

Nota Técnica N°11: Medición de evaporación y monitoreo hidroquímico

Campaña N°10 de monitoreo trimestral (Febrero 2026)

03-06-2026

Versión 1

A21_1115_NT11_v1

1 Introducción

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

Como parte de las actividades del servicio anteriormente mencionado, se considera una campaña de terreno trimestral para la medición de evapotranspiración y calidad de agua, así como también una campaña semestral para la medición de la meteorología y, por último, una campaña anual para la medición de isotopía, con el objetivo de medir de forma periódica parámetros de interés para el análisis de los sistemas acuíferos de las cuencas de los salares en estudio.

En la presente nota técnica se describen las actividades realizadas durante la décima campaña de terreno, que se llevó a cabo durante el mes de febrero de 2026, la cual consiste en el levantamiento de información a través de un monitoreo hidroquímico e isotópico y medición de evaporación con domos, distribuidos en las cuencas de los salares de La Isla, Aguilar, Gorbea y Las Parinas.

1.1 Objetivo

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

El objetivo específico de la presente nota técnica corresponde a la presentación de los resultados de la medición de evaporación con domos y del monitoreo hidroquímico e isotópico correspondiente a la décima de las campañas trimestrales comprometidas (Campaña N°10).

1.2 Ubicación área de estudio

El área de estudio se enmarca en las cuencas de los salares de La Isla, Aguilar, Gorbea y Las Parinas, ubicados en el extremo noreste de la Alta Cordillera de la Región de Atacama, en el límite con la Región de Antofagasta (oeste), y con la frontera de Argentina (este), a alturas geográficas variables cuyos depocentros se ubican entre los 3.325 y 3.985 m s.n.m., aproximadamente. En la Figura 1-1 se ilustra la ubicación de las cuencas en estudio.

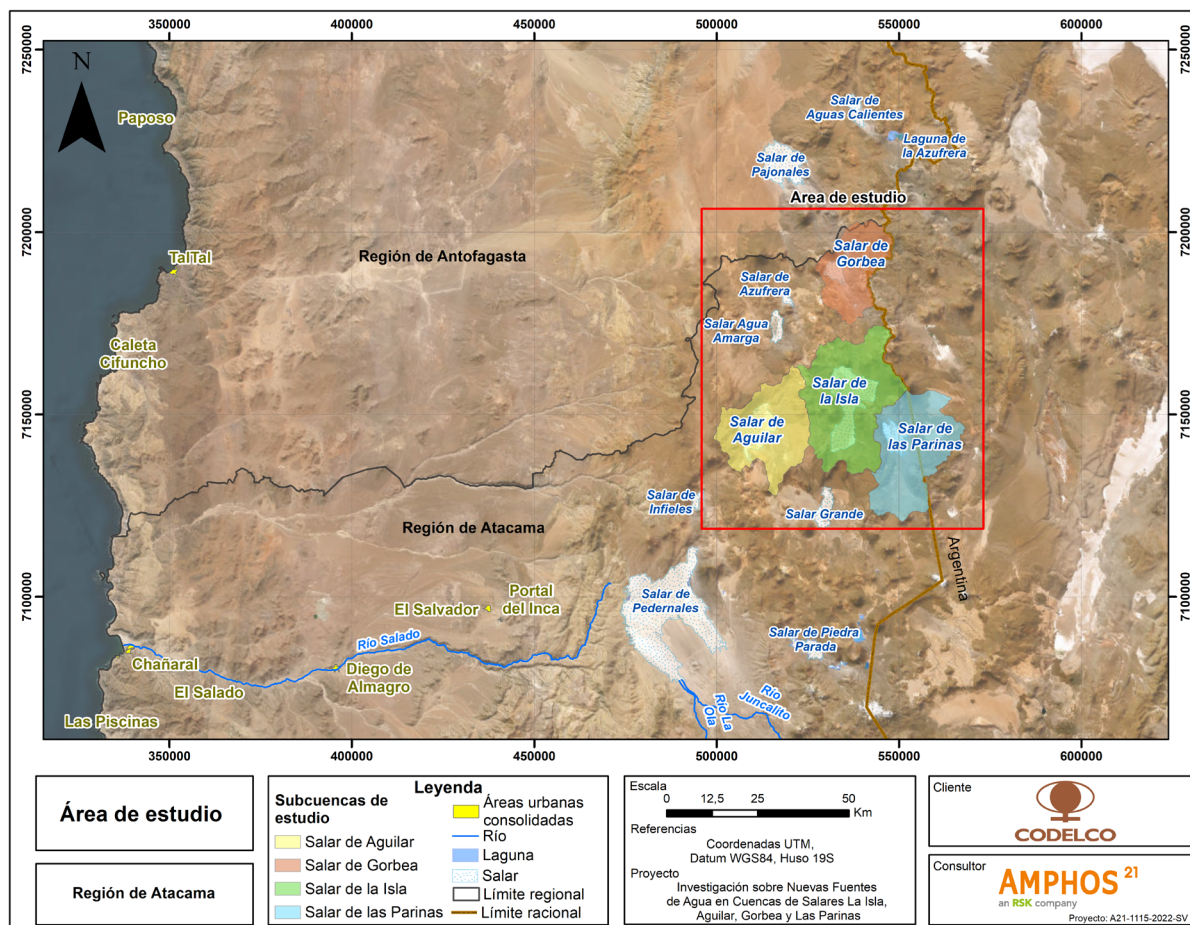


Figura 1-1: Ubicación geográfica salares La Isla, Aguilar, Gorbea y Las Parinas.

2 Metodología

2.1 Medición de evaporación con domos

La metodología utilizada por Amphos 21 para la medición de evaporación con domos consiste en registrar el incremento de vapor de agua en el interior del domo durante el tiempo necesario para lograr su estabilización. Para tener un registro del comportamiento diario de la evaporación en zonas áridas, las mediciones deben realizarse, idealmente, desde la salida del sol hasta poco después del ocaso. Los principales aspectos de la metodología son los siguientes:

- Medir humedad relativa y temperatura, en la medida de lo posible, desde la salida hasta la puesta del sol, de modo de registrar todo el intervalo diario durante el cual la napa evapora.
- Idealmente, realizar mediciones cada 30 minutos, evitando vacíos de registros mayores a 1 hora. La frecuencia de medición depende de las condiciones meteorológicas existentes en el lugar. Si estas no presentan cambios bruscos, el intervalo debe ser a lo sumo de una hora durante las horas de luz.
- Para evitar el ingreso de aire hacia el interior del domo, la superficie del terreno debe aplanarse y rellenarse con arena u otro material en el contorno donde se instalará la cúpula. Adicionalmente, puede instalarse una tela impermeable a lo largo del perímetro de la cúpula (faldón).
- Antes de la medición, ventilar el domo al menos por un minuto, levantándolo verticalmente a un metro del suelo. Prender ventiladores a una velocidad análoga a la del viento en el exterior (utilizando anemómetro ubicado a una altura de 1,5 veces el alto de la cúpula de acrílico y reguladores de voltaje), y chequear estabilidad de la temperatura y de la humedad relativa en el sensor. La velocidad de viento mínima en el interior de la cúpula debe ser cercana a 0,8 m/s y tiene como objetivo homogeneizar la mezcla de aire, evitando la generación de estratificaciones con diferente contenido de humedad.
- Una vez que está todo listo para medir, bajar rápidamente el domo y aprisionar sus bordes con la funda o faldón (ésta queda fija en su posición durante todo el día, enterrando algunos de sus bordes, lo cual se hace generalmente después de la primera medición). Es de suma importancia considerar durante las mediciones el aislamiento del volumen de control, evitando que entre aire desde el exterior.

- Comenzar la medición inmediatamente al bajar el domo, así como el encendido del cronómetro. Cada medición debe durar al menos 2 minutos, y el sensor debe ser programado para registrar la humedad relativa y temperatura cada 1 segundo.
- Se registra sistemáticamente cualquier observación pertinente (hora y evento), como cambios del viento, cambios de nubosidad, errores detectados, coordenadas del punto, etc.

