de la configuración de las cuencas endorreicas, se estima que el espesor de la UH-3 debería aumentar hacia el interior del salar.

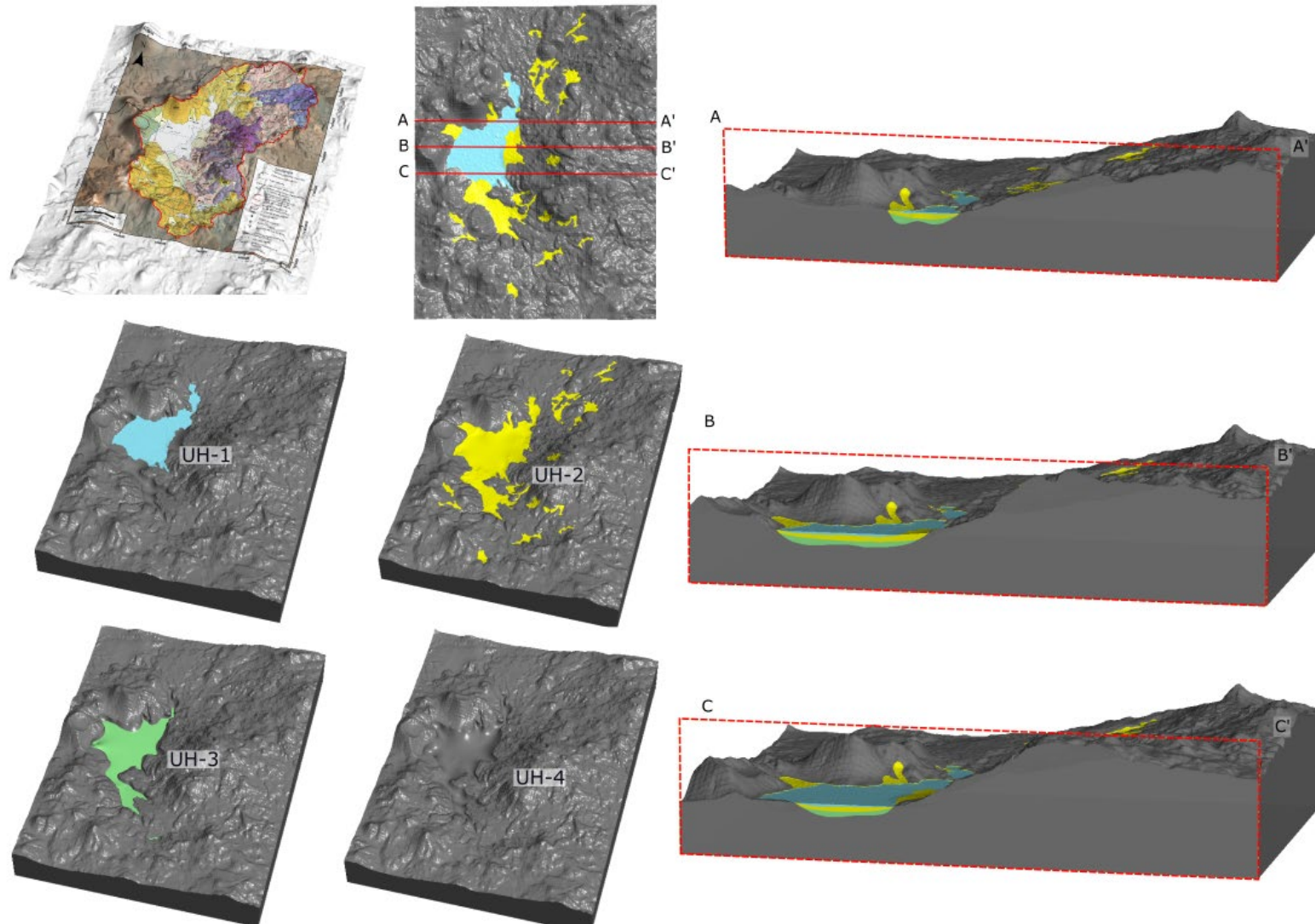
Por su parte, para la construcción de los depósitos no consolidados (UH-2) en superficie, se consideró lo establecido en la carta geológica, la cual identifica y delimita los afloramientos de los depósitos aluviales y coluviales ubicados al margen del salar y a los pies del cordón montañoso.