2.2 Toma de muestras de agua para análisis hidroquímico e isotópico

En cuanto a la metodología utilizada por Amphos 21 para tomar muestras de agua, esta se basa principalmente en los procedimientos normativos vigentes, que establecen los requerimientos mínimos que se deben cumplir para la obtención de muestras representativas de agua para realizar análisis en laboratorio y/o para análisis en campo (in situ), lo cual representa un marco de referencia general para este tipo de trabajos.

Para obtener una muestra representativa de agua superficial, se procede con la siguiente metodología de muestreo:

- Se utiliza un jarro de acrílico para sacar un volumen de agua de al menos 1 litro desde el cuerpo de agua que se requiere muestrear.
- Posteriormente, se utiliza un contenedor limpio y lo suficientemente grande, el cual es ambientado por medio de enjuagues, donde se vacía el agua obtenida anteriormente. Una vez lleno el contenedor, se registra en una cadena de custodia los parámetros fisicoquímicos in situ (Temperatura, pH y Conductividad Eléctrica) y se deja homogenizar la muestra unos 5 minutos para, posteriormente, distribuir en los envases del set de muestreo.

En el caso de una muestra representativa de agua subterránea, se procede con la siguiente metodología de muestreo:

- La muestra se recoge mediante un bailer, el cual previamente debe ser enjuagado con agua desmineralizada. Por medio de una cuerda o piola se descende el bailer hasta alcanzar el nivel de agua que lo cubra completamente. El bailer debe sumergirse por lo menos 2 metros bajo el nivel de agua estático de pozo y posteriormente se extrae de manera manual. Luego, se procede a vaciar la muestra a un contenedor limpio (ambientado por medio de enjuagues), registrando la cadena de custodia de parámetros fisicoquímicos in situ, y se deja homogeneizar la muestra, para luego distribuir en envases de muestreo, como fue indicado anteriormente.

Para el análisis isotópico de la molécula de agua, se recolecta un volumen de agua suficiente en un envase (60 ml), para posteriormente, pasarlo por un proceso de filtrado a través de un filtro de 0,45 micras con contratapa y tapa, teniendo en consideración no dejar ninguna burbuja de aire en el interior del envase.

Las muestras de agua para el análisis hidroquímico fueron enviadas al laboratorio SGS Chile, mientras que las muestras isotópicas se enviaron al laboratorio IT2 Isotope Tracer Technologies.

3 Campaña de terreno

Durante la planificación de la campaña de terreno se proponen 26 puntos de monitoreo hidroquímico, de los cuales 5 puntos se localizan en el salar de Gorbea, 7 puntos en el salar de La Isla, 7 puntos en el salar de Las Parinas y 7 puntos en el salar de Aguilar.

Dentro de los 26 puntos propuestos anteriormente, cada sector presenta un punto *back up* (GOR-BackUp, ISL-BackUp, PAR-BackUp y AGI-BackUp), los cuales corresponden a puntos de respaldo, en el caso de que alguno de los puntos restantes presentara dificultad de acceso.

En la Figura 3-1 se ilustra la distribución espacial de los puntos propuestos para realizar el monitoreo hidroquímico en terreno. Es importante considerar que las coordenadas planteadas son aproximadas, dado que las condiciones de los salares pueden variar dependiendo de la estacionalidad del año. Además, se priorizará tomar muestras de agua subterránea, para una mayor representatividad de estas en el sector.

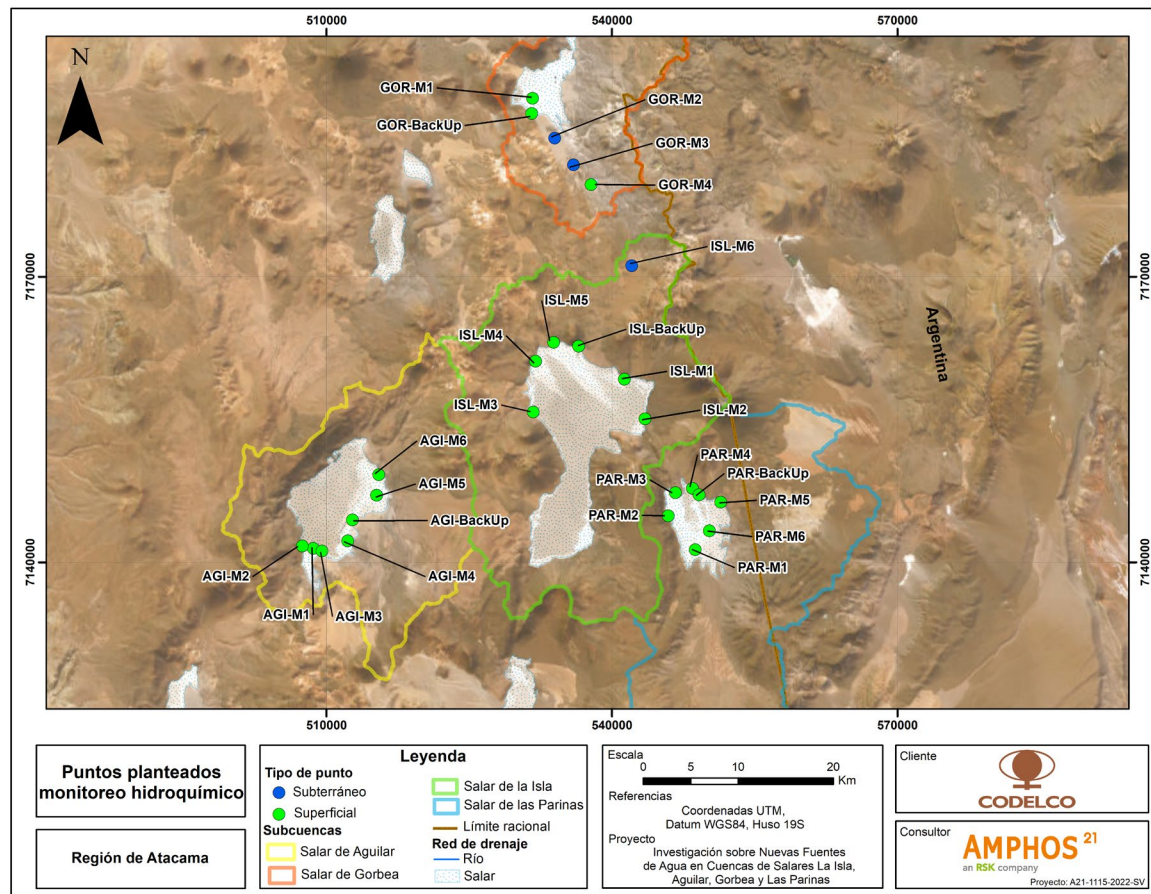


Figura 3-1: Ubicación de puntos planteados para el monitoreo hidroquímico.

La décima campaña de terreno se desarrolló entre los días 26 de febrero y 06 de marzo de 2026 por personal de Amphos 21, contemplando un turno de 10x10, el cual se encuentra integrado por 4 personas, dos camionetas 4x4 (traslado y apoyo), una casa rodante para pernoctar, equipos de toma de muestras hidroquímicas e isotópicas, y cuatro domos para medir la evaporación.

Durante la campaña se realizaron 20 ensayos de evaporación con domos (5 ensayos en cada cuenca). Adicionalmente, se efectuó el monitoreo de parámetros fisicoquímicos in situ y la recolección de muestras para análisis hidroquímico en 20 puntos de monitoreo, y para análisis isotópico en 22 puntos.

En total, se analizaron 24 muestras de hidroquímica, incluyendo 3 duplicados y 1 blanco como control de calidad. Por su parte, para el análisis isotópico se analizaron 23 muestras, considerando 1 duplicado. Los resultados de laboratorio de las muestras se encuentran en el Anexo C.

Cabe mencionar que la muestra hidroquímica ISL-M7 y la muestra isotópica PAR-MD3, que se encuentran en los anexos, no fueron consideradas en el presente informe, por lo que no forman parte del conteo anteriormente señalado. Lo anterior se debe a que el punto ISL-M7 se encuentra contemplado únicamente para análisis isotópico dentro del programa de monitoreo, mientras que la muestra PAR-MD3 corresponde a un duplicado isotópico adicional, excediendo la cantidad de muestras de control de calidad definidas para la campaña.

Cabe señalar que, durante la presente campaña, 3 puntos programados no pudieron ser muestreados: los puntos PAR-M1 y PAR-M7 debido a la presencia de flamencos en el sector, y el punto PAR-M4, el cual se encontraba seco al momento de la visita.

3.1 Actividades de terreno

De forma específica y detallada, durante la décima campaña de terreno se realizaron las siguientes actividades:

En el salar de Gorbea se visitaron 10 puntos: 5 destinados a ensayos de evaporación con domo, 4 a muestreo para análisis hidroquímico e isotópico, y 1 exclusivamente para análisis isotópico. Adicionalmente se añade 1 duplicado para análisis hidroquímico.

Por su parte, en el salar de Aguilar se visitaron 11 puntos: 5 destinados a ensayos de evaporación con domo, y 6 a muestreo para análisis hidroquímico e isotópico.

En tanto, en el salar de La Isla se visitaron 12 puntos: 5 destinados a ensayos de evaporación con domo, 6 a muestreo para análisis hidroquímico e isotópico, y 1 exclusivamente para análisis isotópico. Adicionalmente se añade 1 duplicado para ambos análisis.

Finalmente, en el salar de Las Parinas se visitaron 12 puntos: 5 destinados a ensayos de evaporación con domo, 6 a muestreo para análisis hidroquímico e isotópico, y 1 exclusivamente para análisis isotópico. Adicionalmente se añade 1 duplicado para análisis hidroquímico. Cabe señalar que, tal como se mencionó anteriormente, de los puntos visitados, 3 no pudieron ser muestreados: dos de ellos correspondientes a análisis hidroquímico e isotópico, y uno exclusivamente a análisis isotópico.

La Figura 3-2 ilustra la ubicación espacial de los puntos monitoreados durante la Campaña N°10.

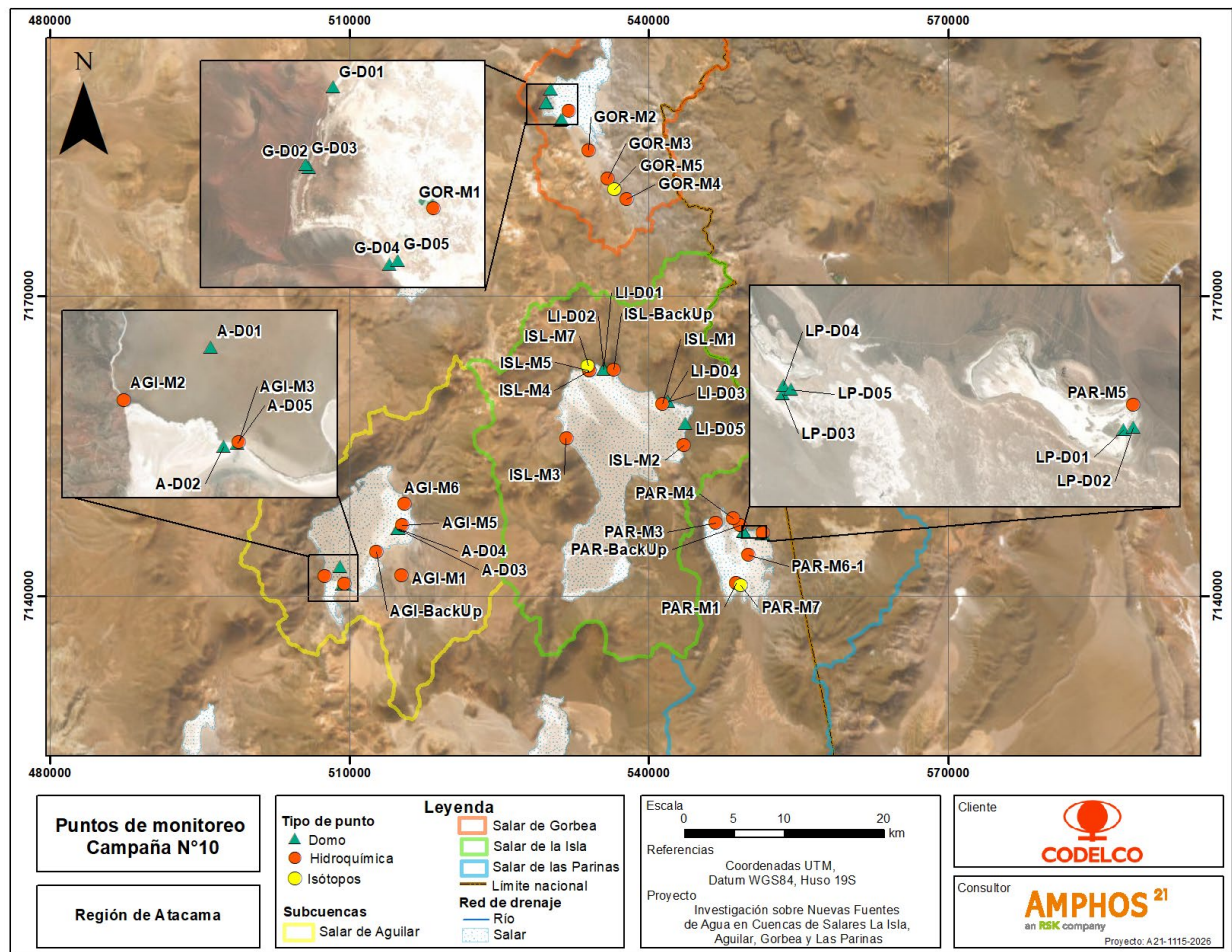


Figura 3-2: Distribución espacial de los puntos monitoreados durante la sexta campaña de terreno.

De acuerdo con lo mencionado anteriormente, a continuación, se presenta el detalle de las actividades realizadas diariamente:

- 26 de febrero:** se traslada el equipo de Amphos 21 desde Santiago a Copiapó, donde se compran, retiran y preparan equipos y materiales. Posteriormente, se inicia el viaje hacia la casa rodante en el salar de La Isla. Una vez en el lugar, se procedió a la organización de la casa rodante y a la preparación de los insumos, equipos y materiales necesarios para iniciar las actividades en los días siguientes.
- 27 de febrero:** inician las actividades en el salar de Gorbea, donde se visitan 4 puntos para muestreo hidroquímico e isotópico (GOR-M1, GOR-M2, GOR-M3 y GOR-M4), y 1 punto exclusivamente de muestreo para análisis isotópico (GOR-M5).

En cada punto se recolectó una muestra de agua y, adicionalmente, en el punto GOR-M1 se toma una muestra duplicada destinada al análisis hidroquímico (GOR-MD1). En la Figura 3-3 se muestra el monitoreo hidroquímico realizado en un punto superficial y uno subterráneo.

En cuanto a los parámetros fisicoquímicos in situ medidos en los puntos de hidroquímica, se registra una conductividad de 270.600 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en el punto GOR-M1 (localizado en el norte del salar), mientras que en los puntos GOR-M2, GOR-M3 y GOR-M4 se registran conductividades en torno a 6.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Por otra parte, los valores de pH se encuentran en un rango de 3,3 a 4,5, con excepción del punto GOR-M1, que presenta un valor de 1,5.



Figura 3-3: Monitoreo hidroquímico en punto de agua superficial y subterránea (GOR-M1 y GOR-M2), ubicados en el salar de Gorbea.

Posteriormente, se realiza el traslado hacia el salar de las Parinas, donde se visitan 5 puntos para muestreo hidroquímico e isotópico (PAR-M1, PAR-M3, PAR-M4, PAR-M5 y PAR-M6), y 1 punto exclusivamente de muestreo para análisis isotópico (PAR-M7).

En cada punto se recolectó una muestra de agua y, adicionalmente, en el punto PAR-M3 se tomó una muestra duplicada destinada al análisis hidroquímico (PAR-MD3).

No obstante, el punto PAR-M4 se encontraba seco, por lo que no pudo ser muestreado. Asimismo, los puntos PAR-M1, PAR-M6 y PAR-M7 no pudieron ser muestreados debido a la presencia de flamencos en el área. En el caso del punto PAR-M6, el muestreo se realizó aproximadamente a 700 m de distancia, definiéndose como un nuevo punto denominado PAR-M6-1.