En profundidad, se contempló la información litológica de todos los sondeos disponibles, mediante el cual se identificó el contacto entre la UH-3 y UH-2. Adicionalmente, se incorporaron los perfiles TEM, sobre los cuales se trazaron polilíneas en subsuperficie. En particular, las zonas con resistividades entre 50 y 300 Ohm-m se asocia a un depósito seco, mientras que las zonas con resistividades entre 12 y 30 Ohm-m se asocia a un depósito saturado de agua salobre. En general, hacia el eje de las quebradas la UH-2 presenta un espesor de 116 m (SGB-12), el cual se acuña hacia los pies del cordón montañoso, alcanzando una profundidad de 24 m (SGB-15 y SGX-15).

Por último, la geometría de la UH-1 se construyó considerando el límite superficial de los depósitos salinos (PIHs) según lo indicado en la carta geológica. De acuerdo con lo observado en el perfil SG-03, distribuido en el margen oeste del salar, esta unidad varía entre 10 m a 30 m aproximadamente. Adicionalmente, y con la finalidad de conocer el espesor de la UH-1 hacia el interior del salar, se estimó la profundidad de esta unidad, en base a un criterio conservador. De esta forma, se modeló un espesor menor a 50 m, dado que el cordón montañoso ubicado al margen del salar presenta pendientes suaves, lo que generaría un espesor reducido del relleno sedimentario, ya que la cuenca se colmataría más rápido.

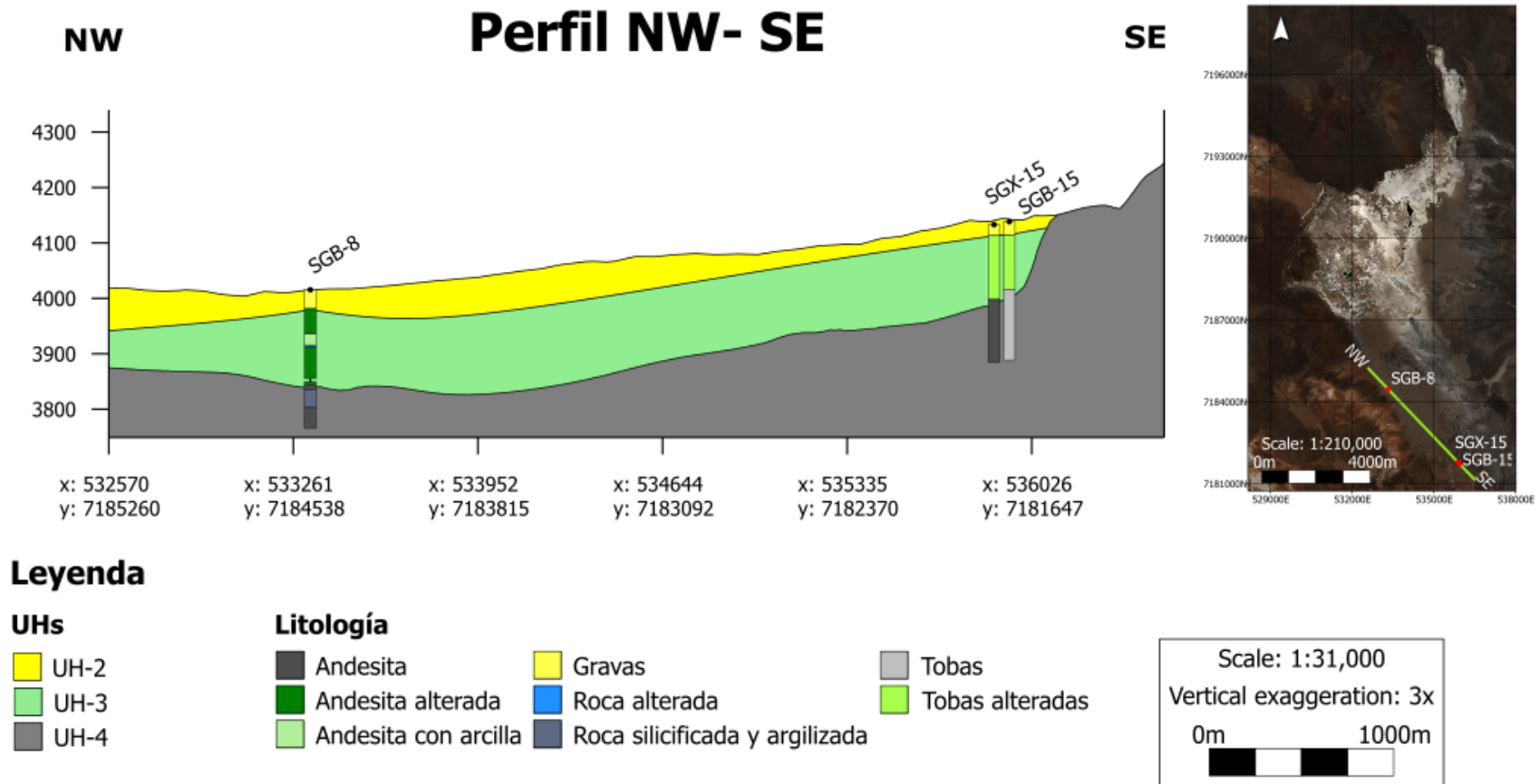
Cabe señalar que la geometría corresponde a una interpretación del Salar de Gorbea, debido a que la mayoría de los antecedentes hidrogeológicos disponibles se concentran principalmente en los márgenes del salar y fuera de este. Por lo tanto, el modelo construido consiste en unidades hidrogeológicas inferidas, que tendrían un grado de incertidumbre importante dentro del salar.