En la Figura 3-4 se muestra el monitoreo hidroquímico realizado en puntos superficiales. En cuanto a los parámetros fisicoquímicos in situ medidos, se registran valores de conductividad de 200.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en los puntos PAR-BACKUP, PAR-M3 y PAR-M5. Por otra parte, los valores de pH van desde los 7,34 (PAR- BACKUP) hasta los 7,87 (PAR-M3).



Figura 3-4: Monitoreo hidroquímico en puntos de agua superficial (PAR-M3 y PAR-M5), ubicados en el salar de Las Parinas.

- **28 de febrero:** Se realiza el traslado hacia el salar de Aguilar, donde se visitan 6 puntos para muestreo hidroquímico e isotópico (AGI-M1, AGI-M2, AGI-M3 y AGI-M5, AGI-M6 y AGI-BACKUP).

En cada punto se recolectó una muestra de agua. En la Figura 3-5 se muestra el monitoreo hidroquímico superficial realizado en el salar Aguilar.

En cuanto a los parámetros fisicoquímicos in situ del salar de Aguilar, se registran valores de conductividad eléctrica de 200.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en los puntos AGI-BACKUP, AGI-M2, AGI-M3 y AGI-M5, mientras que en el punto AGI-M6 se registra un valor de 85.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y en el AGI-M1 (agua subterránea) se registra un valor de 8.863 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Respecto a los valores de pH, se registran valores en torno a los 5,5 en los puntos AGI-M2 y AGI-M3, mientras que en el resto de puntos los valores fluctúan entre los 6,7 y 7,9.



Figura 3-5: Monitoreo hidroquímico en punto de agua superficial (AGI-BACKUP y AGI-M3), ubicados en el salar de Aguilar.

Posteriormente, se realiza el traslado hacia el salar de La Isla, donde se visitan 6 puntos para muestreo hidroquímico e isotópico (ISL-M1, ISL-M2, ISL-M3, ISL-M4, ISL-M5 y ISL-BACKUP), y 1 punto exclusivamente de muestreo para análisis isotópico (ISL-M7).

En cada punto se recolectó una muestra de agua y, adicionalmente, en el punto ISL-BACKUP se toma una muestra duplicada destinada al análisis hidroquímico (ISL-MD3). En la Figura 3-6 se muestra el monitoreo hidroquímico realizado en puntos superficiales.

Respecto a los parámetros fisicoquímicos in situ, los puntos ISL-M1, ISL-M2, ISL-M3 y ISL-M4 registran valores de conductividad entre 187.400 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y 288.100 $\mu\text{S}/\text{cm}$, mientras que el punto ISL-M5 presenta 22.970 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y el punto ISL-BACKUP presenta 50.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$. En cuanto al pH, las muestras del salar de La Isla presentan valores de 6,73 (ISL-M3) a 8,22 (ISL-M5).



Figura 3-6: Monitoreo hidroquímico agua superficial (ISL-BACKUP e ISL-M3), ubicados en La Isla.

- **01 de marzo:** se efectúan los ensayos de evaporación en el salar de Aguilar, en los puntos A-D01, A-D02, A-D03, A-D04 y A-D05. Las pruebas se llevaron a cabo entre las 12:00 h y las 19:00 h aproximadamente.

El punto A-D01, se posiciona sobre una capa de evaporitas con yeso, que sobreyacen a arcillas con arenas y presenta un nivel freático de 30 cm. Durante el ensayo se registran vientos de hasta 21,9 km/h y temperaturas en torno a 32°C, por otra parte, se observa un bajo porcentaje de nubosidad, que no supera el 25%.

Por su parte, los puntos A-D03 y A-D04, se posicionan sobre una costra salina blanda con sedimentos y yeso, y ambos puntos presentan un nivel freático de 10 - 12 cm, ubicado en una laguna cercana a los puntos de ensayo. En cuanto a los resultados del ensayo, el punto A-D03 presenta una velocidad de viento máxima de 13,7 km/h y el punto A-D04 registra un máximo de 5,5 km/h. En cuanto a la nubosidad, en ambos puntos no se supera el 20%. Respecto a la temperatura, el punto A-D03 presenta un valor máximo de 27,7°C, mientras que el punto A-D04 un valor 28,4°C. En la Figura 3-7 se puede observar el ensayo de evaporación con domos en el punto A-D03.

En cuanto a los puntos A-D02 y A-D05, estos se posicionan sobre una costra salina de evaporitas de alta dureza y registran un nivel freático de 30 cm y 23 cm, respectivamente. El ensayo realizado en el punto A-D02 tiene como resultado una velocidad y temperatura máxima de 24,8 km/h y 29,2°C, mientras que el punto A-D05 registra valores de 21,6 km/h y 33,1°C. En cuanto al porcentaje de nubosidad ambos puntos presentan valores entre un 0 - 25%.



Figura 3-7: Ensayo de evaporación en domo del punto A-D03 ubicado en el salar de Aguilar.

- **02 de marzo:** El equipo se trasladó desde la casa rodante hacia los sectores de Agua Verde y Taltal, con el objetivo de realizar un reabastecimiento completo de insumos destinados a la operación de la casa rodante, además del abastecimiento de combustible para las camionetas utilizadas en la campaña.

Adicionalmente, se completaron los registros pendientes correspondientes a jornadas anteriores en terreno y se efectuaron labores de orden y limpieza general tanto al interior de la casa rodante como en sus alrededores.

- **03 de marzo:** se realizan 5 ensayos de evaporación con domos en el salar de Las Parinas (LP-D01, LP-D02, LP-D03, LP-D04 y LP-D05). Los ensayos se tomaron entre las 11:00 h y las 18:30 h, aproximadamente.

En particular, los puntos LP-D01 y LP-D02 se distancian 60 m aproximadamente entre sí, y se ubican sobre un terreno cubierto por costra salina delgada seguida de material sedimentario y con humedad en la superficie. En ambos puntos se registra el nivel freático inferido a partir de una laguna cercana, siendo de 2 a 5 cm en LP-D01 y de 32 cm en LP-D02. La velocidad del viento alcanza un valor máximo de alrededor de 22 km/h por la tarde en ambos puntos. Por otra parte, ambos puntos registran una temperatura máxima en torno a los 26°C alrededor de las 13:00 h. Durante los ensayos se presenta una nubosidad que va desde el 0 al 35 %.

Adicionalmente, los puntos LP-D03 y LP-D04, separados por 15 m entre sí, se posicionan sobre evaporitas mezcladas con sedimentos, mientras que el punto LP-D05 se posiciona

sobre un terreno compuesto por evaporitas, arcillas y presencia de arenas. En el punto LP-D01 se registra un nivel freático de 4cm, en LP-D04 de 47 cm y en LP-D05 de 40 cm. En cuanto a los resultados obtenidos de los ensayos, se registra una velocidad de viento máxima de 24 km/h aproximadamente, además, se observa una temperatura máxima en torno a 31°C a las 12:30 h. El porcentaje de nubosidad va desde un 0% a un 20%. La Figura 3-8 muestra el ensayo de evaporación realizado en el punto LP-D03.



Figura 3-8: Ensayo de evaporación en domo del punto LP-D03, ubicado en el salar de Las Parinas.

- **04 de marzo:** se realizan las actividades en el salar de Gorbea, con ensayos de evaporación en los puntos G-D01, G-D02, G-D03, G-D04 y G-D05. Las pruebas se llevaron a cabo entre las 11:00 h y las 18:00 h, aproximadamente.

El punto G-D01 se posiciona sobre una delgada capa de evaporitas con yeso, que sobreyacen a arcillas con arena y registra un nivel freático a los 40 cm. Durante el ensayo, el domo recibe radiación directa con un porcentaje de nubosidad que llega al 50% a las 16:00 h, además, el viento y la temperatura alcanzan un valor máximo de 20,8 km/h y de 27,2°C, respectivamente. La Figura 3-9 muestra el ensayo de evaporación realizado en el punto G-D01.

Por su parte, los puntos G-D02 y G-D03 se posicionan sobre una costra salina mezclada con sedimento. En ambos puntos el nivel freático es registrado a los 30 cm. Se registra una temperatura máxima de 24,6°C en G-D02 y de 25,1 en G-D03. Ambos puntos presentan una nubosidad que alcanza el 60%. Además, en los puntos G-D02 y G-D03 se alcanza una velocidad máxima de viento en torno a 24,6 km/h.

En cuanto a los puntos G-D05 y G-D04, ubicados a 170 m de distancia entre ellos, se posicionan sobre evaporita delgada mezclada con yeso, sedimento, ceniza volcánica y arena. El nivel freático del punto G-D04 se encuentra a los 20 cm, mientras que el punto G-D05 presenta el nivel freático a los 21 cm. Respecto a la temperatura, ambos puntos registran un valor máximo en torno a 26°C a las 13:00 h, y una velocidad del viento máxima de 26 y 23 km/h en G-D04 y G-D05, respectivamente. El porcentaje de nubosidad alcanza un máximo de 30% durante ambos ensayos.



Figura 3-9: Ensayo de evaporación en domo del punto G-D01, ubicado en el salar de Gorbea.

- **05 de marzo:** se inician los trabajos en el salar de La Isla, donde se realizan 5 ensayos de evaporación con domos en los puntos LI-D01, LI-D02, LI-D03, LI-D04 y LI-D05. Los ensayos comenzaron en torno a las 9:30 h y finalizaron en torno a las 16:00 h.

Los puntos LI-D01 y LI-D02 se encuentran separados por una distancia de 80 m y el suelo se caracteriza por presentar una costra blanda, compuesta por una mezcla de halita, yeso y arena. En ambos puntos se registra el nivel freático desde el canal del salar, encontrándose a una profundidad de 30 cm en LI-D01 y de 10 a 15 cm en LI-D02. Se registra una velocidad de viento máxima de 17,6 y 24,8 km/h en LI-D01 y LI-D02, respectivamente. En cuanto a la temperatura máxima alcanzada, los puntos registran valores de 22 y 23°C durante la tarde. Durante todo el ensayo el domo recibe radiación directa, con un nulo porcentaje de nubosidad.

Los puntos LI-D03 y LI-D04 se distancian 15 m entre sí. El punto LI-D03 se posiciona sobre un terreno de evaporita delgada con una continua capa de arena fina. Por su parte,

el punto LI-D04 se posiciona sobre evaporita mezclada con sedimentos. En ambos puntos se registra el nivel freático de 1 a 3 cm desde una laguna cercana. Respecto a los datos obtenidos durante el ensayo en ambos domos, se identifica que la temperatura máxima se alcanza alrededor de las 14:40 h. con un valor en torno a los 28°C, mientras que la velocidad del viento alcanza máximos de 16 km/h aproximadamente en ambos puntos. Además, los domos presentan un nulo porcentaje de nubosidad, donde no se supera el 10%. La Figura 3-10 muestra el ensayo de evaporación realizado en el punto LI-D04.

Finalmente, el domo del punto LI-D05 se instala sobre suelo cubierto principalmente por evaporita, debajo de la evaporita se observa arcilla plástica con presencia de arena. Se registra un nivel freático de 2 a 3 cm, el cual aflora cerca del punto de ensayo. En cuanto a las mediciones en el domo, se registran velocidades de viento con un valor máximo de 19,4 km/h a las 14:00 h, además de temperaturas máximas de 26,4°C y un nulo porcentaje de nubosidad, con un máximo del 10%.



Figura 3-10: Ensayo de evaporación en domo del punto LI-D04, ubicado en el salar de La Isla.

- **06 de marzo:** se realizan trabajos de gabinete revisando fichas técnicas de los domos y el muestreo hidroquímico. Se ordenan y empaquetan equipos y muestras hidroquímicas, se elabora guía de despacho y se envían. Finaliza la campaña con el traslado del personal de Amphos 21 desde terreno a su lugar de residencia.

A modo de resumen, en la Tabla 3-1, se presentan las principales características y fechas de medición de los puntos monitoreados durante la Campaña N°10. Además, en el Anexo A se presentan las fichas técnicas de los puntos donde se realizó medición de evaporación, y en el Anexo B se presentan las fichas técnicas correspondientes a los puntos de monitoreo hidroquímico e isotópico.

Tabla 3-1: Características de puntos monitoreados durante la décima campaña de terreno.

Punto	Sector	Medición	Tipo de punto	Este WGS84	Norte WGS84	Fecha medición
A-D01	Salar de Aguilar	Domo	-	509.016	7.142.868	01-03-2026
A-D02	Salar de Aguilar	Domo	-	509.249	7.141.110	01-03-2026
A-D03	Salar de Aguilar	Domo	-	514.834	7.146.743	01-03-2026
A-D04	Salar de Aguilar	Domo	-	514.929	7.146.680	01-03-2026
A-D05	Salar de Aguilar	Domo	-	509.483	7.141.162	01-03-2026
G-D01	Salar de Gorbea	Domo	-	530.166	7.190.732	04-03-2026
G-D02	Salar de Gorbea	Domo	-	529.730	7.189.292	04-03-2026
G-D03	Salar de Gorbea	Domo	-	529.675	7.189.345	04-03-2026
G-D04	Salar de Gorbea	Domo	-	531.173	7.187.576	04-03-2026
G-D05	Salar de Gorbea	Domo	-	531.315	7.187.639	04-03-2026
LI-D01	Salar de la Isla	Domo	-	535.523	7.162.704	05-03-2026
LI-D02	Salar de la Isla	Domo	-	535.477	7.162.629	05-03-2026
LI-D03	Salar de la Isla	Domo	-	541.927	7.159.417	05-03-2026
LI-D04	Salar de la Isla	Domo	-	541.922	7.159.432	05-03-2026
LI-D05	Salar de la Isla	Domo	-	543.661	7.157.234	05-03-2026
LP-D01	Salar de las Parinas	Domo	-	551.376	7.146.185	03-03-2026
LP-D02	Salar de las Parinas	Domo	-	551.430	7.146.196	03-03-2026
LP-D03	Salar de las Parinas	Domo	-	549.478	7.146.385	03-03-2026
LP-D04	Salar de las Parinas	Domo	-	549.481	7.146.430	03-03-2026
LP-D05	Salar de las Parinas	Domo	-	549.524	7.146.409	03-03-2026
AGI-BACKUP	Salar de Aguilar	HQ/Isótopo	Superficial	512.725	7.144.452	28-02-2026
AGI-M1	Salar de Aguilar	HQ/Isótopo	Subterráneo	515.182	7.142.080	28-02-2026
AGI-M2	Salar de Aguilar	HQ/Isótopo	Superficial	507.473	7.141.943	28-02-2026
AGI-M3	Salar de Aguilar	HQ/Isótopo	Superficial	509.519	7.141.191	28-02-2026
AGI-M5	Salar de Aguilar	HQ/Isótopo	Superficial	515.269	7.147.056	28-02-2026
AGI-M6	Salar de Aguilar	HQ/Isótopo	Superficial	515.495	7.149.195	28-02-2026

Punto	Sector	Medición	Tipo de punto	Este WGS84	Norte WGS84	Fecha medición
AGI-MB4*	-	HQ	-	-	-	28-02-2026
GOR-M1	Salar de Gorbea	HQ/Isótopo	Superficial	531.954	7.188.574	27-02-2026
GOR-M2	Salar de Gorbea	HQ/Isótopo	Subterráneo	533.967	7.184.571	27-02-2026
GOR-M3	Salar de Gorbea	HQ/Isótopo	Subterráneo	535.877	7.181.803	27-02-2026
GOR-M4	Salar de Gorbea	HQ/Isótopo	Superficial	537.748	7.179.727	27-02-2026
GOR-M5	Salar de Gorbea	Isótopo	Superficial	536.518	7.180.742	27-02-2026
GOR-MD1	Salar de Gorbea	HQ	Superficial	531.954	7.188.574	27-02-2026
ISL-BACKUP	Salar de la Isla	HQ/Isótopo	Superficial	536.500	7.162.673	28-02-2026
ISL-M1	Salar de la Isla	HQ/Isótopo	Superficial	541.334	7.159.226	28-02-2026
ISL-M2	Salar de la Isla	HQ/Isótopo	Superficial	543.490	7.155.054	28-02-2026
ISL-M3	Salar de la Isla	HQ/Isótopo	Superficial	531.718	7.155.794	28-02-2026
ISL-M4	Salar de la Isla	HQ/Isótopo	Superficial	534.025	7.162.590	28-02-2026
ISL-M5	Salar de la Isla	HQ/Isótopo	Superficial	534.031	7.162.595	28-02-2026
ISL-M7	Salar de la Isla	Isótopo	Superficial	533.916	7.163.004	28-02-2026
ISL-MD3	Salar de la Isla	HQ/Isótopo	Superficial	536.500	7.162.673	28-02-2026
PAR-BACKUP	Salar de las Parinas	HQ/Isótopo	Superficial	549.142	7.147.094	27-02-2026
PAR-M1**	Salar de las Parinas	HQ/Isótopo	Superficial	548.746	7.141.327	27-02-2026
PAR-M3	Salar de las Parinas	HQ/Isótopo	Superficial	546.658	7.147.305	27-02-2026
PAR-M4***	Salar de las Parinas	HQ/Isótopo	Superficial	548.449	7.147.771	27-02-2026
PAR-M5	Salar de las Parinas	HQ/Isótopo	Superficial	551.431	7.146.323	27-02-2026
PAR-M6-1****	Salar de las Parinas	HQ/Isótopo	Superficial	549.977	7.144.092	27-02-2026
PAR-MD3	Salar de las Parinas	HQ	Superficial	550.248	7.143.300	27-02-2026
PAR-M7**	Salar de las Parinas	Isótopo	Superficial	549.222	7.141.028	27-02-2026