De esta forma, la estimación de la geometría se entenderá como preliminar, basada en información que fue interpolada considerando el principio de continuidad lateral de las unidades hidrogeológicas. No obstante, con más información que se pueda levantar en terreno (prospecciones al interior del salar), estas unidades podrán ser corroboradas.



**Figura 3-2:** Vista Modelo 3D Leapfrog asociados a cada unidad hidrogeológica. Fuente: Elaboración propia.





**Figura 3-3:** Perfil información litológica, dirección NW-SE. Fuente: Elaboración propia.



## 4 Síntesis

La cuenca Salar de Gorbea corresponde a un sistema hidrológico de carácter endorreico emplazada en el entorno del complejo volcánico Cenozoico, próximo a la frontera con Argentina, y presenta una superficie total de 364 km<sup>2</sup> con una altitud aproximada entre 3.792 m s.n.m. y 5.472 m s.n.m.

El salar de Gorbea, ubicado en el depocentro de la cuenca, se encuentra rodeado por estratovolcanes y secuencias de lavas e ignimbritas que abarcan desde el Mioceno al Holoceno. En los márgenes del salar se reconocen depósitos aluviales y coluviales que forman parte del relleno sedimentario de la cuenca.

La interpretación de estudios geofísicos, geología superficial, pruebas de bombeo y la información estratigráfica de los sondajes perforados en el entorno de la cuenca permitió inferir cuatro unidades hidrogeológicas, a partir de las cuales se estimó la geometría del acuífero, y se representó mediante un modelo 3D desarrollado en el software Leapfrog Works. Es importante mencionar que, dicha geometría será contrastada y actualizada una vez se lleven a cabo sondajes hidrogeológicos considerados dentro de los compromisos establecidos.

La UH-1 se correlaciona con los depósitos salinos del Mioceno – Holoceno y está compuesta por niveles evaporíticos y sedimentos con presencia de sales. La potencia de esta unidad fue estimada en base a criterios geomorfológicos y geológicos, por lo que se propone un espesor menor a 50 m en el interior del salar, mientras que hacia los márgenes varía entre 10 y 30 m aproximadamente. Se estima una conductividad hidráulica entre 6 – 100 m/d.

La UH-2 está constituida predominantemente por depósitos aluviales y coluviales, no obstante, no se descarta la presencia local de roca fracturada con distintos grados de alteración. Esta unidad rellena las principales quebradas a los pies del complejo volcánico y forman planicies en el margen del salar. Se estima una potencia de 116 m aproximadamente en el eje de la quebrada al sur del salar, mientras que hacia el cordón montañoso esta unidad se acuña alcanzando un espesor de 24 m aproximadamente. A partir de los perfiles TEM, la UH-2 se constituye de una capa aluvial no saturada de resistividades entre 50 – 300 Ohm y una capa aluvial saturada de resistividad variable entre 12 y 30 Ohm-m, señalando la posible presencia de agua dulce a salobre, y representando un acuífero de bajo flujo con una conductividad hidráulica entre 0,1 a 100 m/d

La UH-3 se compone de tobas y andesitas fracturadas, y representa una zona de transición hacia el basamento. Presenta potencias superiores a 115 m en el eje de la quebrada al sur del salar y

se acuña hacia el cordón montañoso, donde alcanza un espesor de 90 m aproximadamente. Esta unidad representa a un acuífero semiconfinado a confinado controlado principalmente por permeabilidad secundaria con valores de conductividad hidráulica entre 0,01 – 2 m/d.