*Muestra blanco.

**Punto no muestreado por presencia de flamencos.

***Punto seco.

****Punto reubicado por presencia de flamencos en PAR-M6.

4 Resultados de análisis hidroquímico e isotópico

Durante la décima campaña de terreno se recolectó un total de 24 muestras de agua para análisis hidroquímico y 23 muestras para análisis isotópico. Las muestras hidroquímicas fueron analizadas en el laboratorio SGS S.A., mientras que las muestras isotópicas se procesaron en el laboratorio IT2 Isotope Tracer Technologies (Canadá).

El análisis hidroquímico incluyó la determinación de los macroelementos disueltos necesarios para calcular el error de balance iónico (Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ , Cl^- , SO_4^{2-} , HCO_3^- , CO_3^{2-} , NO_3^-) y el total de sólidos disueltos. Además, se analizaron elementos como Litio (Li^+) y Boro (B^{3+}), dado que son representativos de la zona de estudio, y que habitualmente se presentan en altas concentraciones en ambientes de salares, influyendo en los resultados del balance iónico.

Para el control de calidad del análisis hidroquímico, se consideraron dentro del total de muestras, 3 duplicados: uno en el salar de Gorbea (GOR-MD1), otro en el salar de Las Parinas (PAR-MD3) y uno en el salar de La Isla (ISL-MD3), además de una muestra blanco (IGI-MB4). Por otra parte, para el análisis isotópico se incluyó un duplicado (ISL-MD3).

La Tabla 4-1 muestra los resultados de los cationes y aniones disueltos, además de los parámetros fisicoquímicos obtenidos en laboratorio correspondientes a las muestras de agua subterráneas y superficiales tomadas durante la décima campaña de terreno.

Respecto de los resultados de la campaña, se detectó que las concentraciones de litio disuelto en las muestras AGI-M2, GOR-M1, GOR-MD1 y PAR-MD3 presentan diferencias respecto a la tendencia observada en las campañas anteriores. Asimismo, las conductividades medidas in situ presentan valores elevados al compararse con campañas anteriores, lo que podría indicar una sobreestimación de este parámetro durante la campaña actual.

Por su parte, en la Tabla 4-2 se muestran los resultados de los isótopos de la molécula del agua.

Tabla 4-1: Resultados del monitoreo hidroquímico correspondiente a la décima campaña de terreno.

Punto	Alcalinidad (mg/l)	B (mg/l)	Ca ²⁺ (mg/l)	Cl ⁻ (mg/l)	CO ₃ ²⁻ (mg/l)	CE (uS/cm)	HCO ₃ ⁻ (mg/l)	K ⁺ (mg/l)	Li ⁺ (mg/l)	Mg ²⁺ (mg/l)	Na ⁺ (mg/l)	NO ₃ ⁻ (mg/l)	pH	SDT (mg/l)	SO ₄ ²⁻ (mg/l)
AGI-BACKUP	659,3	484,68	23.084	112.273	<0,2	169.987	803,7	1.861	196,58	3.336	34.554	432,06	7,1	149.140	927
AGI-M1	114,2	8,94	298	366	<0,2	2.882	139,2	17	1,07	73	245	14,35	7,4	2.340	921
AGI-M2	561,9	782,77	49.798	239.909	<0,2	213.445	684,9	2.565	729,69	6.926	56.802	1.055,05	6,0	187.980	230
AGI-M3	686,6	796,04	57.208	244.613	<0,2	212.118	837,0	3.989	434,96	8.002	71.584	1.022,15	5,9	171.720	298
AGI-M5	392,8	411,78	27.684	138.144	<0,2	175.623	478,8	1.635	206,65	3.900	35.345	578,28	6,8	155.120	775
AGI-M6	77,9	77,18	4.176	17.728	<0,2	41.291	94,9	275	31,97	742	5.150	71,50	7,7	35.500	1.644
AGI-MB4	3,7	<0,01	<0,01	0,26	<0,2	3	4,5	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,08	6,7	<1	0,16
GOR-M1	<0,2	1.747,53	372	130.097	<0,2	143.897	<0,2	6.094	501,21	20.037	58.623	20,53	1,8	127.180	77.172
GOR-M2	<0,2	1,84	406	76	<0,2	2.843	<0,2	18	0,19	38	103	<0,08	4,2	2.444	1.272
GOR-M3	<0,2	3,77	473	130	<0,2	3.113	<0,2	38	0,36	92	217	0,18	4,4	2.792	1.824
GOR-M4	<0,2	2,84	588	106	<0,2	3.402	<0,2	51	0,19	84	200	6,14	4,3	3.008	2.283
GOR-MD1	<0,2	442,10	184	149.997	<0,2	143.933	<0,2	5.165	547,47	30.448	58.425	20,51	1,8	127.120	101.165
ISL-BACKUP	25,3	7,46	114	3.247	<0,2	10.584	30,8	137	17,33	88	1.944	10,18	7,3	9.360	728
ISL-M1	129,8	243,93	1.066	143.546	<0,2	206.850	158,3	5.912	664,44	4.155	78.299	61,66	7,2	177.860	13.006
ISL-M2	81,2	117,60	247	70.461	<0,2	138.904	98,9	2.929	335,72	2.051	37.457	48,72	7,5	124.640	5.661
ISL-M3	169,8	360,94	454	201.717	<0,2	229.284	207,0	8.889	1.074,02	6.576	103.668	134,39	6,8	188.200	16.663
ISL-M4	151,7	91,24	1.065	38.010	<0,2	87.687	184,9	1.652	180,44	1.114	21.085	36,60	8,0	70.240	6.162
ISL-M5	98,6	63,56	868	26.878	<0,2	65.255	120,2	1.210	129,90	778	15.117	<0,08	8,0	58.320	4.268
ISL-MD3	24,0	7,21	113	3.261	<0,2	10.506	29,3	137	16,55	87	1.951	10,14	7,3	9.260	730
PAR-BACKUP	898,4	608,71	488	217.378	<0,2	228.243	1.095,2	6.770	416,68	4.067	114.988	<0,08	7,5	187.340	16.629
PAR-M3	753,5	753,74	469	231.226	<0,2	228.232	918,5	8.108	595,43	6.170	114.914	43,01	7,2	204.020	20.013
PAR-M5	403,6	217,16	1.108	99.830	<0,2	170.487	492,0	2.229	152,14	1.625	57.135	6,72	8,0	141.180	6.431
PAR-M6-1	331,8	127,35	836	47.318	<0,2	101.142	404,5	1.036	131,77	799	24.684	6,90	8,3	81.020	4.692
PAR-MD3	745,7	783,65	384	231.168	<0,2	228.061	909,0	7.375	1.195,69	5.250	116.414	43,74	7,2	191.840	19.743

Nota: en rojo se indican aquellos parámetros que se detectaron como fuera de tendencia respecto a los resultados obtenidos en las campañas previas. Sin embargo, el QAQC del Balance Iónico se encuentra dentro de los rangos aceptables.

Tabla 4-2: Resultados del monitoreo isotópico correspondiente a la décima campaña de terreno.

Nombre punto	$\delta^{18}\text{O}_{\text{H}_2\text{O}}$ (‰)	$\delta^2\text{H}_{\text{H}_2\text{O}}$ (‰)
AGI-BACKUP	6,19	-6,65
AGI-M1	-6,92	-66,25
AGI-M2	3,26	-28,62
AGI-M3	2,44	-31,92
AGI-M5	6,01	-11,07
AGI-M6	-0,32	-27,63
GOR-M1	9,86	-0,05
GOR-M2	-7,43	-70,21
GOR-M3	-8,19	-67,53
GOR-M4	-3,46	-46,38
GOR-M5	-6,97	-65,50
ISL-BACKUP	-9,05	-74,17
ISL-M1	5,62	-9,19
ISL-M2	-3,63	-50,59
ISL-M3	4,49	-17,35
ISL-M4	4,27	-13,76
ISL-M5	2,36	-24,25
ISL-M7	4,31	-18,81
ISL-MD3	-8,94	-73,96
PAR-BACKUP	8,64	-0,55
PAR-M3	6,52	-2,60
PAR-M5	6,19	-7,40
PAR-M6-1	2,67	-20,65

4.1 Control de calidad

Para verificar los resultados obtenidos de laboratorio de los elementos químicos disueltos se comprueba el principio de la electroneutralidad, el cual establece que la suma de las cargas eléctricas positivas (cationes) debe ser equivalente a la suma de las cargas eléctricas negativas (aniones) en solución.

Considerando lo anterior, se estima el error de balance iónico entre la suma de cationes (Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ , Li^+ y B^{3+}) y de aniones (HCO_3^- , CO_3^{2-} , Cl^- , NO_3^- y SO_4^{2-}) expresadas en miliequivalentes por litro (meq/L). Como se observa en la Tabla 4-3, ninguno de los puntos analizados en el laboratorio supera una diferencia porcentual del 10%, por lo que los análisis químicos realizados por el laboratorio se consideran fidedignos.

Cabe mencionar que en el caso de los salares estudiados, se podría admitir un error de balance de hasta 15-20%, debido a que podrían existir parámetros fuera de la batería de análisis que incidan en dicho error.

Tabla 4-3: Error porcentual calculado por Amphos 21.

Nombre punto	Diferencia (%)
AGI-BACKUP	0,85
AGI-M1	7,35
AGI-M2	6,90
AGI-M3	0,64
AGI-M5	6,76
AGI-M6	0,85
AGI-MB4	0,01
GOR-M1	3,41
GOR-M2	0,61
GOR-M3	0,16
GOR-M4	4,59
GOR-MD1	8,10
ISL-BACKUP	0,65
ISL-M1	2,44
ISL-M2	3,44
ISL-M3	4,18
ISL-M4	1,94
ISL-M5	0,89
ISL-MD3	0,88
PAR-BACKUP	5,85
PAR-M3	7,00
PAR-M5	2,37
PAR-M6-1	6,33
PAR-MD3	6,45

5 Resultados ensayos de evaporación

En este capítulo se presentan las series diarias de evaporación obtenidas mediante el método del domo durante la décima campaña, desarrollada en febrero-marzo de 2026.

Cabe señalar que en algunos domos se registran valores de evaporación nulos o cercanos a cero. Dicho comportamiento se interpreta como representativo de la evaporación proveniente de la humedad del suelo, más que de aportes directos desde la napa freática.

Salar Aguilar

Las series de evaporación registradas en el salar de Aguilar se presentan en la Figura 5-1. Las mayores tasas de evaporación se observan en torno a las 13:00 h, alcanzando valores máximos en A-D04 (~0,09 mm/h) y, en menor magnitud, en A-D03 (~0,08 mm/h). A partir de las 14:00 h, las tasas disminuyen considerablemente en todos los ensayos, hasta alcanzar valores cercanos a cero en torno a las 17:00 h. En particular, el ensayo A-D01 presenta tasas muy bajas durante todo el día, con valores máximos de ~0,02 mm/h.

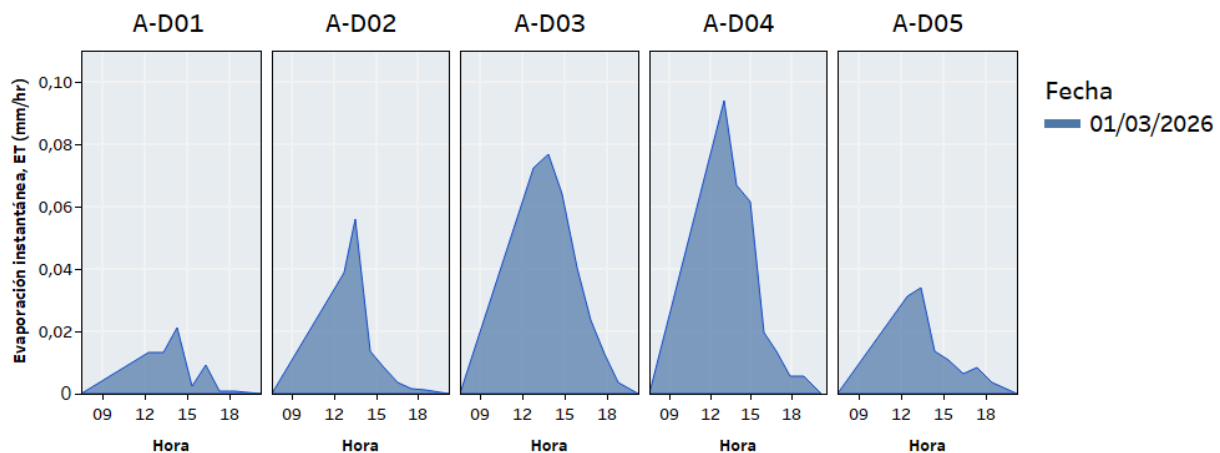


Figura 5-1: Series diarias de ensayos de evaporación de domos en el salar de Aguilar.

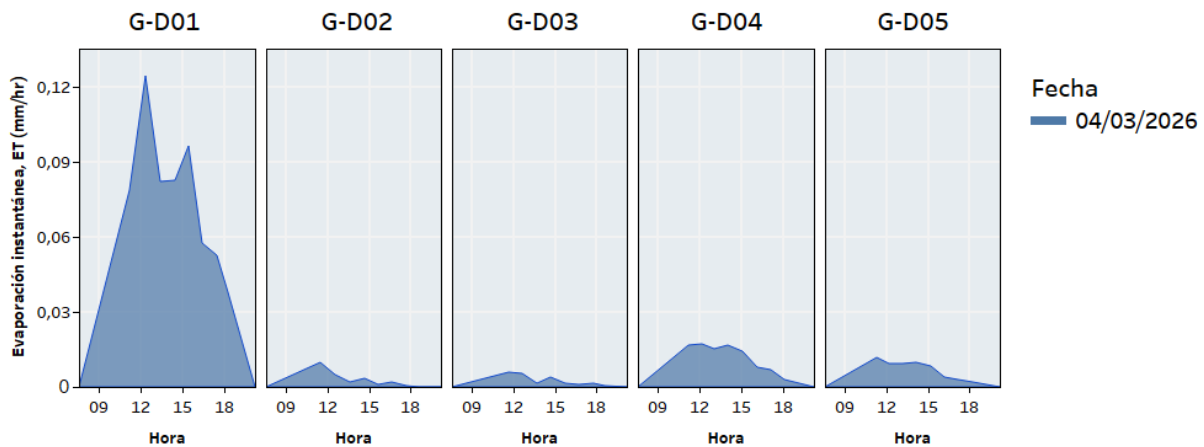
En la Tabla 5-1 se presentan los resultados diarios correspondientes a los ensayos previamente descritos del salar de Aguilar. El rango de evaporación diaria varía entre 0,09 y 0,47 mm, con un promedio de 0,27 mm para el conjunto de los ensayos. La variabilidad reflejada en los distintos ensayos sugiere que las tasas de evaporación registradas durante la presente campaña se encuentran fuertemente condicionadas por la ubicación de cada domo en el salar.