La UH-4 corresponde al basamento hidrogeológico, constituido por tobas y andesitas sin fracturas. Se reconoce en los sondeos, donde su profundidad disminuye gradualmente hacia los bordes de la cuenca hasta aflorar en el cordón montañoso.

La geometría de la cuenca fue representada mediante un modelo 3D desarrollado en Leapfrog Works. No obstante, esta representación presenta un grado de incertidumbre en el sector interior del salar de Gorbea, debido a que la información disponible en profundidad se concentra principalmente en los márgenes del salar. En consecuencia, para la construcción del modelo fue necesario interpolar la información desde los bordes hacia el centro de la cuenca, considerando como referencia los sondeos disponibles y los antecedentes observados en salares previamente estudiados por Amphos 21.

Cabe señalar que, la geometría propuesta será posteriormente contrastada y actualizada una vez se ejecuten los sondeos hidrogeológicos contemplados en los compromisos establecidos del proyecto.

## 5 Referencias

- Amphos 21. (2016). Diagnóstico de Disponibilidad Hídrica en Cuencas Alto - Andinas de la Región de Atacama, Fase 3, Cuencas 10, 30, 31 y 32.
- Amphos 21. (2018). Estudio de modelos hidrogeológicos conceptuales integrados, para los salares de Atacama, Maricunga y Pedernales. Etapa III. Informe Final.
- Amphos 21. (2024a). Reporte Geología. Medida H-04: Investigación sobre Nuevas Fuentes de Agua en Cuencas de Salares La Isla, Aguilar, Gorbea y Las Parinas.
- Amphos 21. (2024b). Reporte Campaña Geofísica. Medida H-04: Investigación sobre Nuevas Fuentes de Agua en Cuencas de Salares La Isla, Aguilar, Gorbea y Las Parinas.
- AMX de Chile. (2002). Informe de Pruebas de Bombeo Pozo SGB-8.
- AMX de Chile. (2003). Informe de Pruebas de Bombeo Pozo SGB-12.
- AMX de Chile. (2003). Informe de Pruebas de Bombeo Pozo SGB-15.
- CEPAL. (2010). Salares del Norte de Chile: Potenciales fuentes de litio. Santiago.
- Chernicoff, Carlos & Richards, Jeremy & Zappettini, Eduardo. (2002). Crustal lineament control on magmatism and mineralization in northwestern Argentina: Geological, geophysical, and remote sensing evidence. Ore Geology Reviews - ORE GEOL REV. 21. 127-155. 10.1016/S0169-1368(02)00087-2.
- Custodio, E. & Llamas M. (1996). Hidrología Subterránea. Tomo I. Segunda edición.
- Dirección General de Aguas. (2015). Anexo cartográfico del nuevo inventario de cuencas hidrográficas (DARH), formato shapefile. Ministerio de Obras Públicas, Chile.
- Freeze, R., & Cherry, J. (1979). Groundwater. Englewood Cliffs, NJ, Prentice-Hall, 604 p.
- Hardie, L.A.; Eugster, H.P. (1970). The Evolution of Closed-Basin Brines, Mineralogical Society of America, 253 – 273.
- Naranjo, José & Puig, A. (1984). Hojas Taltal y Chañaral, Cartas geológicas de Chile; 1:250.000. Servicio Nacional de Geología y Minería.
- Naranjo, J.A.; Cornejo, P. (1992). Hoja Salar de la Isla. Servicio Nacional de Geología y Minería, Carta Geológica de Chile, No. 72, escala 1:250.000.
- Naranjo S. J.A; Villa, V; Venegas, C. (2013a). Geología de las áreas Salar de Aguilar y Portezuelo de León Muerto, región de Atacama, Escala 1:100.000.

- Naranjo S. J.A; Villa, V; Venegas, C. (2013b). Geología de las áreas Salar de Pajonales y Cerro Moño, regiones de Antofagasta y Atacama, Escala 1:100.000.
- Subterránea Consultores. (2023). Estudio Geofísico mediante Transiente Electromagnético en los salares de Aguilar, Gorbea, Las Parinas y La Isla, Región de Atacama.

## Anexo A – Leapfrog Salar de Gorbea