Tabla 5-1: Resultados evaporación diaria salar de Aguilar. Décima campaña.

Salar de Aguilar	
Ensayo	ET/día (mm)
A-D01	0,09
A-D02	0,20
A-D03	0,45
A-D04	0,47
A-D05	0,17
Promedio	0,27

Salar Gorbea

En la Figura 5-2 se presentan los resultados obtenidos en el salar de Gorbea. Se observa que las mayores tasas de evaporación se alcanzan en torno a las 12:00 h, donde las tasas en el domo G-D01 son considerablemente mayores al resto, con un máximo que alcanza los ~0,12 mm/h. Por otra parte, los ensayos en los domos G-D02 y G-D03 presentan las tasas más bajas durante todo el día, con valores cercanos a 0.

**Figura 5-2:** Series diarias de ensayos de evaporación de domos en el salar de Gorbea.

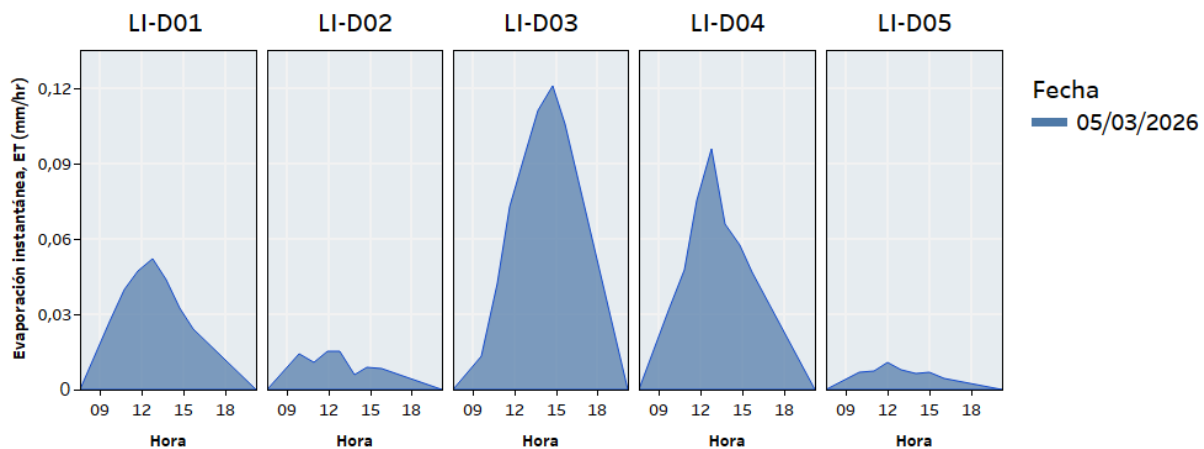
En la Tabla 5-2 se presentan los resultados diarios correspondientes a los ensayos en el salar de Gorbea. El rango de evaporación diaria de los domos se encuentra en un rango de 0,03 mm y 0,12 mm, excluyendo al domo G-D01, cuya tasa de evaporación diaria es de 0,75 mm. A partir de los resultados, se puede interpretar que los domos G-D02 y G-D03 podrían estar midiendo la evaporación de la humedad del suelo, ya que presentan valores muy bajos respecto a las mediciones de los otros domos.

Tabla 5-2: Resultados evaporación diaria salar de Gorbea. Décima campaña.

Salar de Gorbea	
Ensayo	ET/día (mm)
G-D01	0,75
G-D02	0,04
G-D03	0,03
G-D04	0,12
G-D05	0,07
Promedio	0,20

Salar La Isla

En la Figura 5-3 se presentan los resultados de los ensayos realizados en el salar de La Isla. De acuerdo con las tasas calculadas, se observan dos grupos: el primer grupo (LI-D01, LI-D02 y LI-D05) con mediciones máximas que no superan los 0,06 mm/h. El segundo grupo, en cambio (LI-D03 y LI-D04), registra valores máximos en un rango aproximado de 0,09 - 0,12 mm/h. Además, se puede distinguir que la mayor tasa de evaporación se da en el periodo entre las 12:00 h y 14:00 h dependiendo del domo.

**Figura 5-3:** Series diarias de ensayos de evaporación de domos en el salar de La Isla.

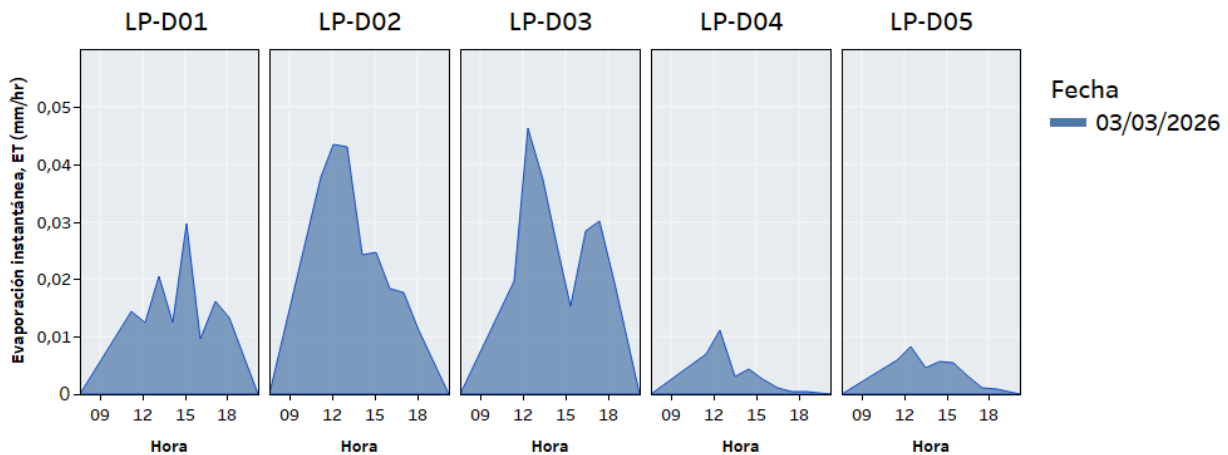
En la Tabla 5-3 se presentan los resultados diarios correspondientes a los ensayos previamente descritos. Según el registro, se observa que la evaporación diaria es notablemente mayor en los domos LI-D03 y LI-D04, con tasas de 0,75 mm y 0,52 mm, respectivamente. Por otra parte, el promedio de la tasa calculada para los cinco domos es de 0,35 mm.

Tabla 5-3: Resultados evaporación diaria salar de La Isla. Décima campaña.

Salar de La Isla	
Ensayo	ET/día (mm)
LI-D01	0,32
LI-D02	0,10
LI-D03	0,75
LI-D04	0,52
LI-D05	0,06
Promedio	0,35

Las Parinas

Los resultados de los ensayos en el salar de Las Parinas (Figura 5-4) muestran dos grupos que presentan resultados de distinta magnitud: el primer grupo (LP-D01, LP-D02 y LP-D03) con mediciones máximas de entre 0,03 - 0,05 mm/h aproximadamente. El segundo grupo en cambio (LP-D04 y LP-D05) registran valores máximos de ~0,01 mm/h. Además, se distingue que la mayor tasa de evaporación se da en el periodo entre las 12:00 y 15:00 h.

**Figura 5-4:** Series diarias de ensayos de evaporación de domos en el salar Las Parinas.

En la Tabla 5-4 se presentan los resultados de la evaporación diaria en el salar de Las Parinas, donde se observa que los domos LP-D01, LP-D02 y LP-D03 presentan valores entre 0,15 - 0,27 mm, mientras que en los domos LP-D04 y LP-D05 se registra una tasa de evaporación diaria de 0,04 mm en ambos. Además, el promedio de la tasa diaria de los cinco domos es de 0,15 mm.

Tabla 5-4: Resultados evaporación diaria salar de Las Parinas. Décima campaña.

Salar de Las Parinas	
Ensayo	ET/día (mm)
LP-D01	0,15
LP-D02	0,27
LP-D03	0,26
LP-D04	0,04
LP-D05	0,04
Promedio	0,15

**Anexo A. Fichas técnicas de medición de evaporación en domos
(Campaña N°10)**

**Anexo B. Fichas técnicas de monitoreo hidroquímico (Campaña
N°10)**

Anexo C. Informes de resultados de análisis de laboratorio